



PESQUISA E AVANÇOS EM SEGURANÇA DE ALIMENTOS

TRABALHOS PUBLICADOS NO I CONGRESSO
LATINO-AMERICANO DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS

PATROCINADOR DIAMANTE



PATROCINADORES DO EBOOK:





PESQUISA E AVANÇOS EM SEGURANÇA DE ALIMENTOS

**TRABALHOS PUBLICADOS NO I CONGRESSO
LATINO-AMERICANO DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS**

PATROCINADOR DIAMANTE



PATROCINADORES DO EBOOK:



ORGANIZADORES

Adriano Gomes da Cruz
Denise R. Perdomo Azeredo
Karen Signori

EDITOR-CHEFE EDITORA AGRON FOOD ACADEMY

Jackson Andson de Medeiros

REVISÃO FINAL

Jackson Andson de Medeiros
Luciana Nicodemos Salles
Natália Rubia de Souza Lima



Venda proibida



Open access



Revisado por pares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Congresso Latino-Americano de Segurança de Alimentos (1. : 2023 : Jardim do Seridó, RN)
I Congresso Latino-Americano de Segurança de Alimentos [livro eletrônico] : pesquisa e avanços em segurança de alimentos / organização Adriano Gomes da Cruz, Denise R. Perdomo Azeredo, Karen Signori. -- 1. ed. -- Jardim do Seridó, RN : Agron Food Academy, 2023.
PDF

Vários autores.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85062-07-7

1. Alimentos - Aspectos da saúde
2. Alimentos - Produção 3. Segurança alimentar
4. Segurança Alimentar e Nutricional (SAN)
5. Tecnologia de alimentos I. Cruz, Adriano Gomes da. II. Azeredo, Denise R. Perdomo. III. Signori, Karen. IV. Título.

23-170372

CDD-613.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Segurança alimentar e nutricional : Promoção da saúde 613.2

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



doi.org/10.53934/08082023

Todas as opiniões e textos presentes neste livro são de inteira responsabilidade de seus autores e coautores.

COMISSÃO AVALIADORA

Dr^a Adriana Cristina de Oliveira Silva
Dr. Ailton Cesar Lemes

Dr^a Aline dos Santos Garcia Gomes
Dr. Carlos Adam Conte Junior

Dr^a. Carolina Pinto de Carvalho Martins
Dr^a Denise R. Perdomo Azeredo

Ma. Gabriela Rodrigues Alves Silva
Dr^a Iracema Maria de Carvalho da Hora

Me. Jackson Andson de Medeiros
Dr^a Janaína dos Santos Nascimento

Dr. Jonas de Toledo Guimarães
Dr. Leonardo Emanuel de Oliveira Costa

Dr^a Lourdes Cabral

Dr^a Luciana Esper

Ma. Luciana Nicodemos Salles

Dr. Luciano dos Santos Bersot

Dr. Marcelo Cristianini

Dr^a Marciane Magnani

Esp. Natália Rubia de Souza Lima

Dr^a. Patrícia Blumer Zacarchenco Rodrigues de Sá
Dr^a Renata Tonon

Dr. Ricardo Schmitz Ongaratto

Dr. Roberto Pessanha da Silva Pires

Dr^a Silvani Verruck

Dr^a Veronica Ortiz Alvarenga

Patrocinadores



CLASA

**Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos**



CONTROLE DE PRAGAS TRANSFORMADO EM CIÊNCIA.

Um controle de pragas completo e eficaz é fundamental para o seu desempenho em auditorias terceirizadas. É por isso que você precisa de um especialista. Na Orkin, acreditamos que, quanto mais soubermos sobre pragas e por que fazem o que elas fazem, melhor podemos fazer o que nós fazemos. E em ambientes de processamento de alimentos sensíveis como o seu, é preciso uma abordagem científica.

Entendemos que as pragas, e os patógenos que carregam, devem ser mantidas longe de seus produtos para prevenir doenças transmitidas por alimentos, e que isso deve ser feito com tratamentos de controle de pragas minimamente invasivos. Então, quando você escolhe a **Food Safety Precision Protection™** da Orkin, você recebe um programa desenvolvido especificamente para o setor de fabricação de alimentos.

Deixe-nos ser seu parceiro e nós combinaremos nosso profundo conhecimento em padrões de segurança alimentar com nossa abordagem científica para ajudar você a gabaritar todas as auditorias terceirizadas.

Escolha a Orkin e receba mais que um exterminador. Receba um especialista.



WWW.ORKIN.COM.BR

0800 878 2742



**ORKIN, UM NOME EM QUE
VOCÊ PODE CONFIAR.**



Desde 1901, a Orkin protege empresas por meio da combinação de um conhecimento científico profundo sobre pragas com uma compreensão completa das necessidades únicas de cada cliente. Hoje, a Orkin tem a confiança de mais empresas na América do Norte do que qualquer outro prestador de serviços de gerenciamento de pragas, atendendo a mais de 1,7 milhão de clientes.

Com mais de 400 localidades ao redor do mundo, você pode ter a certeza de que a Orkin fornecerá um serviço consistente e de alta qualidade – onde quer que você esteja. Por que arriscar quando você sabe que a Orkin aplicará mais de um século de experiência ao seu programa de gerenciamento de pragas?

É SÓ CONTROLE DE PRAGAS. TER O MELHOR REALMENTE IMPORTA? *sim.*

Instalações e armazéns de alimentos podem oferecer tudo de que uma praga necessita – alimento, umidade, abrigo e temperaturas confortáveis. Consequentemente, as instalações alimentícias enfrentam uma intensa pressão em relação a pragas, geralmente o ano todo. Você precisa de um especialista de verdade, com uma compreensão profunda de suas instalações e dos padrões de regras sanitárias e legislações vigentes, que estão em constante mudança – alguém que possa ajudar você a manter as pragas longe quando uma auditoria ou fiscalização estiver presente.

TRÊS MOTIVOS PARA ESCOLHER A ORKIN:

1

Nosso programa **Food Safety Precision Protection™** foi desenvolvido especificamente para instalações auditadas como a sua.

2

Temos a amplitude e a profundidade de experiência em nosso setor – e com pragas – para prestar um serviço de confiança com resultados excepcionais, onde quer que você esteja.

3

Estamos preparados para estar com você em todos os passos do caminho – antes, durante e depois de sua auditoria terceirizada.



O QUE A EXCELÊNCIA EM TREINAMENTO DA ORKIN SIGNIFICA PARA VOCÊ:



Expertise especializada

Além de um especialista em pragas altamente treinado, você terá acesso a inúmeros especialistas nacionalmente reconhecidos para ajudar a solucionar qualquer problema com pragas e garantir que você esteja preparado para a sua próxima auditoria.



Conhecimento regulatório

Seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin será perito em padrões de auditoria de AIB a BRC e SQF, além de protocolos HACCP, Boas Práticas de Fabricação (GMPs, Good Manufacturing Practices) e regulações locais. Acompanhar os mais recentes padrões de auditoria pode ser desafiador, então assumiremos o trabalho de mantê-lo atualizado.



Ferramentas e técnicas mais recentes

A ciência de gerenciamento de pragas está sempre evoluindo, e o Orkin Learning Center nos mantém sempre na vanguarda. Para os nossos clientes, isso significa acesso constante às mais recentes e eficientes tecnologias de controle de pragas disponíveis.



Atendimento superior ao cliente

Com a Orkin, você pode contar com uma comunicação frequente e confiável a fim de garantir que você, seus profissionais e seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin trabalhem juntos para alcançar os melhores resultados. A comunicação é fundamental para uma parceria de sucesso e para prevenir problemas com pragas antes que apareçam.



Assistência em treinamento

Nossos clientes contam com recursos de treinamento gratuitos, artigos especializados e até mesmo treinamentos IPM no local para os seus profissionais, tudo acessível via orkincommercial.com. Isso significa que é fácil ficar por dentro das últimas tendências e requisitos do setor.

O gerenciamento eficaz de pragas é um processo, não um evento único. Por meio de nossa abordagem Integrated Pest Management (IPM), identificamos o melhor programa para as suas necessidades com base em pesquisas científicas e inspeções personalizadas.

A.I.M.®: AVALIE. IMPLEMENTE. MONITORE.

Nossos métodos combinam um ciclo colaborativo e contínuo de três atividades críticas, então você pode ter a certeza de que sua propriedade está recebendo proteção máxima com exposição mínima.



AVALIE

Primeiro, inspecionamos, identificamos e avaliamos todos os motivos subjacentes por que as pragas podem infestar sua propriedade.

Inspeções completas

Detectamos problemas de saneamento e estruturais que possam levar à presença de pragas.

Identificação de atividade de pragas

Examinamos e relatamos qualquer evidência de infestações por pragas.

Avaliação de riscos

Levamos em consideração o tipo da sua propriedade, a geografia e quaisquer condições favoráveis à atividade de pragas.



IMPLEMENTE

Soluções prontas de gerenciamento de pragas são ineficazes. Trabalhamos com você para desenvolver uma solução personalizada que atenda às suas necessidades únicas.

Foco na prevenção

Quando podemos, começamos com a exclusão, saneamento e outras opções sem produtos químicos.

Ambientalmente responsável

Se um produto for necessário, seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin seleciona o tratamento mais eficaz com o menor impacto ambiental.

Consultoria sanitária

Seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin será seu consultor para garantir que seu trabalho de higienização tenha impacto real sobre possíveis "hot spots" de pragas.



MONITORE

Monitoramento, documentação e comunicação o ano todo ajudam a garantir a eficácia contínua do seu serviço.

Proteção contínua

Durante as inspeções de serviço periódicas, seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin monitora sinais de atividade de pragas, procura condições propícias a pragas e assegura que seu programa esteja funcionando.

Documentação e comunicação

Após cada serviço, seu Especialista em Pragas Comerciais da Orkin documenta todos os serviços realizados, atividades de pragas e qualquer outra recomendação.

COMO SABER QUE VOCÊ RECEBERÁ O MELHOR?

Como cliente **Food Safety Precision Protection™** você se beneficiará dos rigorosos protocolos de garantia de qualidade da Orkin, desenvolvidos para assegurar que você sempre receba o melhor que temos a oferecer. Consulte seu representante local para obter informações sobre detalhes e disponibilidade.

- Inspeção inicial de acompanhamento
- Auditorias de serviço periódicas
- Auditoria anuais de garantia de qualidade
- Auditorias de conformidade corporativa
- Programa de inspeção de fornecedores



ORKIN





COMO É A CULTURA DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS DA SUA EMPRESA?

Em um mercado cada vez mais exigente e competitivo, a segurança de alimentos se destaca como uma questão primordial para garantir a confiança dos consumidores. Nesse cenário, a DNV, empresa independente, especialista em garantia e gerenciamento de riscos, desenvolveu um Programa de Cultura de Segurança de Alimentos que pode contar com soluções customizadas para cada organização, de acordo com seu nível de maturidade.

Com profissionais altamente capacitados, a DNV está preparada para auxiliar na avaliação do nível de maturidade da cultura de segurança de alimentos da sua organização, bem como, apoiar na implementação de ações de melhoria baseadas nos resultados após aplicação do diagnóstico. Nossas soluções buscam elevar a conscientização, a compreensão e a priorização da qualidade e da segurança dos alimentos em todas as etapas de produção.

Como é a cultura de segurança de alimentos da sua empresa?

A cultura de segurança de alimentos engloba valores, atitudes e práticas que permeiam toda a cadeia alimentar, desde a produção até o consumo. Mas como garantir que a cultura de segurança de alimentos da sua empresa está alinhada com as normas sanitárias e padrões nacionais e internacionais?

O primeiro passo para iniciar o processo de desenvolvimento da cultura de segurança de alimentos da organização é a aplicação de um Diagnóstico de Cultura de Segurança de Alimentos, que possibilita entender como se apresenta a cultura da organização, seus pontos fortes e oportunidades de melhoria.

Nossa metodologia envolve 2 etapas:

Quantitativa - pesquisa online acessível a todos da organização.

Qualitativa - entrevistas presenciais, avaliando diferentes atributos que influenciam diretamente a cultura da organização.

Como produto desse processo, a empresa recebe um relatório com indicação do nível de maturidade em cultura de segurança que a organização encontra-se (descrente, reativo, comprometido, proativo ou líder), acompanhado de indicação de ações de melhoria a serem implementadas com objetivo de evoluir no desenvolvimento da cultura de segurança de alimentos.

Programa de Cultura de Segurança de Alimentos DNV

A cultura de segurança de alimentos exige tempo, esforço e diligência contínuos para ser construída. Para apoiar as empresas nesse processo de evolução cultural, a DNV desenvolveu um programa que propõe uma abordagem multifacetada para avaliar, monitorar e melhorar continuamente a sua jornada, com aplicação de diferentes ações para evolução da cultura de segurança de alimentos. Após o diagnóstico, algumas ações podem ser implementadas, como:

- Programa de valorização da cultura de segurança de alimentos através da melhoria da comunicação, estabelecimento de princípios, valores e políticas de segurança de alimentos.
- Desenvolvimento da liderança em segurança de alimentos.
- Desenvolvimento dos colaboradores frente à segurança de alimentos.
- Desenvolvimento da competência frente aos riscos de segurança de alimentos: percepção de riscos, aceitação de riscos, conhecimento e habilidade e cumprimento com normas e regras.
- Melhoria dos processos de gestão de modificações e melhoria contínua em segurança de alimentos.
- Melhoria dos processos de aprendizado organizacional com os eventos em segurança de alimentos.
- Desenvolvimento da competência da equipe para liderar o Programa de Cultura de Segurança de Alimentos.
- Análise crítica do programa de desenvolvimento de cultura de segurança de alimentos.
- Acompanhamento e suporte consultivo para a implantação das ações definidas dentro do programa de desenvolvimento de cultura de segurança de alimentos.



A DNV é uma provedora independente de garantia e gestão de riscos, operando em mais de 100 países. Por meio de sua ampla experiência e profundo conhecimento, a DNV promove segurança, desempenho sustentável, define padrões da indústria e desenvolve soluções.

Somos uma das principais provedoras de certificação, garantia e gerenciamento de riscos do mundo. Impulsionada por seu propósito de proteger a vida, a propriedade e o meio ambiente, a DNV ajuda seus clientes a aproveitarem as oportunidades e enfrentarem os riscos decorrentes das transformações globais.

Junte-se a nós e faça a diferença no mercado de alimentos e bebidas!

Contate-nos e saiba mais sobre nossos serviços sustentabilidade@dnv.com.



Soluções para Cada Etapa da Cadeia Alimentar

Produtos para segurança de alimentos e animal



Todos os dias protegemos as pessoas e animais com quem nos preocupamos

Segurança de Alimentos

Fundada em 1982 em Lansing, Michigan, EUA, as soluções Neogen® podem ser encontradas em todas as fases da cadeia alimentar em todo o mundo.

A Neogen® fornece a gama mais abrangente de soluções para as indústrias de processamento de alimentos, proteína animal e agricultura, protegendo assim não apenas o suprimento mundial de alimentos, mas também permite que os clientes produzam com mais eficiência do que antes.

A Neogen® atinge todos os segmentos das indústrias alimentícias e laboratórios com soluções que incluem:

- Testes rápidos para toxinas naturais, alérgenos, microbiologia e patógenos
- Verificação de limpeza e sanitização em superfícies
- Equipamentos e softwares especializados para a indústria de alimentos
- Mais de 315 formulações de meios de cultura desidratados
- Testes para frutos do mar
- Toxicologia e serviços laboratoriais
- Treinamento e suporte técnico aos nossos clientes

O que significa a fusão entre a Neogen e a 3M Food Safety?

Derivados desta união, somos líderes no setor e teremos uma oferta alargada de produtos para melhorar nosso atendimento ao cliente.

Para Neogen, a inovação será o nosso motor. Combinados temos mais de 70 anos de experiência oferecendo soluções para Segurança de Alimentos.

Nossa equipe de Pesquisa e Desenvolvimento possui amplo conhecimento aplicado em microbiologia, bioquímica, imunodiagnóstico e equipamentos.

Com tudo isso, nossa força de vendas pode chegar a mais clientes do que nunca, **protegendo o suprimento de alimentos do mundo.**

**Contacte-nos para receber
mais informações**

Brasil

+55 19 3935 3727

InfoBR@neogen.com



A Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos é uma sociedade multi-profissional, sem fins lucrativos, sediada no ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, em Campinas, São Paulo. Sua missão é promover o avanço da pesquisa e desenvolvimento da área de alimentos no país e estimular o progresso profissional de técnicos e pesquisadores da área.

Considerada uma das primeiras sociedades científicas do país – foi criada em 1967, a sbCTA tem uma atuação expressiva no setor acadêmico, industrial, governamental e de pesquisa. Suas inúmeras ações ao longo desses anos, contribuíram, de modo decisivo para a consolidação da academia e do segmento agroindustrial no país.

A contribuição da Sociedade foi essencial para os caminhos solidificados do agronegócio brasileiro bem como no fortalecimento da carreira profissional e no florescimento de milhares de empresas de Norte a Sul do país. A sbCTA também teve uma importante contribuição técnico-científica para formulação de legislações e normas técnicas.

Possui em seu quadro de associados alunos de graduação e pós-graduação, professores universitários, pesquisadores e profissionais de diversas áreas de atuação entre eles, engenheiros de alimentos, engenheiros agrônomos, químicos, biólogos, bioquímicos, farmacêuticos, veterinários, nutricionistas entre outros.

A divulgação e o debate do conhecimento técnico-científico produzido por instituições de pesquisa, universidades, indústrias e órgãos governamentais é outra frente de ação da sbCTA. São várias as estratégias. Desde de janeiro 1981, a Sociedade é responsável pela Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos - Food Science and Technology da sbCTA que faz parte das bases de dados do Institute for Scientific Information (ISI).

Outra estratégia bem consolidada é o Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos - CBCTA. Em 1977, nascia a primeira edição do CBCTA, realizado na USP e que hoje é um dos mais importantes congressos da área na América Latina, com papel de destaque no cenário científico e tecnológico nacional e internacional.

Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos/sbCTA
Av. Brasil, 2880 Jd. Chapadão – Campinas/SP – Cep. 13070-178
CNPJ. 46.113.742/0001-24 – IE. Isento
Fones: (19) 3241-0527 – 3241-5793
e-mail: sbcta@sbcta.org.br

SUMÁRIO

RESUMOS SIMPLES - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TRATAMENTO QUÍMICO PARA PREVENÇÃO DA PODRIDÃO MOLE E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEIA DE BATATAS (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	15
USO DE AMINOÁCIDOS E ENZIMA PARA REDUÇÃO DE ACRILAMIDA EM RAPADURA NA COLÔMBIA.....	16
AVALIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE HAMBÚRGUER OVINO COM SUBSTITUIÇÃO DO NaCl POR KCl E CaCl ₂	17
INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>Staphylococcus aureus</i> POR <i>Lactobacillus paracasei</i> E <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	18
POTENCIAL BIOATIVO EM CHOCOLATES PLANT-BASED COMERCIAIS FORMULADOS COM EXTRATOS DE AVEIA	20
ESTIRPES DE <i>Weissella cibaria</i> ISOLADAS DO CAMPO DAS VERTENTES, MG: POTENCIAIS PRODUTORAS DE BACTERIOCINA	21
DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E DA ACIDEZ EM SUCO MISTO CONTENDO LARANJA, CUPUAÇU E BELDROEGA SUBMETIDO À PASTEURIZAÇÃO	22
MATURAÇÃO SANITÁRIA EM CARCAÇAS DE BOVINOS COMO FATOR DE SEGURANÇA DA CARNE.....	24
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO KOMBUCHA DE MELANCIA	25
LEVANTAMENTO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE UMA AGROINDÚSTRIA DE KOMBUCHA	27
EFEITO DO CONGELAMENTO NA VIDA DE PRATELEIRA DE MORANGOS	28
ANÁLISE COMPARATIVA DE TRÊS METODOLOGIAS OFICIAIS PARA QUANTIFICAÇÃO DE BVT EM PESCADO	29
O ENTENDIMENTO DOS CONSUMIDORES SOBRE OS PRODUTOS LÁCTEOS CLANDESTINOS	30
IOGURTE ORGÂNICO ENRIQUECIDO COM COPRODUTO DE GRUMIXAMA (<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.): CAPACIDADE REDUTORA E EFEITO DA ESTOCAGEM À FRIO	31

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE CONSUMIDORES BRASILEIROS SOBRE ESTABILIZANTES EM LEITE UAT PELO MÉTODO DE GRUPOS FOCAIS ...	33
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS COMERCIALIZADAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO	35
ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJAS PILSEN E ALE	36
NANOENCAPSULAÇÃO DE PROANTOCIANIDINAS DE SEMENTE DE UVA EM LIPOSSOMAS. ESTUDO DE LIBERAÇÃO <i>IN VITRO</i>	37

CAPÍTULOS- CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Capítulo 01	40
DOI: 10.53934/08082023-01.....	40
CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA PARA A SEPARAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NO CACAU E SEUS DERIVADOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA.....	40
Capítulo 02	53
DOI: 10.53934/08082023-02.....	53
MICROBIOTA DE RAÇAS BOVINAS NATURALIZADAS: EXPLORANDO BANCOS GENÉTICOS E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR, UMA REVISÃO DE LITERATURA.....	53
Capítulo 03	63
DOI: 10.53934/08082023-03.....	63
MÉTODOS QUÍMICOS DE MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA ADIÇÃO EM REVESTIMENTOS EM FRUTAS E VEGETAIS: REVISÃO DE LITERATURA	63
Capítulo 04	83
DOI: 10.53934/08082023-04.....	83
APLICAÇÃO DE FARINHAS ISENTAS DE GLÚTEN E COM ALTO TEOR PROTEICO COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS PANIFICADOS - UMA REVISÃO.....	83

Capítulo 05	95
DOI: 10.53934/08082023-05.....	95
AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA E PROPRIEDADES FUNCIONAIS POSTBIÓTICAS DE BIO-CONSERVADORES PRODUZIDOS POR CULTIVO AXÊNICO COM CEPA POTENCIALMENTE PROBIÓTICA	95
Capítulo 06	107
DOI: 10.53934/08082023-06.....	107
UTILIZAÇÃO DE INULINA COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS PANIFICADOS E SUAS FUNÇÕES: UMA REVISÃO DE LITERATURA	107
Capítulo 07	122
DOI: 10.53934/08082023-07.....	122
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE GRÃOS DE ERVILHA GRUPO II TIPO 3 EM EMBALAGENS COM E SEM MICROPERFURAÇÕES	122
Capítulo 08	131
DOI: 10.53934/08082023-08.....	131
NANOPARTÍCULA DE OURO PARA DETECÇÃO DO ÁCIDO PALMÍTICO .	131
Capítulo 09	142
DOI: 10.53934/08082023-09.....	142
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL: CAXI (<i>Lagenaria siceraria</i>).....	142
Capítulo 10	149
DOI: 10.53934/08082023-10.....	149
USO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA ATENUAÇÃO DE PROBIÓTICOS: REVISÃO DE LITERATURA	149
Capítulo 11	164
DOI: 10.53934/08082023-11.....	164
SOBREMESA LÁCTEA: ASPECTOS REGULATÓRIOS E NUTRICIONAIS...	164

Capítulo 12	171
DOI: 10.53934/08082023-12.....	171
CINÉTICA DE SECAGEM DO BROTO DE BAMBU GIGANTE.....	171
Capítulo 13	177
DOI: 10.53934/08082023-13.....	177
ACEITAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS DESENVOLVIDAS COM FARINHA ORIUNDA DO RESÍDUO DO ABACAXI	177
Capítulo 14	189
DOI: 10.53934/08082023-14.....	189
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SAL ROSA DO HIMALAIA E SAL DE PARRILLA, COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE NITERÓI- RJ: RELATO DE EXPERIÊNCIA	189
Capítulo 15	196
DOI: 10.53934/08082023-15.....	196
AVALIAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO LIMÃO DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM COM REVESTIMENTO DE GOMA GUAR CONTENDO NANOESTRUTURA DE QUITOSANA INOCULANDO OS FUNGOS <i>PHOMOPSIS CITRI</i> E <i>PENICILLIUM</i>	196
Capítulo 16	206
DOI: 10.53934/08082023-16.....	206
USO DO LÚPULO NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA: REVISÃO DE LITERATURA	206
Capítulo 17	219
DOI: 10.53934/08082023-17.....	219
PARÂMETROS RELEVANTES RESPONSÁVEIS PELA DURABILIDADE DE LINGUIÇA COZIDA EMBALADA A VÁCUO: CARGA MICROBIANA INICIAL, ATIVIDADE DE ÁGUA E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO.....	219

Capítulo 18	229
DOI: 10.53934/08082023-18.....	229
AQUECIMENTO ÔHMICO E ULTRASSOM DE ALTA INTENSIDADE: APLICAÇÕES E SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA EM PRODUTOS LÁCTEOS	229
Capítulo 19	245
DOI: 10.53934/08082023-19.....	245
EFEITO DO REVESTIMENTO DE GOMA GUAR ENRIQUECIDO COM NANOESTRUTURA DE ZNO NA PRESERVAÇÃO DO ABACATE.....	245
Capítulo 20	256
DOI: 10.53934/08082023-20.....	256
HARMONIZAÇÃO COM CERVEJAS ESPECIAIS E OUTROS HÁBITOS DOS CONSUMIDORES DESSAS BEBIDAS	256
Capítulo 21	267
DOI: 10.53934/08082023-21.....	267
EXTRAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA <i>Stachys byzantina</i> (peixinho da horta)	267
Capítulo 22	275
DOI: 10.53934/08082023-22.....	275
INFLUÊNCIA DO BIOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO- QUÍMICA DE CAFÉS EXÓTICOS.....	275
RESUMOS SIMPLES - DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E SEGURANÇA DE ALIMENTOS	
MODELAGEM DA DESESTABILIZAÇÃO DO SORO DE LEITE DE CABRA E OVELHA	285
DESENVOLVIMENTO DE BALA DE GOMA SABOR TERERÉ	287
ADEQUAÇÃO DA VALIDADE E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DE LINGUIÇAS DE DIVERSAS MARCAS COMERCIALIZADAS EM ESTABELECIMENTOS VAREJISTAS DO RIO DE JANEIRO-RJ.....	288

CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE RESÍDUO SÓLIDO DA INDÚSTRIA DE BEBIDA ALCOÓLICA POR MISTURA A BASE DE GENGIBRE	289
VIDA DE PRATELEIRA DE VIEIRAS (<i>NODIPECTEN NODOSUS</i>) TRATADAS POR ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA	290
EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO NA DEGRADAÇÃO DO COMPOSTO AZOXISTROBINA EM DOCE EM PASTA DE FRUTA	292
VITALIZA, TRANSFORMANDO FRUTAS E HORTALIÇAS FORA DO PADRÃO DE QUALIDADE EM PRODUTOS ATRAENTES.....	293
AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE CHÁ-VERDE EMBALADOS COMERCIALIZADOS NO RIO DE JANEIRO	295
IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DE DISPERSÃO DE ALTO CISALHAMENTO NA ESTABILIZAÇÃO FÍSICA DE BEBIDA <i>PLANT BASED</i> PRODUZIDA À BASE DE PROTEÍNA DE ERVILHA	297
 CAPÍTULOS - DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E SEGURANÇA DE ALIMENTOS	
Capítulo 23	300
DOI: 10.53934/08082023-23.....	300
ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS DESENVOLVIDAS COM FARINHA DA SEMENTE DE MAMÃO	300
Capítulo 24	310
DOI: 10.53934/08082023-24.....	310
EFEITO DO REVESTIMENTO DE GOMA GUAR ENRIQUECIDO COM NANOESTRUTURA DE ZNO E QUITOSANA NA PRESERVAÇÃO DE MAMÃO FORMOSA.....	310
Capítulo 25	322
DOI: 10.53934/08082023-25.....	322
BIONANOSENSOR DE NANOTUBO DE CARBONO COM FAGO ADSORVIDO PARA DETECÇÃO DE E.COLI	322

Capítulo 26	332
DOI: 10.53934/08082023-26.....	332
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAs) EM CAFÉ: UMA REVISÃO DE LITERATURA	332
Capítulo 27	353
DOI: 10.53934/08082023-27.....	353
DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA LÁCTEA COM SORO DE RICOTA SABORIZADA COM MURICI (<i>BYRSONIMA CRASSIFOLIA</i>)	353
Capítulo 28	361
DOI: 10.53934/08082023-28.....	361
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA EM SEGURANÇA DE ALIMENTOS: RELATO DE EXPERIÊNCIA	361
Capítulo 29	369
DOI: 10.53934/08082023-29.....	369
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E MICROSCÓPICA DE AÇÚCAR DO TIPO MASCAVO	369
Capítulo 30	378
DOI: 10.53934/08082023-30.....	378
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE MODELO DE NEGÓCIO INOVADOR EM ANÁLISE MICROBIOLÓGICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	378
Capítulo 31	385
DOI: 10.53934/08082023-31.....	385
PROGRAMA RAMA E A SEGURANÇA DO ALIMENTO: RELATO DE EXPERIÊNCIA	385
Capítulo 32	391
DOI: 10.53934/08082023-32.....	391
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DA PUPA DO-BICHO-DA-SEDA E SUA CONTRIBUIÇÃO PROTEICA NA PRODUÇÃO DE DOCES	391

RESUMO SIMPLES - DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E ALIMENTAR

OCORRÊNCIA DE *Salmonella enterica* EM ÁGUAS RELACIONADAS COM A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO RIO DE JANEIRO E SUA ASSOCIAÇÃO COM FATORES FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA 406

CAPÍTULO - DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E ALIMENTAR

Capítulo 33 409

DOI: 10.53934/08082023-33..... 409

ALERTA À QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE CALDO DE CANA.....413

RESUMOS SIMPLES - GESTÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA EM SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO

ALERTA À QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE CALDO DE CANA 409

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DOS PREDITORES DE COMPORTAMENTO PARA A MANIPULAÇÃO SEGURA DOS ALIMENTOS 425

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E ÍNDICE DE SEGURANÇA DE FÓRMULAS INFANTIS PREPARADAS EM LACTÁRIO HOSPITALAR 427

COMPORTAMENTOS DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR DE USUÁRIOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL..... 428

RESUMO SIMPLES - GESTÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DO PERFIL LIPÍDICO DA POLPA DE AÇAÍ E DERIVADOS LÁCTEOS À BASE DE FRUTAS 431

BIOSENSOR COLORIMÉTRICO DE PAPEL PARA DETECÇÃO RÁPIDA DE *Escherichia Coli* EM ÁGUA POTÁVEL..... 432

USO DE BOAS PRÁTICAS DE TRANSPORTE COMO ESTRATÉGIA NA PREVENÇÃO DE DANOS FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS SUSCETÍVEIS NA FARINHA DE TRIGO 433

FOOD DEFENSE: UMA ABORDAGEM NA ÁREA DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS 434

CAPÍTULO - GESTÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Capítulo 34 437

DOI: 10.53934/08082023-34..... 437

IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE (PACs) PARA A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: UMA REVISÃO 437

RESUMOS SIMPLES - HIGIENE E SEGURANÇA DE ALIMENTOS

AS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS PARA A DETECÇÃO DE BIOFILMES NA PRÁTICA 447

AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE HIGIENIZAÇÃO DE PIAS REALIZADOS EM SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO..... 448

RISCO SANITÁRIO NO FORNECIMENTO DE REFEIÇÕES TRANSPORTADAS 449

Identificação do gene *mecA* em cepas de *Staphylococcus aureus* isoladas do leite de vacas saudáveis e com mastite de rebanhos leiteiros do Brasil 450

PERFIL DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE CEPAS DE *Streptococcus* spp. ISOLADAS DE LEITES DE VACA COM MASTITE E LEITES DE VACAS SAUDÁVEIS 451

PRESENÇA DE GENES DE BIOFILME EM *STAPHYLOCOCCUS* NÃO-AUREUS (NAS) ISOLADOS DE LEITE DE VACA DE CINCO ESTADOS BRASILEIROS 452

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTOS CÁRNEOS EM ESTABELECIMENTOS FISCALIZADOS PELO SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL (SIM) DE JATAÍ, GOIÁS, BRASIL 453

ANÁLISE DO PERFIL DE SUSCEPTIBILIDADE AOS ANTIMICROBIANOS DE *Escherichia coli* ISOLADOS DE AMOSTRAS INDIVIDUAIS DE LEITE DE VACAS COM MASTITE 454

ASSISTÊNCIA NUTRICIONAL E SEGURANÇA ALIMENTAR EM ÂMBITO HOSPITALAR PORTO VELHO – RO..... 455

CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR METAIS PESADOS E SEU IMPACTO NA FUNCIONALIDADE COGNITIVA DO ÁCIDO GRAXO ÔMEGA 3.....	456
MIGRAÇÃO DE DIETIL FTALATO PARA CORTE DE CUPIM REFRIGERADO ACONDICIONADO EM FILME FLEXÍVEL.....	458
ATIVIDADES EDUCATIVAS COM MANIPULADORES DE ALIMENTOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFRJ	459
QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE CREME DE AÇAÍ COMERCIALIZADOS EM LIMOEIRO DO NORTE.....	461

CAPÍTULOS - HIGIENE E SEGURANÇA DE ALIMENTOS

Capítulo 35	463
DOI: 10.53934/08082023-35.....	463
MIGRAÇÃO DE DIETIL FTALATO PARA FRANGO ASSADO ACONDICIONADO EM SACO PLÁSTICO: DETECÇÃO E RASTREABILIDADE	463
Capítulo 36	474
DOI: 10.53934/08082023-36.....	474
TOLERÂNCIA DE ISOLADOS DE <i>ACINETOBACTER</i> SPP. PROVENIENTES DE ALIMENTOS AO ÁCIDO PERACÉTICO	474
Capítulo 37	481
DOI: 10.53934/08082023-37.....	481
SUJIDADES E MATÉRIAS ESTRANHAS EM AMEIXA E UVA PASSA	481
Capítulo 38	489
DOI: 10.53934/08082023-38.....	489
REALIDADE DO AUTOCONTROLE NO AMAZONAS, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2022 A ABRIL 2023.....	489
Capítulo 39	495
DOI: 10.53934/08082023-39.....	495
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ALFACES CRESPAS (<i>Lactuca sativa</i> L.) COMERCIALIZADAS NAS FEIRAS DE SÃO LUÍS – MA ...	495

Capítulo 40	503	
DOI: 10.53934/08082023-40.....	503	
ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DA NANOESTRUTURA DE ÓXIDO DE ZINCO FRENTE À <i>ESCHERICHIA COLI</i> E <i>STAPHYLOCCOCUS AUREUS</i>	503	
 RESUMO SIMPLES - INOCUIDADE DE ALIMENTOS: PERIGOS MICROBIOLÓGICOS		
 ALTERAÇÕES METABÓLICAS EM <i>CAMPYLOBACTER JEJUNI</i> VIÁVEIS E NÃO CULTIVÁVEIS		514
 CAPÍTULOS - INOCUIDADE DE ALIMENTOS: PERIGOS MICROBIOLÓGICOS		
Capítulo 41	517	
DOI: 10.53934/08082023-41.....	517	
IMPLICAÇÕES DA PRODUÇÃO DE BIOFILME POR <i>ACINETOBACTER</i> SPP. PARA A ÁREA CLÍNICA E DE ALIMENTOS	517	
Capítulo 42	527	
DOI: 10.53934/08082023-42.....	527	
A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM CERVEJAS ..	527	
Capítulo 43	537	
DOI: 10.53934/08082023-43.....	537	
RISCOS DE CONTAMINANTES AMBIENTAIS EM PESCADO NA BAIXADA SANTISTA (SP): SEGURANÇA ALIMENTAR E ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO	537	
 RESUMO SIMPLES - INOCUIDADE DE ALIMENTOS: PERIGOS QUÍMICOS		
MONITORAMENTO DO BINÔMIO TEMPO/TEMPERATURA DE REFEIÇÕES TRANSPORTADAS ENTRE UNIDADES HOSPITALARES.....	556	

AVALIAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO DO ABATE E COMERCIALIZAÇÃO DE CARNE BOVINA EM AÇOUGUE MUNICIPAL NO PIAUI	558
O IMPACTO DA NOVA ROTULAGEM NUTRICIONAL FRONTAL NO CONSUMO DE SÓDIO PELA POPULAÇÃO BRASILEIRA	559
MIGRAÇÃO DE FTALATO PARA QUEIJOS TIPO MUSSARELA E PRATO ACONDICIONADOS EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS	560
AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM DE MÉIS COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PB: À LUZ DAS REGULAMENTAÇÕES.....	561

CAPÍTULOS - INOCUIDADE DE ALIMENTOS: PERIGOS QUÍMICOS

Capítulo 44	563
DOI: 10.53934/08082023-44.....	563
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LEITE CRU NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS (GO) E SEU IMPACTO NA FABRICAÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS.....	563
Capítulo 45	572
DOI: 10.53934/08082023-45.....	572
OS DESAFIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE AÇÚCARES FRENTE A NOVA LEGISLAÇÃO DE ROTULAGEM DE ALIMENTOS INDUSTRIALIZADOS ...	572



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Ciência de Alimentos e Tecnologia de Alimentos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





TRATAMENTO QUÍMICO PARA PREVENÇÃO DA PODRIDÃO MOLE E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEIA DE BATATAS (*Solanum tuberosum* L.)

Marília Assis dos Santos¹; Melissa Katheleen de Oliveira Lima²; Pedro Henrique da Silva Pulqueri²; Alice da Silva Akaki²; Rhayf Eduardo Rodrigues³

¹Docente do Depto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – IFRO Campus Jaru

²Egresso do Curso Técnico em Alimentos – IFRO Campus Jaru.

³Instituto Federal Goiano – IF Goiano, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fisiologia Vegetal

Introdução: A batata por ser altamente acessível, nutritiva e com uma gama de formas de preparo, tem seu cultivo incentivado em grandes escalas levando a problemas como a podridão-mole, causada por pectobactérias que degradam a pectina acelerando assim a deterioração dos tubérculos. **Objetivos:** Assim, objetivou-se avaliar a eficiência de sanitização de batatas por três diferentes fontes de cloro apresentados comercialmente. **Métodos:** Batatas do tipo Ágata passaram por seleção e posteriormente foram submetidas a sanitização com: água sanitária na forma comercial (2% de cloro ativo) na concentração de 150ppm, hipoclorito de sódio (10% de cloro ativo) na concentração de 150ppm e pelo produto clorado *Kalyclean* S313 (NaDCC - Dicloro isocianurato de sódio), que é um sanitizante para frutas e hortaliças. Posteriormente os tubérculos foram armazenados na temperatura de 25°C e avaliados quanto ao distúrbio fisiológico “coração-preto” (através de observação visual de escurecimento interno após corte dos tubérculos), brotação (visualmente, expresso em porcentagem), esverdeamento (através da escala visual de notas (FILGUEIRA, 1979), mancha preta e exsudação (presença ou ausência, expressos em porcentagem) aos 1, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições, com quatro tubérculos para cada repetição. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e as médias analisadas por meio do teste *Dunnnett* (5%). **Resultados:** Não foi observada significância em relação à presença de coração e exsudação nas amostras. Foi observado que no primeiro dia de armazenamento todas as amostras, incluindo as amostras controles possuíam mais de 80% de presença de brotação. Porém, ocorreu a diminuição da brotação ao longo do armazenamento até o dia 10 de armazenamento. Após, novamente a presença de brotação foi verificada. Ocorreu um maior índice de esverdeamento do controle. Todas as amostras submetidas aos tratamentos tiveram aumento no esverdeamento até o 10 dia de armazenamento, porém, o que proporcionou menor surgimento de esverdeamento foi à água sanitária. A presença de mancha preta foi considerada significativa ao longo do armazenamento. Valores iniciais de 5% no dia 1 após o tratamento aumentaram para 25,57%. Não foi observado a presença da podridão-mole nas amostras. **Conclusão:** Os sanitizantes estudados em questão, água sanitária, hipoclorito de sódio e o produto clorado *Kalyclean* S313 foram eficientes para evitar o surgimento de sintomas de podridão mole, bem como amenizar o esverdeamento dos tubérculos até o 10 dia de armazenamento, sendo a água sanitária na forma comercial o mais eficiente para evitar o esverdeamento dos tubérculos.

Palavras-chave: Tubérculos; Ágata; Armazenamento; Tratamento químico.

**USO DE AMINOÁCIDOS E ENZIMA PARA REDUÇÃO DE
ACRILAMIDA EM RAPADURA NA COLÔMBIA****Edna Juliana Herrera Ramirez¹; Wilson Roberto Barón Cortes²; Hector Suarez
Mahecha³ e Chiara Carazzone⁴**

¹Posgrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

²Pesquisador – Instituto Nacional de Metrología de Colombia– Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

³Instituto de Ciencia y Tecnologia de Alimentos – ICTA – Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

⁴Laboratory of Advanced Analytical Techniques in Natural Products – LATNAP – Universidad de los Andes – Colômbia.

Introdução, A rapadura, é um produto tradicional e básico da cesta básica familiar, com consumo per capita e produções na Colômbia mais elevadas do mundo, elaborada por meio de um processo de evaporação e altas temperaturas da cana de açúcar, que dá origem à formação de acrilamida na reação de Maillard; sendo a acrilamida estudada como um possível composto cancerígeno em humanos. Em relação aos valores indicativos de acrilamida na rapadura, ainda não foram estabelecidos limites específicos para este produto. No entanto, a EFSA definiu um valor indicativo para acrilamida em outros alimentos, que é de 500 microgramas por quilograma ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de alimento. **Objetivo(s),** realizar a caracterização química referente à acrilamida em rapadura no departamento de Cundinamarca e sua redução por meio de práticas recomendadas. **Métodos,** as amostras foram coletadas de um centro de mel no município de Utica, Cundinamarca, estas foram analisadas por meio de cromatografia líquida e espectrometria de massas (HPLC-MS), onde: 1. foi quantificado a quantidade de acrilamida em mel e rapadura, 2. foi realizado um estudo de estabilidade de acrilamida em rapadura ao longo do tempo, uma vez ao mês durante três meses 3. Foram feitas provas para mostrar os efeitos de uso de aminoácidos e a enzima asparaginasa ao nível laboratório; **Resultados,** foi encontrado a quantidade de acrilamida no mel e rapadura pulverizada de 16.4 ± 1.9 e $1221.0 \pm 189.9 \mu\text{g}/\text{Kg}$. No estudo de estabilidade foram obtidas umas porcentagens de redução de 32.2 e 36.8 para o primeiro e segundo mês respectivamente, para um total de 69.0 % de redução. Por último, com o uso de glicina, cisteína e uma enzima foram obtidas umas porcentagens de redução de 64.0, 72.9 e 80.2, mas para o aminoácido glutamina a quantidade de acrilamida foi maior em um 96 %. **Conclusão,** os resultados parciais obtidos da investigação permitem mostrar que é possível dizer que há uma redução de acrilamida no processo de elaboração de rapadura mediante duas técnicas: durante o período de armazenagem da rapadura e com o uso de aditivos. Onde o melhor aditivo é a adição do aminoácido cisteína e a enzima, alcançando umas reduções significativas, igualmente não é uma opção o uso do aminoácido glutamina já que ajuda à reação de Maillard. Estes resultados são uma possibilidade para uma produção mais segura de rapadura.

Palavras-chave: acrilamida; HPLC-MS; caldo de cana; reação de Maillard.



AVALIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE HAMBÚRGUER OVINO COM SUBSTITUIÇÃO DO NaCl POR KCl E CaCl₂

Rodrigo Fortunato de Oliveira¹; Fábio da Costa Henry²; Juliana Abreu Rezende³,
Felipe Antunes Luz de Oliveira⁴, Clara Albernaz Moreira⁴

¹Pós-doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal - CCTA – UENF.

²Docente/pesquisador do Laboratório de Tecnologia de Alimentos – CCTA – UENF.

³Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal - CCTA – UENF.

⁴Alunos do Curso de Graduação em Medicina Veterinária - CCTA – UENF.

Introdução: A carne de hambúrguer configura-se, nos dias de hoje, como um dos principais alimentos consumidos no dia a dia da sociedade brasileira e global, seja pela sua praticidade no preparo e no consumo quanto por oferecer um valor nutritivo necessário ao organismo de forma rápida e funcional. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do armazenamento por congelamento sobre as propriedades físicas de hambúrgueres de carne ovina formulados com redução nos valores de cloreto de sódio (NaCl) e adição de cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cálcio (CaCl₂). **Métodos:** Foram fabricadas quatro formulações de hambúrgueres com diferentes níveis de sais: T1 (Controle) - 2,2% de NaCl; T2 (25% de redução de NaCl) – 1,65% de NaCl e 0,275% de KCl e CaCl₂; T3 (50% de redução de NaCl) – 1,10% de NaCl e 0,55% de KCl e CaCl₂; T4 (75% de redução de NaCl) – 0,55% de NaCl e KCl, 1,10% de CaCl₂. Foram realizadas análises de diferentes parâmetros físicos (cor, pH, perda de peso por cocção e porcentagem de retração) nas amostras frescas (*in natura*) e durante os períodos de 30 e 60 dias de congelamento. Os dados foram analisados através de um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 × 3 (quatro formulações com níveis diferentes de sais e três períodos de armazenamento) com 10 repetições. Todos os dados foram testados por análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. **Resultados:** A cor instrumental medida pelos parâmetros de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) obteve variações significativas em todas as medidas, tanto em hambúrgueres crus quanto nos cozidos. Houve redução dos valores de pH em todas as amostras após 60 dias de congelamento. Observou-se que nas formulações com menores índices de cloreto de sódio em sua composição, apresentaram maiores valores de perda de peso por cocção (%) e menor taxa de variação ao longo dos períodos de congelamento. Não houve efeito (P > 0,05) entre as formulações e do armazenamento sobre a porcentagem de retração. **Conclusão:** Foram observadas características físicas favoráveis e condizentes com os parâmetros normais das análises físicas realizadas dos hambúrgueres de carne ovina utilizando o KCl e CaCl₂ como substitutos do NaCl.

Palavras-chave: congelamento; ovinocultura de corte; produtos cárneos; redução de sódio



INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Staphylococcus aureus* POR *Lactobacillus paracasei* E *Lactobacillus rhamnosus*

Jaqueline Milagres de Almeida¹; Mirian Yuliza Rubio Cieza²; Rafaela Martins
Morasi³; Nathália Cristina Cirone Silva⁴

¹Estudante do Curso de Doutorado em Ciência de Alimentos – FEA – UNICAMP.

^{2,3}Estudante do Curso de Mestrado em Ciência de Alimentos – FEA – UNICAMP.

⁴Docente do Depto de Ciência de Alimentos e Nutrição – DECAN – UNICAMP.

Introdução: Bactérias do ácido láctico (BALs) compõem a microbiota natural de diversos alimentos, dentre eles o leite. São conhecidas por fazerem parte da produção de alimentos fermentados, por atuarem como probióticos e por produzirem compostos antimicrobianos como ácidos orgânicos e bacteriocinas, inibindo o desenvolvimento de patógenos, como *Staphylococcus aureus*, um microrganismo envolvido em surtos de doenças de origem alimentar. **Objetivo:** Avaliar a capacidade de BALs inibirem o crescimento de *S. aureus*. Foram utilizadas duas cepas de BALs isoladas de leite cru de vacas saudáveis e com mastite subclínica, contra três cepas de *S. aureus* isoladas da mesma fonte. **Métodos:** As cepas testadas foram: *Lactobacillus paracasei* (LP), *Lactobacillus rhamnosus* (LR), *S. aureus* (929), *S. aureus* (990) e *S. aureus* (996). O teste foi realizado em caldo MRS combinando cada cepa de *S. aureus* com as cepas de BAL. Para controle foi testado o crescimento de *S. aureus* em caldo MRS. Foram inoculados em caldo MRS 10^4 UFC.g⁻¹ da cultura de *S. aureus* anteriormente cultivada em caldo TSB e 10^6 UFC.g⁻¹ da BAL cultivada em caldo MRS e os tubos foram incubados a 36°C por diferentes tempos (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 e 168 horas) e a contagem foi realizada em ágar Baird Parker para *S. aureus* e em ágar MRS para contagem de BALs. Os valores de pH e a atividade de água (Aw) também foram medidos ao longo do tempo. **Resultados:** Quando testadas contra LP, as cepas de *S. aureus* tiveram sua multiplicação reduzida a partir de 72h, com valores de 10^5 UFC.g⁻¹, e 10^2 UFC.g⁻¹ no tempo 168h. Os valores de pH para as combinações LPx929; LPx990 e LPx996 variaram de 5,61 a 4,78; 5,95 a 4,77 e 5,58 a 4,79, respectivamente. Quando testadas com LR, as cepas de *S. aureus* não resistiram por mais de 48h quando o pH se encontrava na faixa de 4,2, onde a partir desse período já não havia mais unidades formadoras de colônias de *S. aureus*. Os valores de pH para as combinações LRx929; LRx990 e LRx996 variaram de 5,91 a 4,34; 5,61 a 4,33 e 5,62 a 4,33, respectivamente e a Aw se manteve inalterada do tempo 0 ao 168 com o valor de 0,972 em todo o experimento. **Conclusão:** As BALs testadas foram capazes de inibir a multiplicação de *S. aureus* e *L. rhamnosus* teve a melhor atividade antagonista no teste *in vitro*.

Palavras-chave: Atividade antagonista; Bactérias lácticas; Biopreservadores; *S. aureus*.

EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) ESTABILIZADA POR *Saccharomyces cerevisiae*

Jackson Andson de Medeiros¹; Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo²

¹Doutorando do curso de Pós-graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de alimentos - IBILCE – Unesp.

²Pesquisadora da Embrapa instrumentação

Uma emulsão consiste em dois líquidos imiscíveis com um dos líquidos disperso como pequenas gotículas no outro. Uma grande variedade de produtos alimentícios tem emulsões na sua constituição e sua presença confere aos alimentos atributos sensoriais e estruturais distintos. O presente estudo visou elaborar uma emulsão estabilizada por *Saccharomyces cerevisiae* (SC). Elaborou-se quatro emulsões utilizando os seguintes ingredientes: Óleo de palma, água destilada e SC. Variou-se a proporção óleo em água (2:8 e 8:2) e a concentração de SC (20% e 30% com base na fase dispersa). As emulsões foram elaboradas por sonicação em Ultrassom de Ponteira Branson (modelo Sonifier 450, a 400W, frequência 20 kHz), em 4 sessões de 30 s com intervalos de 30 s, a 30% de amplitude e caracterizadas quanto sua estabilidade em bancada (0h, 24h e 48h), viabilidade do microrganismo (0h e 7 dias) e microscopia óptica após a elaboração. Não foi possível obter uma emulsão estável na proporção 2:8 água e óleo, observou-se separação de fases logo após sua elaboração. Já nas emulsões elaboradas na proporção 8:2 água e óleo, foi possível notar que se apresentavam visualmente estáveis cineticamente mesmo após 48h de sua elaboração, tendo menor separação de água a emulsão com 30% de SC, na microscopia foi possível notar gotículas bem distribuídas. A emulsões contendo *Saccharomyces cerevisiae* mantiveram-se viáveis, após o processamento e armazenamento por 7 dias. Esses dados mostram que é possível se obter uma emulsão utilizando SC como agente estabilizador.

Palavras-chave: Emulsão pickering; *saccharomyces cerevisiae*; viabilidade



POTENCIAL BIOATIVO EM CHOCOLATES PLANT-BASED COMERCIAIS FORMULADOS COM EXTRATOS DE AVEIA

Gisele Marcondes Luz¹; Grasieli Beloni de Melo¹; Augusto César Costa-Santos¹,
Priscilla Efraim²; Juliana Azevedo Lima Pallone³

¹Estudante de doutorado no programa de pós-graduação em Ciência de Alimentos - FEA – UNICAMP.

²Docente do Depto de Engenharia e Tecnologia de Alimentos – FEA – UNICAMP.

³Docente do Depto de Ciência de Alimentos e Nutrição – FEA – UNICAMP.

Introdução: Chocolates *plant-based* são formulados sem nenhum ingrediente de origem animal, como produtos lácteos (soro de leite, leite em pó, gorduras e proteínas do leite), mel de abelhas, entre outros, sendo consumidos como alternativas aos chocolates ao leite tradicionais. Para estas novas formulações, são utilizadas diferentes fontes vegetais em substituição ao leite em pó e, comercialmente, são encontrados chocolates com extratos de aveia. A aveia é um cereal com elevado valor nutricional, sendo reconhecida como fonte de diversos nutrientes e compostos bioativos, assim como as amêndoas de cacau. **Objetivos:** Estimar o conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT) e a capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC - Oxygen Radical Absorbance Capacity) em duas marcas de chocolates *plant-based* formulados com extrato de aveia (CPBA 1 e CPBA 2) e uma marca de chocolate ao leite tradicional (CLT), para comparação. **Métodos:** As barras de chocolate foram moídas e congeladas com proteção à luz até o momento das análises. Para extração dos compostos bioativos, foi utilizada uma mistura de solução de metanol 50%: acetona 70% (1:1 v/v), sendo estimados por colorimetria com reagente Folin-Ciocalteu para CFT e com o método 2012.23 da AOAC para ORAC. **Resultados:** O conteúdo de CFT, expresso em mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra, foi de $766,09 \pm 59,14$, $627,63 \pm 49,54$ e $190,83 \pm 14,08$ para CPBA 2, CPBA 1 e CLT, respectivamente, com diferenças significativas entre os três produtos ($p < 0,05$). Para ORAC, expresso em μmol de trolox equivalente/g de amostra, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre CPBA 1 ($150,95 \pm 5,09$) e CPBA 2 ($164,68 \pm 15,29$), enquanto CLT apresentou o menor valor ($73,66 \pm 3,75$). Estes resultados podem estar relacionados com o conteúdo de compostos bioativos do extrato de aveia e do cacau utilizados nas formulações. O cacau utilizado nos chocolates *plant-based* foi produzido no sul da Bahia e o cacau do chocolate ao leite é originário da Bahia e/ou Pará, sendo o plantio de todos realizado à sombra de espécies nativas da Mata Atlântica. A origem da aveia e o processo tecnológico para obtenção dos extratos são desconhecidos. **Conclusão:** Os chocolates *plant-based* formulados com extratos de aveia apresentaram conteúdos altos de CFT e ORAC, independentemente da marca, quando comparados ao chocolate ao leite, o que indica o maior potencial bioativo associados aos produtos *plant-based* avaliados.

Palavras-chave: Alimentos *plant-based*; Extratos vegetais; Compostos fenólicos; Capacidade redutora; ORAC; Capacidade antioxidante.



ESTIRPES DE *Weissella cibaria* ISOLADAS DO CAMPO DAS VERTENTES, MG: POTENCIAIS PRODUTORAS DE BACTERIOCINA

Camila Gonçalves Teixeira; Rafaela da Silva Rodrigues; Luís Augusto Nero; Djamel
Dridier e Antônio Fernandes de Carvalho

Introdução: O gênero *Weissella* é composto por bactérias Gram-positivas e catalase negativas, pertencentes ao grupo das bactérias lácticas (BAL). Esse grupo bacteriano é comumente encontrado na microbiota intestinal e em alimentos fermentados naturais, sendo que alguns membros possuem o status “GRAS” (*Generally Recognized As Safe*). A capacidade dessas bactérias de produzir diferentes compostos antimicrobianos, como bacteriocinas e ácidos orgânicos, é de extremo interesse para as indústrias alimentícia e farmacêutica. As bacteriocinas são compostos antimicrobianos que podem ser usados como uma alternativa aos antibióticos, e diversos estudos estão constantemente relatando o seu uso como uma opção terapêutica para combater patógenos resistentes a antibióticos. Além disso, as bacteriocinas, principalmente produzidas por BAL, podem substituir amplamente os conservantes químicos nas indústrias de alimentos. **Objetivo:** Caracterizar as estirpes de *W. cibaria* isoladas do Campos das Vertentes, MG, com foco em seus compostos antimicrobianos. **Metodologia:** Três estirpes de *W. cibaria* (W21, W25 e W42) foram previamente selecionadas e seus genomas sequenciados e montados (o genoma da estirpe W25 já havia sido sequenciado anteriormente). Em seguida, investigou-se a presença de genes que codificam para potenciais bacteriocinas nos genomas usando as ferramentas online AntiSmash e Bagel4. Posteriormente, avaliou-se, *in vitro*, a atividade antimicrobiana usando o sobrenadante em três tratamentos diferentes (sobrenadante sem tratamento, neutralizado e tratado com proteinase K). Por fim, foi realizada uma pesquisa utilizando a ferramenta BLAST no NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) para comparar as sequências de nucleotídeos e aminoácidos da bacteriocina putativa com as sequências disponíveis em seus bancos de dados. **Resultados:** Descobriu-se que as três estirpes de *W. cibaria* possuem uma região comum no genoma sendo de uma suposta bacteriocina identificada como Bacteriocin_IIc. Entretanto, no *operon* da estirpe W21, um gene relacionado ao transporte se encontra ausente em comparação aos demais. Essa também não apresentou diferenças no teste antimicrobiano entre os três tratamentos. Como resultado da pesquisa utilizando o BLAST no NCBI, não houve semelhança entre a bacteriocina identificada com outras bacteriocinas do gênero *Weissella* até agora descritas. **Conclusão:** Duas das três estirpes de *Weissella* testadas neste trabalho têm potencial para produzir uma nova bacteriocina ainda não descrita. Todavia, é necessário realizar uma caracterização mais detalhada e estudos mais aprofundados dessa bacteriocina, a fim de indicá-la como bioprotetora para os alimentos, substituindo, assim, os conservantes químicos e/ou como uma alternativa terapêutica aos antibióticos.

Palavras-chave: *Weissella cibaria*; gene de bacteriocina, atividade antimicrobiana.



DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E DA ACIDEZ EM SUCO MISTO CONTENDO LARANJA, CUPUAÇU E BELDROEGA SUBMETIDO À PASTEURIZAÇÃO

**Pâmela Gomes de Souza¹; Juliana Azevedo Lima Pallone²; Ellen Mayra Menezes
Ayres³; Amauri Rosenthal⁴; Anderson Junger Teodoro⁵**

¹Estudante do Curso de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da UNIRIO

²Docente e Pesquisadora do Departamento de Ciência de Alimentos - FEA - UNICAMP

³Docente e Pesquisadora da Escola de Nutrição-CCBS-UNIRIO

⁴VPesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos – Guaratiba

⁵Docente e Pesquisador do Departamento de Nutrição e Dietética – UFF

A pasteurização é um método clássico utilizado na conservação microbiológica de sucos, e a avaliação dos efeitos deste tipo de processamento nos teores de ácido ascórbico e na acidez podem variar dependendo da complexidade da matriz do alimento a ser analisado. Objetivou-se determinar os teores de ácido ascórbico, bem como o pH e a acidez titulável em suco misto contendo laranja (*Citrus sinensis* L.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e beldroega (*Portuaca oleracea* L.) submetido à pasteurização (90°C/1min) e controle (sem tratamento). A formulação do suco misto desenvolvido foi composta por 60% de suco de laranja, 30% de polpa de cupuaçu, e 10% de suco das partes aéreas da beldroega. O suco controle (sem tratamento) e o suco pasteurizado (90°C/1min) foram analisados quanto ao teor de ácido ascórbico, pH e acidez titulável. A análise de ácido ascórbico foi realizada pelo método titulométrico, descrito por Benassi (1998). O pH foi determinado através do método potenciométrico, utilizando-se pHmetro de bancada, enquanto a análise de acidez titulável foi realizada de acordo com o método estabelecido pela AOAC (1990), sendo o resultado expresso em mg/100g de ácido cítrico. Foram feitas análises estatísticas dos dados, por meio do Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software GraphpadPrism, versão 9.0. O suco pasteurizado e controle apresentaram teores de $6,06 \pm 0,53$ e $1,37 \pm 0,34$ mg ácido ascórbico/100g de amostra, respectivamente, com diferença significativa ($p < 0,05$) entre os resultados. Apesar da degradação térmica ser esperada, a extração de ácido ascórbico pelo calor pode ocorrer em sucos que contém sólidos em suspensão, como é o caso da formulação desenvolvida, promovendo a liberação deste composto para o meio. Quanto às análises de pH, não houve diferença significativa entre as amostras, e ambas apresentaram valor de $3,85 \pm 0,00$, enquanto para a análise de acidez titulável, o suco pasteurizado apresentou maior teor $1,08 \pm 0,02$ mg/100g de ácido cítrico comparado ao suco controle, que apresentou teor de $1,01 \pm 0,01$ mg/100g de ácido cítrico ($p < 0,05$). O baixo pH apresentado pelas amostras também está associado à qualidade microbiológica dos produtos. A maior acidez titulável observada para o suco pasteurizado pode estar associada a reações de hidrólise da pectina, devido ao aquecimento, por enzimas presentes no suco, com consequente liberação de ácido galacturônico. A pasteurização do suco misto desenvolvido apresentou melhores resultados quanto ao conteúdo de ácido ascórbico, quando comparado ao suco controle, o que além de ter apresentado baixo pH, que está associado à conservação do produto.

Palavras-chave: Biodiversidade; PANC; Frutos amazônicos; Desenvolvimento de produtos; Preservação da qualidade; Efeitos de processamento.



MATURAÇÃO SANITÁRIA EM CARÇAÇAS DE BOVINOS COMO FATOR DE SEGURANÇA DA CARNE

Mateus Mendes Borges Pereira¹; Alana Costa Herburgo Pussenti¹; Bruna Caroline Carvalho Passos¹; Lara Regina Dias de Paula¹; Márcio Reis Pereira de Sousa²

¹Estudante do Curso de Medicina Veterinária - IV - UFRRJ

²Docente do Depto de Epidemiologia e Saúde Pública - IV - UFRRJ

Introdução: No abatedouro frigorífico múltiplos fatores podem levar às falhas técnico operacionais. A negligência quanto aos aspectos higiênico sanitários ou tecnológicos no pré-abate podem favorecer a contaminação das carcaças com conseqüente redução da qualidade do produto, ampliando os riscos de doenças e agravos ao consumidor, além de perdas econômicas para a indústria. Procedimentos tais como o descanso, jejum e a dieta hídrica oferecida aos animais no pré-abate são de fundamental importância para a redução do conteúdo gástrico, facilitar a evisceração e principalmente para o reestabelecimento das reservas de glicogênio muscular. O manejo inadequado implica diretamente na depleção das reservas de glicogênio muscular como resposta fisiológica ao aumento do estresse, reduzindo o metabolismo de ácido láctico, resultando conseqüentemente, em uma acidificação ineficaz durante a transformação do músculo em carne após 24 horas de maturação em câmara frigorífica. A taxa de declínio do potencial hidrogeniônico (pH), causada pela formação do ácido láctico, assim como o seu valor final *post mortem* podem influenciar nas características da carne sob os aspectos tecnológicos, de aparência, conservação e de maior relevância no que tange a segurança do produto. **Objetivo:** Avaliar o perfil de variação do pH durante a maturação sanitária em carcaças de bovinos como fator de segurança da carne. **Métodos:** Em dois abatedouros-frigoríficos aferiu-se o pH, por potenciometria com o equipamento pH meter - AZ8651, de 47 carcaças bovinas na região no músculo *Longissimus dorsi*, após 24 horas *post mortem*. Os dados foram analisados por estatística descritiva. **Resultados:** A média dos valores de pH aferidos nas carcaças foi 6,1. Em 40% o valor do pH foi superior a 5,8. As carnes com pH $\geq 5,8$ tendem a apresentar proteínas musculares com elevada capacidade de retenção de água, e coloração mais escura, bem como prazo de validade mais curto, além do pH = 6,0 ser considerado como limítrofe daqueles que resultam da diminuição da qualidade da carne pela não acidificação adequada. **Conclusão:** A maturação sanitária não ocorreu de forma adequada o que possibilitou a ocorrência de defeitos tecnológicos, assim como prejudicou a redução da acidificação da carne e conseqüentemente a segurança dos produtos oriundos das carcaças avaliadas.

Palavras-chave: inspeção; alimento; sanidade; saúde pública



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DO KOMBUCHA DE MELANCIA

Giovanna Greco Soares Rodrigues de Aguiar¹; Mariana Costa Monteiro²; Antonio Carlos Santos³; Leandro Araujo Lobo⁴; Marco Antônio Lemos Miguel⁵

¹Estudante do Curso de Pós-graduação em Ciências (Microbiologia) no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes- PPG-Micro – IMPG - UFRJ.

²Docente/pesquisador do Depto de Nutrição Básica e Experimental – INJC – UFRJ.

^{3,4,5} Docente/pesquisador do Depto de Microbiologia Médica – IMPG – UFRJ.

Introdução: O kombucha é uma bebida produzida a partir da fermentação de *Camellia sinensis*, uma fonte de sacarose e a cultura simbiótica de bactérias e leveduras microbiologicamente ativas livres e em um biofilme, denominado SCOBY. Devido às propriedades funcionais e por ser um produto natural, tem-se observado aumento da comercialização e consumo dessa bebida. Entretanto, o *flavour* acético é um fator considerável de rejeição pelos consumidores. Portanto, a adição de frutas ou especiarias pode garantir características sensoriais mais atrativas para o consumo, apesar de informações técnicas ainda serem escassas. A melancia, fruta tropical de boa aceitabilidade, reconhecida como fonte de antioxidantes, principalmente o licopeno, seria uma alternativa. **Objetivos:** Dessa forma, o presente estudo teve como objetivos: caracterizar físico-quimicamente o kombucha tradicional de chá verde adicionado do suco de melancia a partir de uma segunda fermentação e avaliar o potencial antioxidante pela quantificação dos compostos fenólicos. **Métodos:** O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por refratometria; umidade e matéria inorgânica foram quantificadas por secagem à 105 °C e por incineração, respectivamente. As concentrações de glicose, sacarose e frutose foi determinada por HPLC e de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl. A avaliação do potencial antioxidante, *in vitro*, foi determinada por espectrofotometria (FRAP, TEAC, Folin-Ciocalteu) e os compostos fenólicos presentes por cromatografia líquida associada à espectrometria de massas (LC-MS). **Resultados:** A variação da composição centesimal durante a fermentação do kombucha de melancia ocorreu conforme o esperado. Sacarose foi o açúcar encontrado em maior concentração, seguido por glicose e frutose. O chá verde, utilizado como matéria-prima, apresentou maior potencial antioxidante por possuir a maior quantidade de fenólicos e pela presença de compostos flavonoides, principalmente as catequinas e isômeros de kampferol. Entretanto, durante a primeira fermentação (7 dias) houve redução de 63,5%, 61,8% e 66,9% nos métodos de FRAP, TEAC e FC, respectivamente, resultado que se manteve até a obtenção do produto final. Catequinas conjugadas presentes no chá verde, como galocatequina-galato e epigalocatequina-galato, apresentaram degradação durante a fermentação secundária, possivelmente por biotransformação ou lise para compostos mais simples, a partir da ação de microrganismos que compõem a microbiota da bebida. O composto L-citrulina presente na melancia, não foi encontrado no kombucha de melancia. **Conclusão:** A presença do suco de melancia apesar de ter contribuído para a manutenção

das características físico-químicas da bebida, não foi capaz de contribuir para o aumento do potencial antioxidante no produto final.

Palavras-chave: kombucha; melancia; físico-química; antioxidante; catequinas.



LEVANTAMENTO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE UMA AGROINDÚSTRIA DE KOMBUCHA

Leonardo Vieira Pontes¹; Juliana Laila Santos Lima²; Raiane Lopes Lacerda³
Silvania Farias Oliveira Pontes⁴

¹Docente do Depto de Tecnologia Rural e Animal – DTRA – UESB

²Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos.- DTRA – UESB

³Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos.- DTRA – UESB

⁴Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos.- DTRA – UESB

Introdução: uma bebida que vem se popularizando no Brasil e que está dentro das tendências atuais de mercado é a kombucha, uma bebida doce fermentada de origem asiática, à base de chá verde e/ou chá preto. Ela é resultado da fermentação de uma associação simbiótica de bactérias (primordialmente por bactérias acéticas) e leveduras, onde se forma uma película chamada SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts), que realizam várias reações bioquímicas durante sua fermentação. **Objetivo:** O presente trabalho objetivou um estudo de viabilidade financeira de uma unidade processadora de kombucha através de um levantamento de investimentos, custos, receitas e cálculo de indicadores de viabilidade. **Métodos:** A escala de processamento projetada para a indústria de kombucha foi de 300 litros por dia, totalizando 319.200 litros por ano. A análise da viabilidade financeira foi realizada em duas etapas, sendo a primeira delas consistindo na construção dos fluxos de caixa, que, uma vez obtidos, possibilitaram, na segunda etapa, o cálculo dos indicadores de rentabilidade. Foram utilizados como indicadores de resultado econômico o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que consideram o efeito do tempo sobre os valores monetários, Ponto de Nivelamento (PN) e o Tempo de Recuperação de Capital (TRC). Para os cálculos dos indicadores, foi utilizado o Office Excel, sendo a TIR e o VPL obtidos através das respectivas funções existentes no próprio programa. **Resultados:** Os indicadores de rentabilidade obtidos para a indústria de kombucha foram de R\$ 982.486,75 para o VPL, considerando taxa de desconto de 10,0% a.a; 35,53% para a TIR; 2,68 anos para o período de retorno de capital e 79,01% para o ponto de nivelamento. **Conclusão:** Após os levantamentos de valores de investimento, custos, receitas, confecção do fluxo de caixa e cálculo dos respectivos indicadores financeiros, conclui-se que o referido investimento em uma unidade processadora de kombucha se mostrou viável financeiramente, podendo ser recomendado para implantação.

Palavras-chave: kombucha; agroindústria; viabilidade.



EFEITO DO CONGELAMENTO NA VIDA DE PRATELEIRA DE MORANGOS

Claudiana Alexandre de Lima¹; Edla Rayane de Oliveira Lemos¹; José William Alves da Silva²; Luana Guabiraba Mendes³; Daniele Maria Alves Texeira de Sá³; Marlene Nunes Damaceno³

¹Estudantes do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos – PGTA – IFCE - Limoeiro do Norte.

²Docente/Pesquisador do IFCE - Aracati.

³Docentes/Pesquisadores do IFCE - Limoeiro do Norte.

Introdução: O morango tem a sua durabilidade bastante afetada por ser um fruto muito perecível. Desse modo, uma alternativa das empresas processadoras é comercializar o fruto congelado. **Objetivo:** O presente estudo objetivou realizar a avaliação de amostras de morango das variedades San Andreas e Camarosa, armazenadas em câmara-fria, submetidos à temperatura de -18°C , durante um período de 15 meses. **Métodos:** Foram realizadas as análises das características físico-químicas e microbiológicas iniciais a cada 90 dias, totalizando 6 tempos. Avaliaram-se os parâmetros para determinação da vida de prateleira, conforme a IN N^o 161, de 1^o de julho de 2022 (sólidos solúveis, acidez, pH, sabor, cor, Salmonella, bolores e leveduras e *Escherichia coli*). O morango era recebido congelado e higienizado para o estudo, sendo acondicionado em embalagens de polietileno de 400 g cada, totalizando 45 amostras. **Resultados:** Os morangos sob congelamento apresentaram resultados satisfatórios até os 9 meses de armazenamento, exibindo alteração no parâmetro de acidez titulável, que se manteve abaixo do padrão (0,80), com valor de 0,73g/100mL de ácido cítrico, no tempo 5 (12 meses). Os demais parâmetros se mantiveram dentro dos padrões vigentes. Os valores inicial e final foram de 9,5 e 10,7 °Brix para sólidos solúveis; 3,7 e 4,46 para pH. Ocorreram variações microbiológicas para bolores e leveduras no decorrer do armazenamento com um valor inicial de $1,2 \times 10^3$ e com 9 meses apresentou um valor de $1,0 \times 10^4$, porém, esse parâmetro não tem exigência de valores na legislação para a fruta congelada. O parâmetro Salmonella manteve-se ausente durante os 455 dias de análise. Foram observadas ainda alterações na cor, passando de vermelho intenso (atrativo) para rosa claro. **Conclusão:** Dessa forma, conclui-se que a vida de prateleira do morango congelado pode ser definida como plano de *shelf life* em 9 meses de armazenamento mantido sob congelamento à -18°C .

Palavras-chave: Análise físico-química; Análise microbiológica; *Shelf life*; Temperatura.



ANÁLISE COMPARATIVA DE TRÊS METODOLOGIAS OFICIAIS PARA QUANTIFICAÇÃO DE BVT EM PESCADO

Anna Beatriz Goularte Santin¹; Roberto Carlos Fernandes Barsotti²; Erika Fabiane Furlan³

¹Estudante do curso de Especialização em Vigilância Laboratorial em Saúde Pública do IAL /SP.

²Núcleo de Ciências Químicas e Bromatológicas, CLR de Santos, Instituto Adolfo Lutz /SP, Brasil.

³Unidade Laboratorial de Referência em Tecnologia do Pescado, Instituto de Pesca /SP, Brasil

Introdução: O pescado é um alimento de elevada qualidade nutricional para o consumo humano por apresentar excelente fonte de proteína com alta digestibilidade, entre outros nutrientes benéficos à saúde. Não obstante, é um alimento de fácil deterioração, por conter alta atividade de água e pH próximo da neutralidade. A análise de Bases Voláteis Totais (BVT) é um método comumente usado para avaliar a qualidade do pescado para o consumo. O método oficial atual do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) usa como referência o artigo do Jornal Oficial das Comunidades Europeias, nº L97 de 29/04/1995. Outros métodos são citados neste mesmo artigo com métodos de rotina: método de destilação direta descrito por Antonacopoulos e o método de destilação de um extrato desproteínizado com ácido tricloroacético (TCA). **Objetivo:** Comparar três metodologias para quantificação de BVT em amostras de Robalo Flecha (*Centropomus undecimalis*) cuja porção cárnea foi propriamente homogeneizada. **Métodos:** As amostras preparadas pelo Instituto de Pesca/APTA/SAA-SP foram analisadas pelo CRL de Santos do IAL. Para a comparação das metodologias de determinação das Bases Voláteis Totais (BVT) foram realizados dez ensaios de cada método: no primeiro método, em torno de 10,0 g da amostra foi extraída com uma solução de ácido perclórico 6%. Após alcalinização com uma solução de NaOH 20%, o extrato foi submetido a destilação por arraste a vapor, sendo os componentes de base volátil recebidos em solução de ácido bórico 3%. A concentração de BVT foi determinada por titulação com ácido clorídrico 0,01M padronizado. No método 2 uma alíquota de 10,0 g foi extraída em solução de TCA 5%. No método 3, de destilação direta, 10,0 g da amostra foi transferida para equipamento com água. Todos os métodos usaram a mesma solução de recepção e titulação. Os cálculos das médias, desvios-padrão e Teste-T foram realizados no programa Excel. O intervalo de confiança foi estabelecido acima de 95% e as médias foram consideradas estatisticamente diferentes para $p < 0,05$. **Resultados:** A concentração média e desvio padrão obtidos foram: Método 1 (3,504 mg/100g \pm 0,002) e para o Método 3 (0,135 mg/100g \pm 0,009). Para o Método 2 não foi detectado o analito. As médias das concentrações variaram significativamente ($p < 0,05$). **Conclusão:** Os resultados encontrados mostram que o método de referência atual foi mais sensível à baixas concentrações do BTV, apesar da necessidade de testes com outras matrizes.

Palavras-chave: Bases nitrogenadas voláteis totais; metodologia analítica; análise de pescado.



O ENTENDIMENTO DOS CONSUMIDORES SOBRE OS PRODUTOS LÁCTEOS CLANDESTINOS

Rebecca Santos Camilo Ferreira¹; Andyelle Cristye da Silva Oliveira²; Marco Antonio Sloboda Cortez³; Valéria Moura de Oliveira⁴; Gabriela Vieira do Amaral⁵.

¹Médica Veterinária – autônoma.

²Discente – Médica Veterinária – Univassouras.

²Docente – Medicina Veterinária – UFF.

³Docente – Medicina Veterinária – UFRRJ.

⁴Docente – Medicina Veterinária – Univassouras.

Introdução. O leite e seus derivados são alimentos muito consumidos mundialmente, com alto poder nutritivo, além de fonte de cálcio estão relacionados a prevenção de doenças. Apesar de ilegal, o comércio de leite cru e produtos não inspecionados, muitas pessoas ainda fazem esse consumo, talvez por acreditarem que um produto sem processamento, possa ser mais saudável, ou talvez por não compreenderem a diferença entre produto clandestino e inspecionado. **Objetivo.** O presente trabalho teve como objetivo identificar o conhecimento da população, em relação ao consumo de produtos lácteos inspecionados e clandestinos. **Método.** A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisa (CEP) da Universidade de Vassouras, um questionário, com 18 perguntas, foi elaborado pelo Google Forms® e disseminado por redes sociais. **Resultados.** Um total de 260 entrevistados apontaram como lácteos mais consumidos: leite, manteiga, queijo, iogurte e bebidas lácteas. Quando questionados se já realizaram a compra de leite ou derivados diretamente de produtores rurais, em feiras livres ou ambulantes, 73% dos entrevistados relataram que sim, sendo 42% raramente, 28% as vezes e 3% sempre; sendo queijo e leite os produtos mais adquiridos irregularmente. Apesar de 63,4% dos participantes admitirem conhecer os carimbos de inspeção, cerca de 31% dos entrevistados relatam que não veem necessidade em saber origem do seu leite ou derivados lácteos. Também foi percebido que o consumo de produtos clandestinos é mais ocorrente nas regiões rurais, onde há produção leiteira. **Conclusão.** Podemos concluir que o questionário se mostrou uma ferramenta eficiente, além de apontar as preferências dos consumidores. A partir da análise dos resultados, percebemos que ainda não há um conhecimento esclarecido, dos consumidores de leite e derivados lácteos clandestinos, sobre a relação da presença do selo de inspeção na rotulagem com a segurança do produto. Portanto, a fim de garantir a saúde da população, devem ser incentivadas políticas públicas voltadas a educação sanitária, informando os riscos associados ao consumo de produtos clandestinos.

Palavras-chave: consumo, leite, produto inspecionado.



IOGURTE ORGÂNICO ENRIQUECIDO COM COPRODUTO DE GRUMIXAMA (*Eugenia brasiliensis* Lam.): CAPACIDADE REDUTORA E EFEITO DA ESTOCAGEM À FRIO

Augusto César Costa-Santos¹; Grasieli Beloni de Melo¹; Gisele Marcondes Luz¹; Débora Parra Baptista²; Juliana Azevedo Lima Pallone³

¹ Estudante de doutorado no programa de pós-graduação em Ciência de alimentos – FEA - UNICAMP

² Pós-doutoranda do Depto de Engenharia e Tecnologia de Alimentos – FEA - UNICAMP

⁴ Docente do Depto de Ciência de Alimentos e Nutrição – FEA - UNICAMP

Introdução: A formulação de iogurtes com leite orgânico tem ganhado espaço graças ao desenvolvimento de práticas sustentáveis e a busca por produtos com *status* saudável. Embora tenham grande valor nutritivo, iogurtes são fontes pobres de compostos fenólicos, o que justifica a fortificação destas matrizes com possíveis fontes desses componentes. Compostos fenólicos são moléculas estruturalmente baseadas em um anel aromático hidroxilado, e seu potencial antioxidante (efeito redutor) está associado com o retardo do envelhecimento de tecidos, o controle de deterioração e a inibição de reações de oxidação. Este potencial está diretamente envolvido com a capacidade dos grupamentos hidroxila em reduzir espécies reativas, a partir de mecanismos de transferência de átomos ou elétrons. A grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) é um fruto nativo brasileiro, com expressiva capacidade antioxidante derivada de suas concentrações em compostos fenólicos, na polpa e nas porções não comestíveis do fruto (coprodutos). **Objetivos:** O estudo teve como objetivo o enriquecimento de iogurtes naturais, formulados com leite orgânico, com farinha de cascas e sementes de grumixama, a fim de estimar a capacidade redutora com base no conteúdo de compostos fenólicos totais, e avaliar os efeitos do armazenamento à frio durante 21 dias. **Materiais e Métodos:** Dois produtos foram formulados, sendo eles iogurte orgânico natural (ORN) e fortificado com grumixama à 2,5% (m/v) (ORF). Os coprodutos da grumixama foram obtidos a partir do despulpamento, liofilização e moagem das cascas e sementes. Para a extração dos bioativos, foi utilizada acetona 50% (v/v), após testes preliminares. A determinação da capacidade redutora foi realizada com emprego do método de Folin-Ciocalteu, nos dias 1, 7, 14 e 21 de estocagem refrigerada. **Resultados:** Amostra ORN evidenciou resultados significativamente baixos para a capacidade redutora, ao longo de todo período de estocagem (3,49 – 4,45 mg GAE 100 g⁻¹), conforme esperado para uma matriz naturalmente pobre em polifenóis, embora alguns estudos relacionem concentrações em leite orgânico mais elevadas, derivadas principalmente da dieta animal rica em cereais e vegetais. Em contrapartida, a amostra ORF evidenciou teores altos e equivalentes de compostos fenólicos, provenientes da fortificação com coprodutos vegetais, entre o 1º e o 7º dia de estocagem (21,77 e 20,96 mg GAE 100 g⁻¹, respectivamente). Observou-se que ORF apresentou diminuição nos resultados de capacidade redutora ao longo da estocagem, com perdas de 10,5% após 14 dias e 21,9% após 21 dias de refrigeração, em relação ao primeiro dia de estocagem. O emprego de acetona como solução extratora permite a extração de compostos polares com capacidade redutora, como antocianinas, flavonoides e elagitaninos, que são naturalmente encontrados no coproduto utilizado na fortificação dos iogurtes. **Conclusão:** O iogurte natural apresentou conteúdos baixos de compostos fenólicos totais, porém, a fortificação com fontes alternativas de compostos bioativos pode ser uma opção para agregar valor a coprodutos e derivados lácteos. O estudo preliminar evidenciou que o

enriquecimento do iogurte orgânico promoveu o aumento de sua capacidade redutora e, apesar do tempo de estocagem indicar perdas de 22% nos 21 dias de armazenamento do produto, o efeito bioativo ainda foi obtido.

Palavras-chave: Produção orgânica; Iogurte fortificado; Grumixama; Compostos fenólicos; Extração de fenólicos



AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE CONSUMIDORES BRASILEIROS SOBRE ESTABILIZANTES EM LEITE UAT PELO MÉTODO DE GRUPOS FOCAIS

Natália Emmerick de Alcântara¹; Elson Rogério Tavares Filho²; Mônica Marques Pagani³; Adriana Cristina de Oliveira Silva⁴; Erick Almeida Esmerino^{2,4}

¹Estudante do Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária - PGHIGVET – UFF.

²Pesquisador do Depto de Alimentos – PCTA – IFRJ

³Docente/pesquisador do Depto de Tecnologia de Alimentos – DTA – UFRRJ

⁴Docente/pesquisador do Depto de Tecnologia de Alimentos – MTA – UFF.

Introdução: O setor de lácteos é extremamente competitivo e dispõe de inúmeras alternativas de produtos, aumentando o poder de escolha do consumidor. Com a diversificação nos processos e no uso de ingredientes, tornou-se necessário o uso de aditivos para manter as características sensoriais e físico-químicas nos produtos durante seu armazenamento, o que ocorre com o leite UAT. Entretanto, a população está cada vez mais preocupada com a alimentação e o uso excessivo de aditivos, e a versão do leite UAT sem estabilizantes propõe atender estes consumidores, mas ainda existe uma falta de conhecimento sobre as percepções dos consumidores sobre o uso desses aditivos no leite UAT. **Objetivo:** Avaliação da percepção dos consumidores brasileiros sobre o leite UAT, relacionando-a com a presença ou ausência de estabilizantes no produto. **Métodos:** Foram avaliados os fatores relacionados à preferência e ao comportamento de consumo dos indivíduos sobre leite UAT através do emprego de Grupos focais em três grupos distintos: Mães de crianças e adolescentes (Grupo 1); consumidores adultos sem filhos (Grupo 2) e estudantes de tecnologia de alimentos e processamento de produtos de origem animal (Grupo 3), totalizando 24 participantes. As sessões de grupos foram gravadas, transcritas e analisadas via análise temática. **Resultados:** Observou-se que preço, marca, data de validade, classificação e aspectos sensoriais foram os fatores mais relevantes para a decisão dos consumidores, independente do grupo. Constatou-se ainda, que a maioria dos consumidores não possuem o hábito de ler o rótulo do leite UAT, apesar de possuírem essa prática em outros produtos alimentícios. Observou-se um desconhecimento sobre o uso de estabilizantes em leite UAT e pouca preocupação sobre os riscos de seu consumo. Parte dos entrevistados confundiu estabilizantes com conservadores, e considerou as crianças pequenas, os idosos e as pessoas preocupadas com a saúde como principais públicos-alvo do leite UAT sem estabilizantes. Além disso, foi unânime a preferência pelo produto sem estabilizantes em todos os grupos, seguindo a tendência *clean label*, para produtos com menos ingredientes e livre de aditivos. Nota-se ainda um consenso entre os participantes a respeito da necessidade de se ter rótulos mais explicativos e amigáveis, e que contenham informações sobre a segurança dos estabilizantes. **Conclusão:** A aplicação da técnica de grupos focais evidenciou o desconhecimento do emprego tecnológico de estabilizantes em leite UAT em todos os grupos. Além disso, a confusão entre estabilizantes e conservadores mostrou-se relevante, juntamente com a falta de clareza de informações nos rótulos e propagandas.

Palavras-chave: Lácteos; Aditivo alimentar; Estudo do consumidor; Método qualitativo; Clean label; Análise Sensorial.



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS COMERCIALIZADAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Karina Rosa Morgado¹; Mariana Guedes Resende da Silva¹; Julya Vianna de Araujo²; Hilana Ceotto Vigoder³

¹Estudante do Curso de Ciências Biológicas – IFRJ.

²Estudante do Curso Técnico em Alimentos – IFRJ.

³Docente/pesquisador do Laboratório de Microbiologia – IFRJ.

Introdução: A demanda dos consumidores por alimentos seguros e por meios de produção sustentáveis tem ampliado o espaço da produção orgânica no mercado global, representando cerca de 1,5% da área mundial cultivada, e com perspectiva de avanço. Embora o sistema de produção orgânica seja mais sustentável e os alimentos orgânicos sejam considerados mais saudáveis, quando comparados aos produzidos pela agricultura convencional, eles não são necessariamente mais seguros do ponto de vista microbiológico. As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) podem ter diferentes causas, mas os microrganismos são os seus agentes de maior incidência. A IN 161, de 2022, estabelece o padrão microbiológico de alimentos, inclusive de hortaliças, limitando a presença de *Escherichia coli* em 10^3 UFC/g e a ausência de *Salmonella* a cada 25g para que esses produtos sejam considerados próprios para o consumo. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade microbiológica de hortaliças orgânicas comercializadas na cidade do Rio de Janeiro, no período de junho a novembro de 2022. **Métodos:** Foi realizada a avaliação microbiológica de 43 amostras conforme as normas ISO 6579, para pesquisa de *Salmonella*, e ISO 16649-2, para pesquisa de *E. coli*. A identificação das colônias típicas desses microrganismos foi realizada através de testes bioquímicos clássicos e por espectrometria de massas MALDI-TOF. **Resultados:** Inicialmente, 33 amostras analisadas (79%) puderam ser consideradas seguras para o consumo. Sete amostras (16%) apresentaram colônias típicas de *E. coli*, porém, todas estavam com contagem abaixo do valor estabelecido como aceitável pela legislação brasileira. Quatorze amostras (32%) apresentaram colônias com características típicas de *Salmonella*, as quais foram confirmadas por testes bioquímicos. Entretanto, nenhum resultado foi confirmado por MALDI-TOF. Adicionalmente, outras espécies de coliformes foram identificadas, como enterobactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, sugerindo uma falta de boas práticas de higiene, uma vez que essas espécies bacterianas podem estar presentes no sistema gastrointestinal humano. **Conclusão:** Os resultados demonstram a necessidade de melhorias em toda a cadeia produtiva, pondo em ação as Boas Práticas Agrícolas durante o cultivo e Boas Práticas de Higiene durante o manejo.

Palavras-chave: Hortaliças; Produção orgânica; DTHAs; Qualidade microbiológica.



ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJAS PILSEN E ALE

Mariana de Oliveira Sampaio¹; Ana Cristina Vieira Paes Leme Dutra²

¹Estudante do Curso de Farmácia - DACS – UNIFESO

²Docente/pesquisador do Curso de Farmácia – DACS – UNIFESO.

Introdução: A cerveja é uma das bebidas mais amplamente consumidas em todo o mundo, apresentando uma grande variedade de tipos no mercado, que vão desde as industrializadas até as artesanais. O presente estudo experimental comparativo analisou a diferença entre a composição de cervejas Pilsen e Ale. As cervejas Pilsen pertencem ao grupo das Lagers, que são bebidas de baixa fermentação e possuem um sabor suave devido à menor quantidade de lúpulo utilizado em sua produção. Por outro lado, as cervejas do tipo Ale são bebidas de alta fermentação e apresentam um sabor mais forte, em virtude da maior quantidade de lúpulo presente em sua composição. **Objetivo(s):** O propósito deste estudo consistiu em conduzir uma avaliação de controle de qualidade para cervejas Pilsen e Ale, com vistas a verificar sua qualidade quanto a presença de resíduos sólidos, pH e acidez titulável. **Métodos:** Foram realizadas análises da qualidade da bebida quantificando sólidos solúveis presentes na cerveja, o pH e a acidez das amostras. **Resultados:** A partir dos experimentos realizados, foi observada uma pequena variação de pH entre as cervejas testadas. A cerveja Pilsen apresentou pH 4,7, enquanto a cerveja Ale apresentou pH 4,5. A Acidez Total média da cerveja Pilsen foi $38,43 \pm 1,52$, enquanto a cerveja Ale foi $42,41 \pm 5,47$. Em relação ao teor de sólidos totais, obteve-se uma média de $5 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 0$ para a cerveja Pilsen, enquanto a cerveja Ale apresentou uma média de $6 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 0$. **Conclusão:** Os resultados dos experimentos demonstram que a cerveja Pilsen tem uma maior estabilidade de pH, Acidez Total menor e uma menor concentração de sólidos solúveis em comparação com a cerveja Ale. Essas diferenças impactam diretamente nas características sensoriais distintas entre as cervejas. Espera-se avaliar o perfil de preferência entre ambas as cervejas pelos moradores de Teresópolis/RJ na próxima etapa do estudo.

Palavras-chave: cerveja, qualidade, Pilsen, Ale.



NANOENCAPSULAÇÃO DE PROANTOCIANIDINAS DE SEMENTE DE UVA EM LIPOSSOMAS. ESTUDO DE LIBERAÇÃO *IN VITRO*

Johana Lopez-Polo^{1,4}; Jaime Moisés Romero Ormazábal²; Jimena Guadalupe
Cordero Machuca³ Felipe A. Oyarzun-Ampuero⁴

¹Docente/pesquisador do Laboratório de Biotecnologia Alimentar, Instituto de Nutrição e Tecnologia Alimentar, Universidade do Chile, Santiago 783090, Chile

²Docente/pesquisador do Laboratório de Biotecnologia Alimentar, Instituto de Nutrição e Tecnologia Alimentar, Universidade do Chile, Santiago 783090, Chile

³Estudante de doutorado do Departamento de Ciências e Tecnologia Farmacêutica, Faculdade de Ciências Químicas e Farmacêuticas, Universidade do Chile, Santiago, Chile.

⁴Docente/pesquisador do Departamento de Ciências e Tecnologia Farmacêutica, Faculdade de Ciências Químicas e Farmacêuticas, Universidade do Chile, Santiago, Chile.

Introdução: As proantocianidinas são compostos bioativos extraídos principalmente de uvas com elevado potencial biológico. Entretanto, seu uso potencial a partir da matriz natural e/ou de formulações farmacêuticas/alimentícias é limitado por diversos fatores: 1) são instáveis no trato gastrointestinal e/ou em processamento na indústria; 2) possuem baixa biodisponibilidade; e 3) apresentam alta adstringência na mucosa oral (sensação organoléptica desagradável). Uma alternativa que seria útil para superar esses desafios poderia ser o uso de sistemas de nanoencapsulação, como os lipossomas. **Objetivo:** Obter nano-lipossomas que incorporem eficientemente as Proantocianidinas de semente de uva. **Métodos:** Proantocianidinas encapsulados em nano-lipossomas foram preparados pelo método de aquecimento/homogeneização usando fosfatidilcolina de soja. Foram feitos nano-lipossomas revestidos com uma camada de quitosana e nano-lipossomas não revestidos. O potencial z, índice de polidispersão e tamanho foram avaliados por Dynamic Light Scattering; as fotografias foram tiradas por Microscopia Eletrônica de Varredura; a eficiência de encapsulamento foi determinada pelo método de separação centrífuga; e a atividade antioxidante foi medida pelo ensaio ABTS. Além disso, uma liberação *in vitro* das Proantocianidinas das nanoformulações foi realizada usando um meio alimentar simulado de acordo com o Regulamento 10/2011 da União Europeia. **Resultados:** Nano-lipossomas encapsulados em Proantocianidinas com tamanho médio de $102,5 \pm 0,9$ nm, potencial Z de $-57,4 \pm 1,1$ mV e índice de polidispersão de $0,241 \pm 0,012$ foram obtidos com sucesso. Portanto, podem ser caracterizados como vesículas unilamelares pequenas, estáveis e homogêneas. Os nano-lipossomas revestidos com quitosana apresentaram tamanhos maiores ($127,5 \pm 0,6$ nm) em comparação com os não revestidos. O potencial zeta dos nano-lipossomas com quitosana foi positivo ($27 \pm 1,4$ mV). Para ambas as amostras (revestidas e não revestidas) foram encontrados valores de eficiência de encapsulamento de $89 \pm 3,0\%$ e nenhuma diferença significativa foi encontrada nos valores de atividade antioxidante (79% de inibição do radical ABTS) durante os 21 dias de análise. Para o estudo de liberação *in vitro*, foram encontrados coeficientes de difusão (D) mais baixos para as Proantocianidinas encapsuladas em nano-lipossomas revestidos com quitosana ($D = 1.63 \times 10^{-17} m^2/s$, $R^2 = 0.997$) em comparação com nano-lipossomas não revestidos ($D = 5.63 \times 10^{-17} m^2/s$, $R^2 = 0.997$). **Conclusões:** O método de aquecimento/homogeneização permite a obtenção de nano-lipossomas unilamelares pequenos, homogêneos e estáveis que

encapsulam eficientemente as Proantocianidinas de semente de uva. Colocar um revestimento de quitosana nos nano-lipossomas permite retardar a taxa de liberação em um meio de simulação de alimentos.

Palavras-chave: Lipossomas; Compostos bioativos; Nanoencapsulação; Quitosana.

Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book











Capítulo 01

DOI: 10.53934/08082023-01

**CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA PARA A
SEPARAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NO CACAU E SEUS
DERIVADOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Natalia Costa da Silva *; Edilaine Alves da Silva ; Samarone Xavier da Silva 
Ilma Matias Santos Silva ; Lucas Caldeirão Rodrigues Miranda ; Helena
Teixeira Godoy 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: nataliacosta5032@gmail.com

Resumo: O cacau é um fruto rico em compostos bioativos, estes fornecem características funcionais a esse produto e seus derivados, com os benefícios a saúde relacionada ao seu consumo bem documentado na literatura. Atualmente a busca pelo melhor entendimento do comportamento desses compostos bioativos durante a cadeia produtiva do cacau e o desenvolvimento de técnicas analíticas de separação, identificação e quantificação desses analitos vem sendo objeto de estudos de muitos pesquisadores ao longo dos anos. Sendo assim, esta revisão de literatura fornece um panorama das principais técnicas analíticas usadas na separação de compostos bioativos no cacau e seus produtos derivados, sobretudo o uso da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada a detectores de arranjo de diodos e fluorescência. Além disso, busca apresentar alguns dos protocolos para preparo de amostras dessa matriz comumente utilizadas a partir dos artigos analisados nesta revisão. As buscas se basearam em pesquisas disponíveis na íntegra, com data de publicação definida entre 2005 e 2023, coletando 42 trabalhos entre artigos de pesquisa, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses em diferentes bancos de dados eletrônicos: Scientific Electronic Library Online, PubMed, Science Direct, Scopus, Web of Science e Google Acadêmico. Ao avaliar os métodos analíticos cromatográficos utilizados nas pesquisas científicas, entendemos a necessidade da avaliação das condições que podem melhorar a eficiência dos métodos cromatográficos, além da importância da coleta de informações sobre esses compostos que podem contribuir com o controle de qualidade da matéria-prima e otimização das etapas de processamento longo da cadeia produtiva do cacau.

Palavras-chave: análise; bioativos; cacau; HPLC

Abstract: Cocoa is a fruit rich in bioactive compounds, which provide functional characteristics to this product and its derivatives, with health benefits related to its consumption well documented in the literature. Currently, the search for a better understanding of the behavior of these bioactive compounds during the cocoa production chain and the development of analytical techniques for separation, identification and quantification of these analytes has been the subject of studies by many researchers over the years. Therefore, this literature review provides an overview of the main analytical techniques used in the separation of bioactive compounds in cocoa and its derivatives, especially the use of High Performance Liquid Chromatography coupled to diode array and fluorescence detectors. In addition, it seeks to present some of the protocols for preparing samples of this matrix commonly used from the articles analyzed in this review. The searches

were based on research available in full, with publication date defined between 2005 and 2023, collecting 42 papers including research articles, course completion papers, dissertations and theses in different electronic databases: Scientific Electronic Library Online, PubMed, Science Direct, Scopus, Web of Science and Google Scholar. When evaluating the chromatographic analytical methods used in scientific research, we understand the need to evaluate the conditions that can improve the efficiency of the chromatographic methods, in addition to the importance of collecting information about these compounds that can contribute to the quality control of the raw material and optimization of the long processing stages of the cocoa production chain.

Keywords: Analysis; Bioactive; Cocoa; HPLC

INTRODUÇÃO

A produção mundial de cacau aumentou aproximadamente 18% nos últimos dez anos. Essa demanda tem sido associada não apenas às suas características sensoriais únicas, mas também por seus compostos benéficos à saúde humana (1). Esses benefícios estão associados à presença de compostos bioativos que exercem ações biológicas no organismo humano (2).

A cadeia produtiva do cacau é complexa e envolve diversas etapas importantes (produção da matéria-prima, processamento e distribuição dos produtos) que ocorrem separadamente e em longas distâncias (3). Por exemplo, os principais produtores de cacau são Costa do Marfim com 42,63% de toda produção mundial, seguida dos países Gana (20,45%). Entretanto, mais da metade do cacau é processada em regiões não produtoras da amêndoa, como a Europa, que processou 36%, e os EUA, com 8% do volume mundial de 2019. (4,5,6).

O atual processamento do cacau envolve etapas como a fermentação, secagem e torra que promovem diversas reações químicas e bioquímicas responsáveis pelo desenvolvimento do aroma e sabor característico. Por outro lado essas reações degradam os compostos bioativos, sendo eles percussores de sabor amargo e adstringente, acaba sendo desejável que essa degradação aconteça (7). No entanto, a partir da popularização dos benefícios dos compostos fenólicos à saúde tem provocado grande interesse em mantê-los durante o processamento, para isso é necessário otimizar as etapas de processamento sem prejuízo ao sabor e a composição fenólica dos produtos. Além de entender como esses compostos se comportam ao longo da cadeia produtiva do cacau (8).

Para auxiliar nessas descobertas a aplicação de técnicas de determinação da composição química e físico-química de alimentos são uma importante ferramenta para se obter importantes informações sobre a matriz de interesse (9). Essas informações podem ser utilizadas para rastrear o produto quanto à sua origem, qualidade sensorial, nutricional, determinar a concentração e/ou isolamento de um composto de interesse. Além de detectar adulterações e contaminantes, auxiliando no controle de qualidade dos produtos (10). Sendo assim, esta revisão tem como objetivo destacar o uso de técnicas cromatográficas para a separação de compostos bioativos do cacau e seus produtos derivados em diferentes estágios de transformação: das sementes à barra de chocolate, dando ênfase no uso da cromatografia de líquida de alta eficiência (HPLC), como principal técnica utilizada para separação desses compostos devido a sua alta resolução, eficiência, reprodutibilidade e versatilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho é uma revisão sistemática de literatura, onde são descritas pesquisas publicadas em periódicos, sobre compostos bioativos em cacau (*Theobroma cacao*

L.) e produtos derivados, como também o método analítico para separação dos analitos utilizando Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

Para analisar a literatura atual, foram coletados artigos de pesquisa, trabalhos de conclusão de curso, dissertações em diferentes bancos de dados eletrônicos: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), PubMed, Science Direct, Scopus, Web of Science e Google Acadêmico. Foram revisados um total de 12 trabalhos a partir dos descritores selecionados para a busca: “*phenolic cocoa*”, “*Theobroma cocoa L.*” “*bioactive*”, “*HPLC*”, “*Chemical composition cocoa*”, “*Extraction of phenolic cocoa*”, “*cocoa and by-products*”. Considerando apenas estudos que utilizaram como técnica analítica a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

As buscas se basearam em pesquisas disponíveis na íntegra, com data de publicação definida entre 2005 e 2023, e escritas nos idiomas português, espanhol ou inglês. Que foram lidos na íntegra e extraídos os resultados mais importantes a fim de constar nesta revisão de literatura. Os resultados serão demonstrados de maneira descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Cacau e seus compostos bioativos

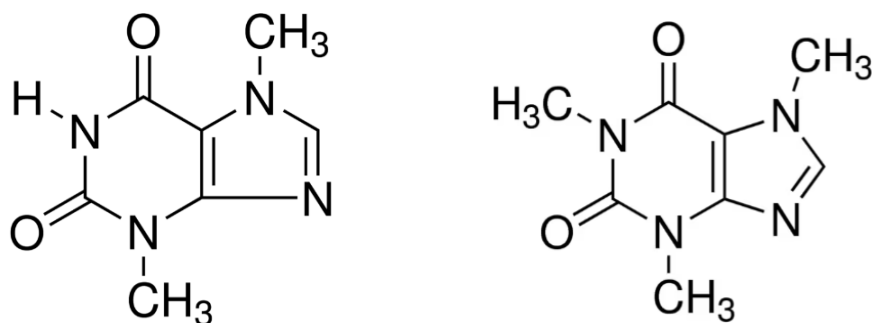
Originário da América central os grãos de cacau (*Theobroma cocoa L.*) eram utilizados para produção de uma bebida fermentada à base de água e especiarias. Esta era consumida em rituais religiosos para fins medicinais. Com o passar dos anos a cultura do cacau foi sendo disseminada em vários países, inclusive no Brasil, se tornando uma das *commodities* mais importante de todo o mundo atualmente (3).

Os produtos obtidos a partir do processamento das sementes de cacau, como licor de cacau, cacau em pó e chocolate, têm recebido muita atenção devido ao seu alto e variado teor de compostos bioativos (10). Esses compostos bioativos ou fitoquímicos como também são conhecidos, são constituintes nutricionais essenciais e não essenciais que ocorrem naturalmente em pequenas quantidades ou são sintetizados durante o processo tecnológico do cacau, estes conferem características funcionais, além de desempenharem ações biológicas tais como a prevenção de doenças crônicas (2,11,12).

Diversos compostos com ações bioativas já foram identificados no cacau, em que correspondem aproximadamente de 6 a 8% da sua composição química, dentre eles destacam-se as metilxantinas compostas por teobromina (3,7-dimetilxantina) e cafeína (1,3,7- trimetilxantina), além dos flavonóis, sendo os mais abundantes a (+)-catequina e (-)-epicatequina reportada como o principal flavonol monomérico do cacau, além das procianidinas (B1 e B2), antocianinas e ácidos fenólicos (13).

As metilxantinas (**Figura 1**) apresentam alto ponto de fusão, sendo termicamente estáveis, são mais solúveis em água quente, sensorialmente são inodoras e incolores, no entanto contribuem sensorialmente para o sabor amargo e adstringente dos produtos derivados do cacau (9). A teobromina é um composto considerado diurético, relaxante muscular e vasodilatador, já a cafeína atua principalmente como estimulante do sistema nervoso central, aumentando a função cognitiva e a atenção do indivíduo (14,15).

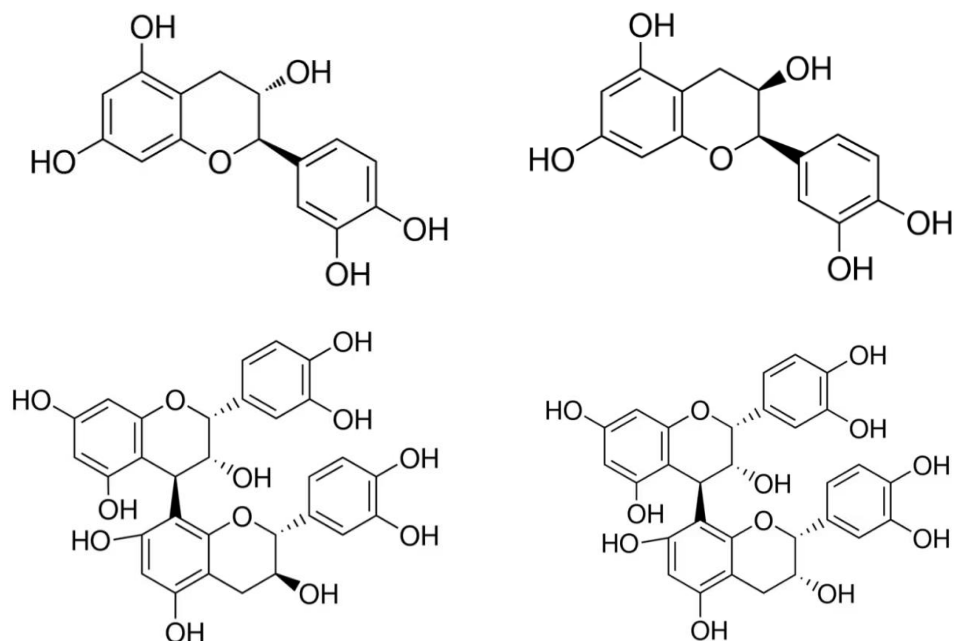
Figura 1 – Estrutura química das metilxantinas do cacau



Fonte: Elaborado pela autora

Quanto aos compostos fenólicos (**Figura 2**) estes representam aproximadamente 10% do total de constituintes do cacau e em produtos derivados, as (+)-catequinas, (-)-epicatequinas, seguida de seus dímeros, procianidina B1 ((-)-epicatequina-(4 β →8)-(+)-catequina) e procianidina B2 ((-)-epicatequina-(4 β)→8)-(-)-epicatequina) são anti-inflamatórios, cardioprotetores e inibidores da lipase pancreática (13,16,17). As evidências científicas permitem que estes grupos de compostos sejam reconhecidos como um indicador de qualidade nutricional de chocolate e produtos derivados (18).

Figura 2- Estrutura química dos compostos fenólicos do cacau



Fonte: Elaborado pelo autora

No entanto, o conteúdo desses compostos é altamente variável. Como por exemplo, maiores quantidades de polifenóis e metilxantinas são encontrados no cacau em pó puro e em produtos com maior porcentagem de cacau em sua composição como o chocolate amargo (1). Outros fatores como genótipo da planta, região e cultivo também influenciam na sua composição, como expostos por Febrianto e Zhu ao avaliarem a composição de compostos bioativos de 26 genótipos de cacau. Além dos processos pós-colheita (19).

Métodos de analíticos para compostos bioativos do cacau

Para a quantificação aproximada de polifenóis, alguns métodos colorimétricos são utilizados em análises de rotina principalmente devido a sua simplicidade. Estes incluem os métodos Folin-Ciocalteu e Pressian-Blue para determinação de compostos fenólicos totais (20). No entanto, estes métodos apresentam algumas limitações devido a sua falta de

especificidade, pois existe a possibilidade de interferentes de outros compostos não fenólicos, tais como proteínas e açúcares, causando superestimação do verdadeiro conteúdo de polifenóis (21).

Afim, de obter resultados mais expressivos e confiáveis atualmente são utilizadas técnicas cromatográficas como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), cromatografia gasosa (GC), cromatografia em contracorrente (CCC) e eletroforese capilar (CE). Essas técnicas podem ser aplicadas para análise qualitativa e quantitativas, bem como para procedimentos de isolamento e purificação de compostos como os polifenóis (18). Os dispositivos utilizados para detecção do sinal na cromatografia baseiam-se nas diferenças das propriedades físicas e químicas entre os eluentes e o analito. Os detectores empregados ao sistema são os espectrômetros de massas (MS), o de arranjo de diodos (DAD) e fluorescência (FLD) (22).

Tanto nos métodos colorimétricos, quanto nos métodos cromatográficos as amostras precisam passar por um tratamento prévio de extração, limpeza e concentração quando se realiza a determinação de compostos bioativos, uma vez que as concentrações desses analitos nas matrizes complexas são baixas (8). Para o preparo de amostras de cacau e de seus produtos derivados, vários métodos têm sido descritos ao longo dos anos, com o objetivo de obter melhor rendimento do analito de interesse, eliminar interferências da matriz, evitando assim problemas nos sistemas de detecção (18).

Considerando que a estrutura física e a composição centesimal das amêndoas de cacau e de seus produtos derivados observaram-se que todos os artigos estudados nesta revisão (**Quadro 1**) iniciaram o processo de preparo de amostras com a quebra e moagem da matriz, a fim de diminuir o tamanho de partícula das amostras e aumentarem a superfície de contato, geralmente utilizando moinhos ou trituradores. Se tratando de uma matriz que pode conter 30% de lipídeos tornando-se um potencial interferente durante a análise, a técnica de desengorduramento é aplicada. Os métodos mais utilizados para essa finalidade foram à extração sólido-líquido por Soxhlet e extração por solvente (23,24).

No caso das metilxantinas e dos flavanóis, as técnicas aplicadas pela indústria são baseadas em extrações sólido-líquido (SLE) utilizando: Soxhlet, banho-maria, hidrodestilação e maceração ou extração líquido-líquido (ELL) como a extração por solvente ou por partição (21). No entanto, apresentam limitações tais como o uso de uma grande quantidade de solventes, tempo de extração longo e perda de compostos termolábeis (18).

Em amostras de cacau e produtos derivados, alguns dos estudos envolveram solventes orgânicos para a extração de compostos bioativos. Hernández-Hernández et al. (2018) ao identificar e quantificar as concentrações de alguns fenóis individuais como teobromina, ácido cafeico, catequina e epicatequina utilizaram cinco diferentes métodos de extração, sendo o método que apresentou melhor desempenho para quantificar a composição de compostos bioativos foi a extração com água acidificada e metanol 80:20 (v/v), aplicando esse método em 26 genótipos de cotilédones fermentados de cacau. Enquanto Pelàez et al., (2016) utilizou como solventes ácido acético e metanol 85:15(v/v) para extração de metilxantinas e catequina em grãos frescos, fermentados e líquido de cacau.

Outras opções de extrações de flavonóides vêm sendo estudadas, as chamadas extrações verdes, tem como objetivo de diminuir a quantidade de resíduo gerado por essas análises, otimização de tempo de análise, além da substituição de solventes orgânicos, por opções ecologicamente corretas. O uso de extração assistida por ultrassom (USAE), micro-ondas (MWE) extração por fluido supercrítico (SFE) e extração por líquido pressurizado (PLE) são algumas das alternativas (25). Autores como Quiroz-Reyes, et al. (2021) avaliaram as técnicas de extração assistida por ultrassom contínuo e pulsado para obter extratos de grãos de cacau enriquecidos com antioxidantes, Razola-Díaz, et al. (2023) por

sua vez também utilizou o ultrassom para extração de compostos bioativos em cacau em pó, ambos em seus achados experimentais comprovaram maiores rendimentos nas classes de flavonóides e teor de fenólicos totais, além da redução de tempo de extração quando comparados a trabalhos que utilizaram técnicas sólido-líquido convencionais.

Vale ressaltar que a eficiência do processo de extração é influenciada pela relação sólido-líquido (S/L), tempo, temperatura, pH do meio, entre outros. Portanto, é essencial otimizar as condições de extração para maximizar a eficiência da extração (26).

A cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) é a técnica analítica mais empregada para separação de metilxantinas e flavonóides, devido à sua versatilidade, precisão, rapidez e detecção altamente sensível (18). Além da vantagem de quantificação de vários analitos na mesma análise. Esta técnica analítica consiste na injeção de uma amostra líquida em uma coluna com partículas microporosas (fase estacionária), onde os componentes da amostra são transportados ao longo dessa coluna por um líquido (fase móvel) (22). As substâncias com maior afinidade pelo solvente movem-se mais lentamente. Já as com menor afinidade movem-se mais rapidamente. Ao sair da coluna, os componentes passam por um detector que emite um sinal elétrico o qual é registrado, constituindo um cromatograma (8,27).

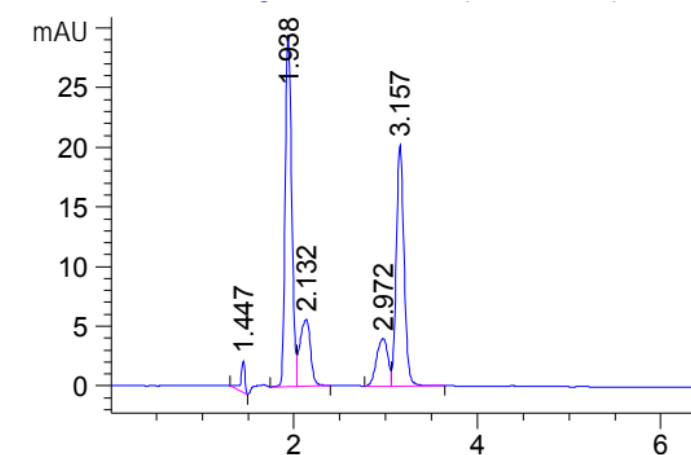
Todos os estudos supracitados no **Quadro 1**, utilizaram a técnica cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) como técnica de separação dos compostos majoritários do cacau como teobromina, cafeína, catequina, epicatequina e procianidinas, além de antocianinas. Colunas de fase ligada ou fase reversa (RP) C18 à base de sílica também foram as mais utilizadas, essas colunas comumente são utilizadas devido aos compostos analisados serem maioritariamente polares e altamente solúveis em água, e tem como objetivo separar as moléculas neutras em solução com base na sua hidrofobicidade (28). Outro fator é sua composição, por ser a base de sílica se tornam mais econômicas e versáteis, disponíveis numa grande variedade de formas, tamanhos e porosidade (22). O diâmetro médio de partículas dos recheios das colunas utilizados foi de 3 a 5 μm . Os sistemas de solventes usados em HPLC analítico incluem eluições de gradiente binário e, ocasionalmente, eluição isocrática. O uso de solventes de ácido acético, fórmico ou fosfórico aquoso com metanol (MeOH) ou acetonitrila (ACN) como modificador orgânico é comum (29). A faixa de força do solvente usada nas eluições de gradiente e o tempo necessário para a separação analítica dependem do número e do tipo de compostos fenólicos na mistura. Gradientes são empregados com misturas complexas. E métodos isocráticos podem ser usados para extratos parcialmente purificados ou extratos brutos contendo apenas alguns componentes de polaridade semelhante (8).

O pH e a força iônica da fase móvel são fatores conhecidos por influenciar a retenção de compostos fenólicos na coluna, dependendo da ocorrência de protonação, dissociação ou dissociação parcial. Uma mudança no pH que aumenta a ionização de uma amostra pode reduzir a retenção em uma separação de fase reversa. Assim, pequenas quantidades de ácido acético (2–5%), ácido fosfórico ou trifluoroacético (TFA) (0,1%) são incluídos no sistema de solvente para suprimir a ionização de grupos fenólicos e carboxílicos e, portanto, melhorar a resolução e a reprodutibilidade das execuções (30). Isso é levado em consideração nos artigos que analisaram as metilxantinas e também os flavonóides (31,32,12).

Tendo como função monitorizar o fluxo da fase móvel na saída da coluna, o detector mede de forma contínua propriedades físicas ou físico-químicas da amostra, ou da solução que a contém enviando um sinal, registrado por um processador de dados ou por um registrador conveniente, que é, geralmente, diretamente proporcional a concentração do componente na amostra. A interpretação desses registros produz dados qualitativos e quantitativos sobre a amostra e os seus constituintes (27). O cromatograma (**Figura 3**) mostra todos os

componentes que adsorvem no comprimento de onda de interesse e a área de pico de cada componente. A área do pico depende do coeficiente de absorção desse componente naquele comprimento de onda (25).

Figura 3. Cromatograma da separação de compostos, por HPLC



Fonte: Elaborado pela autora

Os fenólicos absorvem bem na região UV e o detector mais comumente usados para HPLC é um detector de comprimento de onda variável UV ou UV-Vis, sendo o detector de arranjo de diodos (DAD) e fluorescência (FLD). Nenhum comprimento de onda único é ideal para monitorar todas as classes de compostos fenólicos, pois eles exibem máximos de absorção em diferentes comprimentos de onda, para sensibilidade máxima, geralmente um comprimento de onda próximo ao máximo é desejado, no entanto, na prática, os comprimentos de onda são definidos para a melhor detecção geral de todos os componentes (29). No caso das metilxantinas e dos flavonóis estudados os comprimentos de onda mais utilizados foram de 272 a 280 nm.

É importante destacar que a cromatografia de alta eficiência (HPLC) é uma técnica apenas de separação. Para a identificação e quantificação dos analitos, as áreas de pico são então comparadas com as dos compostos padrão, que são incluídos na amostra antes da injeção (padrão interno) ou injetados separadamente (padrão externo). A partir dos espectros de absorção conhecido, seus níveis podem ser calculados a partir de sua relatividade com o pico do padrão interno (32).

Quadro 1. Levantamento de técnicas de extração e de análise utilizada na determinação de compostos bioativos em cacau e derivados de outros alimentos.

Amostra	Analito	Técnica de Extração	Técnica analítica	Referência
Nibs	Teobromina, ácido cafeico, catequina e epicatequina	SLE	HPLC-DAD	(12)
Casca do grão de cacau	Catequina e epicatequina	SLE	HPLC-DAD	(23)
Nibs	teobromina, cafeína, flavan-3-óis, ácidos fenólicos, catequinas, epicatequinas e antocianinas	SLE	HPLC-DAD	(24)

Chocolate	Metilxantinas	SLE	HPLC-DAD	(33)
Grãos de cacau crus, Nibs	Teobromina, catequina, epicatequina, procianidina B2	SLE	RP-HPLC-DAD	(28)
Chocolate	Teobromina e Cafeína	SLE	RP-HPLC	(27)
Grãos frescos de cacau	Metilxantinas, catequina e procianidinas	SLE	HPLC-DAD-ESI-MS/MS	(34)
Nibs e casca de cacau	Teobromina, ácido cafeico, catequina e epicatequina	SLE	HPLC-MS	(32)
Grãos frescos, fermentados e líquido de cacau	Teobromina, cafeína, catequina, epicatequina	SLE	HPLC-UV-Vis	(35)
Grãos fermentados e Nibs	Teobromina, cafeína, antocianinas e flavan-3-óis	SLE	HPLC-ESI-MicroTOF-MS	(7)
Pó de cacau fermentado	Catequina e epicatequina	HPR	HPLC-DAD	(37)
Nibs e chocolate	Catequina, Epicatequina e procianidinas	SLE	RP-HPLC	(38)
Grãos de cacau	Catequina, epicatequina, procianidina B1 e B2	USAE	HPLC-DAD	(39)
Semente de cacau in-natura, grãos de cacau secos e cacau em pó	Flavan-3-ols, teobromina e cafeína	USAE	HPLC-DAD	(10)
Cacau em pó	Cafeína, teobromina e catequina	USAE	HPLC-FLD-DAD	(1)
Grãos de cacau não fermentados	Catequina, epicatequina, proantocianidina B2, proantocianidina C1, cinamtanino A2, prociantocianidinas B3 e B4	ELL	NP-HPLC-DPPH	(40)
Cacau em pó e chocolate	Catequina, Epicatequina, procianidina B1 e B2	ELL	HPLC-DAD	(41)
Grãos de cacau secos	Flavan-3-óis e proantocianidinas	ELL	RP-HPLC-DAD	(36)
Cacau em pó	Teobromina, cafeína, catequina epicatequina, proantocianidinas, flavan-3-ols	USAE	HPLC-DAD	(42)
Grãos de cacau cru	Teobromina e catequina	USAE	RP-HPLC	(5)

Fonte: Elaborado pelo autora

SLE - Solid-liquid extraction (extração sólido-líquido), USAE - Ultrasound-assisted extraction (extração assistida por ultrassom), HPR – Hot plate reactor (reator de placa quente), PLE - pressurized liquid extraction (extração de líquido pressurizado), ELL – liquid-liquid extraction (extração líquido-líquido), HPLC- high-performance liquid chromatography (cromatografia líquida de alta eficiência), RP - reversed-phase (fase reversa), NP – normal-phase (fase normal), ESI -electrospray ionization (ionização por electrospray), MS/MS- triple quadrupole mass spectrometry (espectrometria de massa triplo quadrupolo) , LC - liquid chromatography (cromatografia líquida); HRMS - nuclear magnetic resonance spectrometry (espectrometria de ressonância magnética nuclear), MicroTOF-MS - mass spectrometry by flight time (espectrometria de massa por tempo de voo), DAD- Diode array detector (detector de arranjo de diodos), FLD - fluorescence detection (detector de fluorescência), UV-Vis - Ultraviolet-Visible Detector (detector de Ultravioleta-visível)

CONCLUSÕES

Neste estudo, avaliamos os métodos analíticos cromatográficos, especialmente a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a detectores de arranjo de diodos (DAD) e fluorescência (FLD) para a separação de compostos bioativos em cacau e seus produtos derivados. Entendendo que para definir o melhor método para separação dos compostos de interesse é necessário avaliar e identificar as condições que melhoram a eficiência do método como as etapas do preparo de amostra, a composição da matriz a ser analisada, além de considerar variáveis como tempo, temperatura e pH do meio.

O conhecimento sobre a composição dos compostos bioativos do cacau está relacionado à aceitação dos produtos finais pelos clientes e ao desenvolvimento de alimentos funcionais à base de cacau. É de suma importância a avaliação de aspectos nutricionais para maior entendimento das reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante seu processamento, considerando que essas reações são as responsáveis por conferir aroma e sabor característicos ao chocolate e produtos derivados do cacau. Sendo assim, entendemos a necessidade de estudos sobre a ocorrência, presença e o comportamento de compostos bioativos ao longo do processamento do cacau, sobretudo quando diz respeito ao cacau brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

1. Razola-Diaz MC, Aznar-Ramos MJ, Verardo V, Melgar-Locatelli S, Castilla-Ortega E, Rodriguez-Perez C. Exploring the nutritional composition and bioactive compounds in diferente cocoa powders. *Antioxidants*. 2023; 12:716
2. De Souza, VR. Compostos bioativos e o processamento de pequenas frutas vermelhas cultivadas em clima subtropical [Tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2013
3. Voora, V, Bermúdez S, Larrea, C. Global Market Report: Cocoa. Sustainable commodities marketplace series 2019. The International Institute for Sustainable Development. Canadá; 2019

4. International Cocoa Organization. ICCO. The world cocoa market, 2021 [Internet]. 2021 [Acesso em 16 jun 2022]. Disponível em: <https://www.icco.org/economy/#market>
5. Ortiz S J, Chungara M, Ibieta G, Alejo I, Tejada L, Peralta C, et al. Theobromine, catechin, total antioxidante capacity and total phenolic content in representative samples of Bolivian Amazonian cacao and its comparison before and after the fermentation proces. *Revista boliviana de química*. 2019; 36:40-50.
6. Associação Brasileira da Indústria de chocolate, amendoim e balas. ABICAB. Mercado do cacau, [Internet]. 2022 [Acesso em 26 out 2022]. Disponível em: <https://www.abicab.org.br/paginas/chocolate/mercado/>
7. Frebianto NA, Zhu F. Comparison of bioactive components and flavor volatiles of diverse cocoa genotypes of *Theobroma grandiflorum*, *Theobroma bicolor*, *Theobroma subincanum* and *Theobroma cacao*. *Food Research International*. 2022;161:112003.
8. Collins CH, Braga GL, Bonato PS. Fundamentos de cromatografia. Campinas: Editora Unicamp, 2014.
9. Santos IA. Determinação do teor de sólidos de cacau para identificação de adulterações em chocolates [Dissertação]. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2020.
10. Becerra LD, Quintanilla-Carvajal MX, Escobar S, Ruiz RY. Correlation between color parameters and bioactive compound content during cocoa seed transformation under controlled process conditions. *Food Bioscience*, 2023; 53:102526.
11. Vásquez ZS, Neto DPC, Pereira G, Vandenberghe LPS, Oliveira PZ, Tibúrcio PB, et al. Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*. 2019; 90: 72-83.
12. Ramos-Escudero F, Casimiro-Gonzales S, Fernández-Prior A, Chávez KC, Gómez-Mendoza J, Fuente-Carmelino L, Muñoz A M. Colour, fatty acids, bioactive compounds, and total antioxidant capacity in commercial cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *LWT*. 2021; 147:111629.
13. Efraim P, Alves Ab, Jardim DCP. Revisão: Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. *Brazilian journal of food technology*.2011;14:181-201.
14. Martin AM, Goya L, Ramos S. Potential for preventive effects of cocoa and cocoa polyphenols in cancer. *Food and chemical toxicology*.2013; 56:336–351.
15. Tan J, Li R, Jiang Z, Tang S, Wang Y. Rapid and non-destructive prediction of methylxanthine and cocoa solid contents in dark chocolate by synchronous front-face fluorescence spectroscopy and PLSR. *Journal of Food Composition and Analysis*.2019;77:20-27.

16. Aprotosoaié AC, Luca SV, Miron A. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016; 15:73-91.
17. Tuentler E, Delbaere C, Winne AD, Bijttebier S, Custers D, Foubert K, et al. Non-volatile and volatile composition of West African bulk and Ecuadorian fine-flavor cocoa liquor and chocolate. *Food Research International*. 2020;130: 108943.
18. Becerra LD, Ruíz RY, Cortina JR, Quintadilla-Carvajal M X, Coy-Barrera E, Parra S E. Chemical Characterization of Quality-Related Compounds in Cocoa Matrices: An Overview of Analytical Methods Applied for Their Analysis. *Critical reviews in analytical chemistry*. 2021;53:689-717.
19. Álvarez CO, Pérez EE, Lares MC. Beneficio del cacao Criollo venezolano: variaciones em composición proximal, metilxantinas y polifenoles. *Rivar*. 2022;9:113-128
20. Ramirez-Sanchez I, Maya L, Ceballos G, Villarreal F. Fluorescent detection of (-)-epicatechin in microsamples from cacao seeds and cocoa products: Comparison with Folin-Ciocalteu method. *Journal of food composition and analysis*. 2010; 790-793.
21. Inácio HP. Efeito de diferentes métodos de extração sobre o perfil fenólico e potencial bioativo de resíduos obtidos do processamento do café (*Coffea arabica* L.) [Dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2022.
22. FERREIRA, Andreia Sobreiro. Validação da determinação de Teobromina em amostras de cacau e seus derivados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) [Dissertação]. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa; 2013.
23. Hernández-Hernández C, Viera-Alcaide I, Morales-Sillero AM, Fernández-Bolaños J, Rodríguez-Gutiérrez G. Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. *Food Chemistry*. 2018; 240:831-839.
24. Febrianto NA, Zhu F. Diversity in composition of bioactive compounds among 26 cocoa genotypes. *Jornal of agricultural and food chemistry*. 2019; 67:9501-9509.
25. Silva PD. Determinação de compostos fenólicos por HPLC [Dissertação]. Covilhão: Universidade da Beira Interior; 2012.
26. Rebollo-Hernanz M, Cañas S, Taladrid D, Benítez, V, Bartolomé B, Aguilera, Y, et al. Revalorization of coffee husk: Modeling and optimizing the green sustainable extraction of phenolic compounds. *Foods*. 2021; 10:653.
27. Rodrigues AAS. Aplicação de diferentes metodologias para extração da teobromina e cafeína em amostras de chocolates com distintas porcentagens de cacau por cromatografia líquida [Trabalho de conclusão de curso]. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2022.
28. Hu SJ, King BY, Baik MY. Physicochemical properties and antioxidant capacity of raw, roasted and puffed cacao beans. *Food Chemistry*. 2016; 194:1089-1094.

29. Coentrão PAM. Avaliação de três técnicas de isolamento de polifenóis: aplicação em amostras de chocolate meio amargo [Dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2005.
30. Nascimento MM. Estratégias analíticas para determinação de metilxantinas e flavonoides em amostras de chocolates artesanais com diferentes teores de cacau [Dissertação]. Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz; 2016.
31. Peláez PP, Bardón I, Camasca P. Methylxanthine and catechin content of fresh and fermented cocoa beans, dried cocoa beans, and cocoa liquor. *Scientia agropecuária*. 2016; 7:355-365.
32. Hernandez-Hernandez C, Morales-Sillero A, Fernandez-Bolanos J, Bermudez-Oria A, Morales A A, Rodriguez-Gutierrez, G. Cocoa bean husk: Industrial source of antioxidant phenolic extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019; 99:325-333.
33. Marcucci M C, Silva A G F, Gonçalves C P, Sawaya A C H F, Alonso R C B, Oliveira M M, et al. Parâmetros de qualidade, teores de cafeína e teobromina e atividade antioxidante de chocolate artesanal e comercial do Brasil. *Open Access Library Journal*. 2021; 8:1-18.
34. Toro-uribe S, Ibeañez E, Decker E A, Villamizar A R, Lopez L J. Food-Safe process for hinc recovery of flavonoids from cocoa beans: Antioxidant and HPLC-DAD-ESI-MS/MS analysis. *Antioxidants*. 2020; 9:364.
35. Peláez P P, Bardón I, Camasca P. Methylxanthine and catechin content of fresh and fermented cocoa beans, dried cocoa beans, and cocoa liquor. *Scientia agropecuária*. 2016;7:355-365.
36. Febrianto N A, Zhu F. Intravariety diversity of bioactive compounds in trinitário cocoa beans with diferente degrees of fermentation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2019; 67:3150-3158.
37. Alean J, Maya J C, Chejne F, Ramírez D, Valdés C F, Marrugo G, et al. Release of phenolic compounds from fermented cocoa powder during fast heating in a novel hot plate reactor. *Food research international*. 2023; 170:112979.
38. Salvador I, Massarioli AP, Silva AP, Malaguetta H, Melo, OS, Alencar SM. Can we conserve trans-resveratrol content and antioxidant activity during industrial production of chocolate?. *Journal of the science of food and agriculture*. 2018; 99:83-89.
39. Quiroz-Reyes CN, Aguilar-Méndez MÀ. Continuous ultrasound and pulsed ultrasound: Selective extraction tools to obtain enriched antioxidants extracts from cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Innovative food Science & Emerging Technologies*. 2022; 80:103095.
40. Pedan V, Fischer N, Rohn S. An online NP-HPLC-DPPH method for the determination of the antioxidant activity of condensed polyphenols in cocoa. *Food research international*. 2016; 89: 890-900.

41. González-Barrio R, Nuñez-Gomez V, Cienfuegos-Jovellanos E, Garcia-Alonso F J, Periago-Castón M. Improvement of the flavonol Profile and the antioxidante capacity of chocolate using a phenolic rich cocoa powder. *Foods*. 2020; 9:189.

42. Samaniego I, Espín S, Quiroz J, Ortiz B, Carrillo W, García-Viguera C, Mena P. Effect of the growing area on the methylxanthines and flavan-3-ols content in cocoa beans from Ecuador. *Journal of food composition and analysis*. 2020; 88:103448.



Capítulo 02

DOI: 10.53934/08082023-02

**MICROBIOTA DE RAÇAS BOVINAS NATURALIZADAS:
EXPLORANDO BANCOS GENÉTICOS E APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR, UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

Nayana Ribeiro Soares *; Cíntia Silva Minafra e Rezende ; Clarice Gebara
Muraro Serrate Cordeiro Tenório ; Suzane Martins Ferreira ; Vania Silva
Carvalho 

*Suzane Martins Ferreira (Corresponding author) – Email:
suzane.ferreira@ifgoiano.edu.br

Resumo: O presente estudo, teve por objetivo realizar uma revisão de literatura abordando a microbiota do leite cru de raças bovinas naturalizadas, como Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro, permitindo ampliar a valorização dos rebanhos, seu uso como bancos genéticos específicos de microrganismos com atenção à possível aplicação tecnológica de populações microbianas presentes no úbere e leite destas raças. O relatório da Organização das Nações Unidas, Agenda 2030, destaca a importância da preservação da diversidade das espécies animais para a produção de alimentos e a segurança alimentar, no entanto, a falta de critérios adequados para o melhoramento genético levou à redução significativa e até mesmo ao quase desaparecimento dessas raças locais, a preservação das raças bovinas locais, como o Curraleiro Pé-Duro e o Pantaneiro, é fundamental para a segurança alimentar e a conservação dos recursos genéticos. Além disso, o estudo da microbiota do leite cru dessas raças contribui para a compreensão da composição e qualidade do leite, bem como para a promoção de práticas de manejo adequadas.

Palavras-chave: bactérias ácido láticas; microbiota; raças locais

Abstract: The present study aimed to conduct a literature review on the microbiota of raw milk from naturalized cattle breeds, such as Curraleiro Pé-Duro and Pantaneiro, in order to enhance the value of these herds and explore their potential as specific genetic banks of microorganisms, with a focus on the technological application of microbial populations present in the udder and milk of these breeds. The United Nations report, Agenda 2030, emphasizes the importance of preserving the diversity of animal species for food production and food security. However, the lack of appropriate criteria for genetic improvement has led to a significant reduction and even near extinction of these local breeds. Preserving local cattle breeds like Curraleiro Pé-Duro and Pantaneiro is essential for food security and the conservation of genetic resources. Furthermore, studying the microbiota of raw milk from these breeds contributes to understanding milk composition and quality, as well as promoting appropriate management practices.

Keywords: lactic acid bacteria; microbiota; local breeds

INTRODUÇÃO

No relatório da Organização das Nações Unidas, Agenda 2030(1), os representantes de governos expuseram a necessidade de estruturação de estratégias para a manutenção da diversidade das espécies animais existentes, como subsídio à produção de alimentos e diminuição do número de pessoas subalimentadas. Entende-se que a busca por manutenção de recursos genéticos no âmbito da produção animal ou de comunidades microbianas instaladas nos diversos habitats das espécies animais, perpassa pela necessidade do planeta de buscar alternativas para manutenção da segurança alimentar cuja ação precípua é prover alimento em quantidade e em qualidade.

Dentre os recursos genéticos disponíveis para a pecuária, destacam-se os bovinos de raças locais, que descendem de raças ibéricas introduzidas no Brasil durante o período da colonização pelos portugueses e espanhóis, sofreram um processo de seleção natural imposto pelo clima, enfermidade, disponibilidade de alimento e intervenção humana (2,3,4).

A diversidade dos recursos genéticos animais é de extrema importância para suprir as necessidades humanas básicas de alimento (5). Aproximadamente 70% da população pobre do mundo dependem do gado para sua sobrevivência (6).

Cerca de 7.000 raças de animais são criadas por agricultores e pastores, representando hoje combinações únicas de genes. Entretanto, a ausência de critérios sobre o melhoramento genético em questão, resultou na redução significativa e até no quase desaparecimento de algumas raças locais brasileiras, como Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro (7,8). Tais raças receberam uma atenção especial da rede de pesquisa Pró-Centro-Oeste Caracterização, Conservação e uso das Raças Bovinas Locais Brasileiras: Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro, criada para promover a conservação e uso sustentável dos recursos naturais do Cerrado e Pantanal (9).

Conhecido no Nordeste como Pé-Duro e no Centro-Oeste como Curraleiro o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 2012, por publicação da portaria nº 1.150, de 14 de dezembro de 2012, reconheceu a raça como “Curraleiro Pé-Duro” (10). Devido aos resultados de pesquisas genéticas. O parentesco entre os dois rebanhos comprovou a existência de características comuns, entretanto, a principal diferença observada é devido ao isolamento geográfico entre eles (11). A partir disso, a Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Curraleiros Pé-Duro (ABCPD) recebeu o direito de realizar trabalhos, ressaltando a importância desses animais, priorizando a conservação genética dos mesmos (12).

1.1 Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro

A raça Curraleiro Pé-Duro origina-se da união das raças Alentajana e Galega, que são raças portuguesas e estão adaptadas às condições do Cerrado e Semiárido (ao calor e à seca), sendo dócil, resistente e rústica. Possui um baixo custo de produção, pois são bovinos criados no regime extensivo possuindo baixo controle sanitário e sem alimentação específica (13,14,15).

São animais pequenos, com o macho apresentando altura e pesos médios de 1,13m e 395 kg e as fêmeas 1,17m e 253 kg, possuem pelagem de cor variada sendo a mais comum a vermelha clara com extremidades escuras, chifres em forma de coroa e curto, barbela reduzida e orelha pequena. Possuem habilidade materna e mesmo a produção de leite sendo baixa beneficia famílias rurais que criam esses animais como fonte de alimento e de geração de renda (16).



Figura 1 - Exemplos de bovinos Curraleiro Pé-Duro.

Fonte: Rede Pró-Centro Oeste Caracterização, Conservação e Uso das Raças Bovinas

Locais Brasileiras: Curraleiro e Pantaneiro.

Outra raça local é o bovino Pantaneiro, Tucura ou Cuiabano, esses animais descendem de raças ibéricas dos primeiros bovinos europeus vindos ao Brasil. A adequação ao ambiente do Pantanal ocorreu de forma natural com o passar dos anos e a disseminação sucedeu-se após a abertura da rota entre Assunção (Paraguai) e Lima (Peru), através dos imigrantes que levavam consigo seus animais (17,18).

Observando a necessidade de conservação desta raça, pesquisadores e criadores da Embrapa desenvolveram a ABCBP no ano de 2012. A associação tem se esforçado para ter o reconhecimento do rebanho como raça de interesse zootécnico pelo governo brasileiro e conservação da raça junto ao MAPA. Assim intensificando a produção e valorizando a riqueza cultural da região, além de promover uma maior utilização desses bovinos na pecuária (19,20,21).

Assim como o Curraleiro Pé-Duro, o bovino Pantaneiro tem características de animais rústicos de pequeno a médio porte, capacidade de reprodução considerável mesmo em condições térmicas estressantes, sendo as fêmeas sexualmente precoces comparando com outras raças, possui chifres curtos e finos, pelagem predominante amarelo avermelhada com pelos mais claros na região dorsal e ventral (22,23,24). Apesar de muito esforço, os bovinos das raças Pantaneiro ainda sofrem o risco de extinção, avalia-se que exista cerca de 500 exemplares (25).



Figura 2- Exemplares de bovinos Pantaneiro.

Fonte: Rede Pró-Centro Oeste Caracterização, Conservação e Uso das Raças Bovinas Locais Brasileiras: Curraleiro e Pantaneiro

Algumas pesquisas já foram realizadas com o intuito de caracterizar as raças Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro, antes da Rede Pró-Centro-Oeste de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação, que foi instituída no ano de 2009 por meio da Portaria MCT-MEC nº 1.038 de 10 de dezembro de 2009. Essas pesquisas visavam analisar as raças quanto à origem, perfil sanitário, adaptação, comportamento e inserção social dos criadores (26,27,28), porém, em relação ao leite detectou-se escassez de informações quanto à produção e qualidade. Por esse motivo o desejo de conhecer, compreender e caracterizar a microbiota do leite aumentou significativamente na última década (29,30,31).

1.2 Microbiota do Leite Cru

O leite é definido como a secreção das glândulas mamárias, sendo sua função primária e natural a nutrição. As ações biológicas do leite decorrem da presença de células imunes e de uma variedade de moléculas, incluindo açúcares, nucleotídeos, lipídeos, imunoglobulinas, proteínas, substâncias com características antimicrobianas, e outras substâncias que são influenciadas durante o processo de síntese do leite na glândula mamária e micro-organismos (32,33,34).

Devido à sua importância para a saúde animal e suas correlações com a qualidade, o MAPA, por intermédio da Instrução Normativa nº62 e Instrução Normativa nº07, estabelece como forma de avaliação a Contagem de Células Somáticas (CCS), a composição centesimal, aspectos microbiológicos e resíduos de antibióticos (35).

Relativo a microbiota do leite cru, deve-se considerar que ela tem características específicas, decorrentes da alimentação, do ambiente, do estado sanitário dos animais e, sobretudo, dos tipos de microrganismos que habitam o úbere, compondo um rico sistema ecológico ou microbioma. Desta forma, vários estudos têm sido estruturados com o propósito de analisar a microbiota do leite e suas inter-relações com a qualidade do alimento, dos animais e prováveis ações na saúde dos consumidores. A identificação do microbioma, permite definir microrganismos presentes no leite (36,37), além da modulação com outros sistemas de interface à composição do leite cru, como o microbioma do rúmen, por exemplo (38).

Um grupo de bactérias encontrada na microbiota do leite são as Bactérias Ácido Láticas (BAL), que estão presentes na natureza e em pequenas quantidades na microbiota inicial de alimentos ricos em proteínas, carboidratos e vitaminas, sendo esses, na maioria das vezes produtos lácteos, originando-se principalmente de leite cru e culturas iniciais endógenas (39,40).

Este grupo de bactérias é composto pelos gêneros *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Melissococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Weissella*, *Microbacterium*, *Bifidobacterium* e *Propionibacterium* (41), porém no estudo do genoma dessas bactérias e das características fisiológicas, demonstram que poderiam existir cerca de 20 gêneros de BAL (42).

As BAL apresentam características comuns, tanto morfológicas, fisiológicas, metabólicas e bioquímicas, são classificadas como Gram-positivas, não esporuladas, desprovidas de citocromo, catalase e oxidase negativa, apresentam-se na forma de cocos ou bacilos, microaerófilas e anaeróbias facultativas, ácido tolerantes, e com metabolismo estritamente fermentativo, sintetizam vários compostos antimicrobianos, incluindo ácidos orgânicos, sendo o principal produto da fermentação o ácido lático. Geralmente são mesófilas, tendo a temperatura ótima de crescimento entre 30°C a 35°C, contudo é capaz de se desenvolver numa ampla faixa de temperatura entre 5°C e 45°C (43,44,45).

Estas bactérias toleram com facilidade baixos valores de pH e possuem metabolismo estritamente fermentativo, podendo ser classificadas como homofermentativas e heterofermentativas, de acordo com o produto final da fermentação que é originado. As bactérias homofermentativas produzem ácido lático como produto final da fermentação e nesta classificação estão incluídos os gêneros *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* e *Pediococcus*. Já as heterofermentativas produzem ácido lático, dióxido de carbono, ácido acético e etanol, com isso são responsáveis pelo desenvolvimento da acidez dos produtos e também pelo aparecimento de aromas e sabores específicos. As bactérias classificadas como heterofermentativas são: *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Carnobacterium* e *Lactosphaera* (46,47,48).

Dentre todos os gêneros identificados o *Streptococcus* com o avanço da Biologia Molecular foi subdividido em três grupos: *Streptococcus* que corresponde a maioria das espécies conhecidas, *Enterococcus* spp., para o grupo de estreptococos entéricos e *Lactococcus* spp., para os estreptococos lácteos.

O gênero *Enterococcus* spp. abrange bactérias que fazem parte da microbiota natural do trato gastrointestinal de animais e humanos, sendo também encontrado em água, solos e alimentos. Algumas espécies são patogênicas sendo as mais frequentes *E. faecalis* e *E. faecium*. Na indústria de alimentos os *Enterococcus* são utilizados como cultura *strater* e probióticos, desenvolvendo características organolépticas e contribuindo para o balanço da microbiota intestinal, tratando gastroenterites em humanos e animais (49).

As BAL têm atividade antagonista sobre outros microrganismos, essa atividade ocorre por inúmeros mecanismos, como exemplo competição por nutrientes e sítios de adesão, sensibilidade às interações microbianas e produção de substâncias inibitórias, sendo as principais os ácidos orgânicos (lático, acético e propiônico), diacetil, dióxido de carbono,

peróxido de hidrogênio, substâncias antimicrobianas de baixo peso molecular e bacteriocinas (50,51).

A diversidade microbiana do leite cru de diferentes espécies representa um vasto ecossistema, com exploração infinita considerando a abordagem microbiológica quanto às ciências ômicas (52). Para o leite de origem bovina, acredita-se que este ecossistema, mais amplo que a centralização em bactérias ácido lácticas, possa estar relacionado inclusive à raças específicas. O que aponta para recursos genéticos de origem animal com potencial uso de populações bacterianas menos conhecidas ou em menor densidade, que são dificilmente identificadas em culturas pela diversidade, interação e dinâmica populacional.

As recentes premissas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (53) (FAO) quanto à regionalização, produção de alimentos, segurança alimentar e desenvolvimento humano, congregam eficiência para produção, combate à exclusão social, desinformação, fome, como forma de valorizar a população mundial, principalmente aquela que está marginalizada ao acesso ao alimento. Tais apontamentos, recaem na necessidade de buscar soluções à exploração animal, à elaboração de alimentos com subprodutos, ao estudo de novas situações de exploração quanto aos rebanhos mundiais e à manutenção destes e novos recursos.

Por tais afirmações, objetivou-se com o presente estudo realizar uma revisão de literatura abordando a microbiota do leite cru de raças bovinas naturalizadas, como Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro, permitindo ampliar a valorização dos rebanhos, seu uso como bancos genéticos específicos de microrganismos com atenção à possível aplicação tecnológica de populações microbianas presentes no úbere e leite destas raças.

CONCLUSÕES

O estudo da microbiota do leite interpõe um novo significado a esta matriz alimentar. Não se deve analisar o ecossistema leite, do ponto de vista microbiológico e físico-químico, como sendo unicamente um fator a resguardar a saúde pública, quanto aos atributos nutricionais, composicionais e biológicos.

Compreender a microbiota do leite de raças consideradas genuinamente recursos genéticos locais e ineficientes à produção láctea, refere-se à valorização dos rebanhos, dos indivíduos envolvidos, dos microrganismos identificados.

Do ponto de vista da medicina veterinária e da ciência de alimentos, identificar quais micro-organismos estão presentes no leite cru relaciona-se ao moderno contexto da saúde única: saúde do homem, do animal e do ambiente.

Sem dúvida, há um novo campo de pesquisa a ser sugerido: explorar bactérias presentes no leite de rebanhos reconhecidamente nacionais e ineficientes para a produção de leite, porém preciosos para aplicação terapêutica e produção de produtos lácteos e cárneos.

REFERÊNCIAS

1. Organização das Nações Unidas – ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável [online]. [acesso em 31 de janeiro de 2018]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>

2. Egito AA, Juliano RS, Fioravanti MC. Ferramentas moleculares para a gestão, uso e conservação das raças Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro. I Simpósio Internacional de Raças Nativas: Sustentabilidade e Propriedade Intelectual; Teresina, PI. 2015.
3. Sola MC. Características do Leite e Sanidade da Glândula Mamária de Bovinos Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro. [Tese]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2015.
4. Félix GA, Piovezan U, Juliano RS, Silva MC, Fioravanti MCS. Potencial de uso de raças bovinas locais brasileiras: Curraleiro Pé-Duro e Pantaneiro. Enciclopédia Biosfera [online]. 2013;9(16):1715
5. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture – in brief. Rome, 39 p., 2007.
6. Fioravanti MCS, Juliano RS, Costa GL, Abud LJ, Cardoso VS, Carpio MG, C MFO. Conservación del bovino Curraleiro: cuantificación del censo y caracterización de los criadores. Anim Genet Resour. [online]. 2011; 48: 109-16.
7. Fioravanti MCS, Neiva ACG, Moura MI, Costa MFO, Monteiro EP, Sereno JRB. Kalungas e Curraleiro Pé-Duro: O resgate de uma tradição. Revista UFG [online]. 2012; 13 [citado em 2015 Mai 11].
8. McManus C, Abreu UG, Santos S, Melo CB, Louvandini H. Bovino Pantaneiro. Série técnica: Genética. INCT: Informação Genético-Sanitária da Pecuária Brasileira. 2010.
9. Brasil. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Portaria nº 1.150, de 14 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a raça de bovinos denominada Curraleiro Pé-Duro. [acesso 28 de janeiro de 2018]. Disponível em http://www.editoramagister.com/legis_24062238_PORTARIA_N_1150_DE_14_DE_DEZ_EMBRO_DE_2012.aspx
10. Carvalho GMC, Fé da Silva LR, Almeida MJO, Lima Neto AF, Beffa LM. Avaliações fenotípicas da raça bovina Curraleiro Pé-Duro do Semiárido do Brasil. Arch. Zootec. [online]. 2013; 62(237).
11. Fioravanti MCS, Silva MC, Paulini F, Lopes FB, Sereno JRB. A heterogeneidade dos sistemas de produção agropecuários e da paisagem: um ponto de partida para compreender a conservação de recursos genéticos animais. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer [online], Goiânia, 2013; 9(16).
12. Fioravanti MCS, Paula Neto JB, Juliano RS, Nunes ACB, Lobo JR, Borges AC, Sereno JR, Miguel MP. Valores hematológicos de bovinos sadios da raça curraleiro pé duro (bos taurus): efeito da idade, sexo e gestação. Actas Iberoamericanas en Conservación Animal [online]. 2016; 7:8-15.
13. Carvalho J H. Potencial econômico do bovino Pé-Duro. Teresina: Embrapa, documentos. 2002; 65:1-16.
14. Fioravanti MCS, Neiva ACG, Moura MI, Costa MFO, Monteiro EP, Sereno JRB. Kalungas e Curraleiro Pé-Duro: O resgate de uma tradição. Revista UFG [online]. 2012.

15. Bianchini E, Mcmanus C, Lucci CM, Fernandes MCB, Prescott E, Mariante AS, Egito AA. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira [online], Brasília. 2006; 41(9):1443-1448.
16. Juliano RS, Fioravanti MCS, Abreu UGP, Sereno JRB, Jacomini L. A situação sanitária de bovinos Pantaneiros: Brucelose e tuberculose. Embrapa Pantanal Circular Técnica, Corumbá. 2007; (70): 1-4.
17. Mazza MCM, Mazza, CAS, Sereno JRS, Santos AS, Moura AC. Phenotypical characterization of Pantaneiro cattle in Brazil. Archivos de Zootecnia, Cordoba [online]. 1992; 41(154):477-484.
18. Juliano RS, Ramos AF, Santos AS, Abreu UGP. Análise de características reprodutivas indicadoras de puberdade em tourinhos Pantaneiro. Arch. Zootec. [online]. 2011; 60(231):325-328
19. Dichoff N. Bovino Pantaneiro reúne resistência e produtividade. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2086467/bovino-pantaneiro-reune-resistencia-e-produtividade> [acesso 28 de janeiro de 2018].
20. Rezende MPG, Luz DF, Ramires GG, Oliveira NM, Barbosa Filho JA, O MVM. Caracterização zoométrica de novilhas remanescentes da raça Pantaneira. Cienc. Rural [online]. 2012;44(4):706-9
21. Abreu UGP, Santos AS, Sereno JRB, McManus C. Caracterização fenotípica e genética da precocidade sexual do bovino pantaneiro. Arch Zootec [online]. 2007, 56:1-5.
22. Mazza MCM, Mazza CAS, Sereno JRB, Santos SA, Pellegrin AO. Etnobiologia e conservação do bovino pantaneiro. Embrapa Pantanal: 1994. [acesso 28 de janeiro de 2018]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/783931/etnobiologia-e-conservacao-do-bovino-pantaneiro>
23. Marques Junior HR, Juliano RS, Abdo Y. Bovino Pantaneiro: retrospectiva histórica e fomento à raça. Unbral Fronteiras [online]. 2012; 42: 71-86.
24. Castanheira M, McManus CM, Paula Neto JB, Costa MJRP, Mendes FDC, Sereno JRB, Bértoli CD, Fioravanti MCS. [Maternal offspring behaviour in Curraleiro Pé Duro naturalized cattle in Brazil]. R. Bras. Zootec. [online]. 2013; 42(8), 584-91.
25. Neiva ACGR. Caracterização socioeconômica da comunidade quilombola Kalunga e proposta de reintrodução do bovino Curraleiro como alternativa de geração de renda. [Tese]. 2009. Universidade Federal de Goiás. 138f.
26. Brito JRF, Souza GN, Faria CG, Moraes LCD. Normas para coleta e envio de amostras de leite do rebanho para determinação dos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais, contagem de células somáticas e contagem total de bactérias. Embrapa Gado de Leite, 2012. Disponível em: www.cnp.gl.embrapa.br/nova/produto_serv/.../Manual_Coleta.pdf [acesso 28 de janeiro de 2018].
27. Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford TP, Ross RP, Fitzgerald GF, Cotter FM. [The complex microbiota of raw milk]. FEMS Microbiol. Rev. [online] 2013; 37: 664–698.

28. Perkins NR, Kelton DF, Hand KJ, MacNaughton G, Berke O, Leslie KE. [An analysis of the relationship between bulk tank milk quality and wash water quality on dairy farms in Ontario, Canada]. *J Dairy Sci.* [online]. 2009; 92(8):3714-22.
29. Ye A. Functional properties of milk protein concentrates: Emulsifying properties, adsorption and stability of emulsions. *Int. Dairy J.*[online] 2011; 21:14-20.
30. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. [Dairy Science and Technology]. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 763p.
31. Boehm G, Moro G. J. [Structural and functional aspects of prebiotics used in infant nutrition]. *Nutr.* [online]. 2008; 138:1818S–1828S.
32. Penttila IA. [Milk-derived transforming growth factor-beta and the infant immune response]. *J. Pediatr.* [online]. 2010; 156:S21–S25.
33. Walker, AJ. [Breast milk as the gold standard for protective nutrients]. *Pediatr.* [online]. 2010; 156:S3–S7.
34. Perez PF, Dore´ J, Leclerc M, Levenez F, Benyacoub J, Serrant P, Segura-Roggero I, Schiffrin EJ, Donnet-Hughes A. [Bacterial imprinting of the neonatal immune system: lessons from maternal cells?]. *Pediatrics* [online]. 2007; 119:e724–e732.
35. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 07 de 03 de maio de 2016. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de mai. de 2016, Seção 1, p.11.
36. Delbès C, Ali-Mandjee L, Montel MC. [Monitoring bacterial communities in raw milk and cheese by culture-dependent and -independent 16S rRNA gene-based analyses]. *Appl. Environ. Microbiol.* [online]. 2007; 73:1882–1891.
37. Kuehn JS, Gorden PJ, Munro D, Rong R, Dong Q, Plummer PJ, Wang C, Phillips GJ. [Bacterial community profiling of milk samples as a means to understand culture-negative bovine clinical mastitis]. *PLoS One* [online]. 2013; 8:e61959.
38. Jami E, White BA, Mizrahi I. [Potential Role of the Bovine Rumen Microbiome in Modulating Milk Composition and Feed Efficiency]. *PLoS One* [online]. 2014; 1-7.
39. Souza, G.N. et al. Variação da contagem de células somáticas em vacas leiteiras de acordo com patógenos da mastite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2009; 61(5): 1015-1020.
40. Camargo CAP, Muñoz YG, Muñoz A, et al. Evaluación de la susceptibilidad antibiótica de bacterias ácido lácticas aisladas de productos cárnicos fermentados. *Agronomía Colombiana* 34(1Supl.), 2015; S1312-S1314.
41. Paixão LA, Castro, FFA. A colonização da microbiota intestinal e sua influência na saúde do hospedeiro. *Universitas: Ciências da Saúde*, Brasília. 2016; 4(1):85-96.

42. Furtado DN. Isolamento de bactérias lácticas produtoras de bacteriocinas e sua aplicação no controle de *Listeria monocytogenes* em queijo fresco de leite de cabra. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2010.
43. Castro RD, Luiz LMP, Sandes SHC, et al. [Isolation and identification of lactic acid bacteria from Brazilian Minas artisanal cheese, CyTA]. *Journal of Food*. 2016; 15(1):125-128.
44. Mayo B, Aleksandrak – Piekarczyk T, Fernández M, et al. Updates in the Metabolism of Lactic Acid Bacteria. In: Mozzi, F., Raya, R.R., Vignolo, G.M. (Eds.), [Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications]. Blackwell Publishing, USA. 2010; 3-33.
45. Massaguer PR. *Microbiologia dos processos alimentares*. São Paulo: Varela, 2006; 258.
46. Pfeiler E, Bitler BG, Castrezana S, et al. [Genetic diversification and demographic history of the cactophilic pseudoscorpion *Dinocheirus arizonensis* from the Sonoran Desert]. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52. 2009;133–141.
47. Lyhs U. [Lactic acid bacteria associated with the spoilage of fish products. 2002]. 81 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária) – Faculty of Veterinary Medicine, University of Helsinki, Finlândia, 2002.
48. Jay JM. *Microbiologia de Alimentos*. Tradução de Eduardo César Tondo, et al. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
49. Reffuveille et al. [Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application]. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam. 2012; 156:7-17.
50. Ali M, et al. [Stress-dependent proteolytic processing of the actin assembly protein Lsb1 modulates a yeast prion]. *J Biol Chem*. 2014; 289(40):27625-39.
51. Castellano P, Belfiore C, Fadda S, et al. [A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina]. *Meat Science*. 2008; 79: 483-499.
52. Rouse S, Sun F, Vaughan A, et al. [Highthroughput isolation of bacteriocin-producing lactic acid bacteria, with potential application in the brewing industry]. *J Inst Brew*. 2007; 113:256–262.
53. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017*. Roma, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-I7695s.pdf> [acesso 28 de janeiro de 2018].



Capítulo 03

DOI: 10.53934/08082023-03

**MÉTODOS QUÍMICOS DE MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEOS
ESSENCIAIS PARA ADIÇÃO EM REVESTIMENTOS EM FRUTAS E
VEGETAIS: REVISÃO DE LITERATURA**

Vanessa Caroline de Oliveira *; Nataly de Almeida Costa ; Maria José do Amaral e Paiva ; Isabela Soares Magalhães ; Daniele Juliana Rodrigues Gonçalves 
Érica Nascif Rufino Vieira ; Fabrícia Queiroz Mendes 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Resumo: Frutas e vegetais frescos são um dos grupos alimentares mais procurados em todo o mundo pra quem quer manter um estilo de vida saudável devido aos seus altos valores nutricionais e sabores desejáveis. Apesar disso, esses alimentos são suscetíveis a vários problemas de qualidade pós-colheita, como perda de peso, amadurecimento excessivo, podridão, e fragilidade a distúrbios fisiológicos. As pesquisas apresentadas nesta revisão, buscaram melhorar a capacidade de armazenamento e o prolongamento da vida útil dos frutos com foco em aplicação de revestimentos adicionados de óleos essenciais (OEs) microencapsulados. Os OEs são compostos de substâncias orgânicas voláteis e semivoláteis, apresentando características de instabilidade e facilidade de degradação se forem expostos aos fatores externos como o calor, luz e oxidação. A microencapsulação de OEs por métodos químicos (nanoemulsão/emulsão, gelificação iônica, coacervação complexa e por lipossomas) apresentam uma alta eficiência e maior biodisponibilidade, prevenindo a exposição dos OES e preservando seus compostos bioativos, criando uma barreira física, mas facilitando a sua liberação controlada quando são adicionados nos revestimentos. Pesquisas demonstraram potencial para utilização de OEs microencapsulados em revestimentos para controlar a incidência de infecção por diversos tipos de microrganismos, frutos revestidos tiveram pontuações mais altas em análises sensoriais, a perda de peso e alteração na textura foram diminuídos, uma melhor retenção de cor foi observada e uma menor taxa respiratória nos frutos tratados. São boas as perspectivas futuras para a aplicação de revestimento adicionados de OEs microencapsulados em frutas e vegetais sendo alternativas para melhorar a qualidade dos frutos.

Palavras-chave: conservação; processos químicos; micropartículas; OEs; pós-colheita

Abstract: Fresh fruits and vegetables are one of the most sought-after food groups worldwide for those who want to maintain a healthy lifestyle due to their high nutritional values and desirable flavors. Despite this, these foods are susceptible to various postharvest quality problems, such as weight loss, overripeness, rot, and fragility to physiological disorders. The research presented in this review sought to improve the storage capacity and extend the shelf life of fruits with a focus on the application of coatings added with microencapsulated essential oils (OEs). EOs are composed of volatile and semi-volatile

organic substances, presenting characteristics of instability and ease of degradation if exposed to external factors such as heat, light, and oxidation. The microencapsulation of EOs by chemical methods (nanoemulsion, ionic gelation, complex coacervation, and by liposomes) presents a high efficiency and greater bioavailability, preventing the exposure of the EOs and preserving their bioactive compounds, creating a physical barrier, but facilitating their controlled release when are added to coatings. Research has shown potential for using microencapsulated EOs in coatings to control the incidence of infection by various types of microorganisms, coated fruits scored higher in sensory analyses, weight loss and change in texture was decreased, better color retention was observed, and a lower respiratory rate in treated fruits. The future perspectives for the application of coatings added with microencapsulated EOs in fruits and vegetables are good, being alternatives to improve the quality of the fruits.

Keywords: conservation; chemical methods; microparticles; OEs; postharvest

INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OEs) são líquidos, aromáticos e podem ser sintetizados por todas as partes da planta, como por exemplo, em flores, brotos, folhas, galhos, caules, frutos, sementes, raízes, cascas ou madeira, sendo armazenados em células secretoras, cavidades, canais, em células da epiderme ou tricomas glandulares (1, 2). São extraídos por meio de vapor ou destilação (3). Segundo a Resolução - RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007 (4), os OEs são considerados produtos voláteis de origem vegetal obtidos por processo físico (destilação por arraste com vapor de água, destilação a pressão reduzida ou outro método adequado). Os OEs são caracterizados também como misturas complexas de substâncias de baixo peso molecular. Apresentam características de alta volatilidade e responsáveis por sabores, aromas e várias atividades biológicas como antifúngica, antimicrobiana, inseticida e outras (5).

A Food and Drug Administration (FDA) considera os OEs e seus constituintes bioativos como Geralmente Reconhecido como Seguro (GRAS), como soluções ecológicas e naturais, com características antioxidantes, não deixando resíduos em produtos, como os alimentos frescos (6,7,8).

Algumas limitações são observadas para a utilização de OEs em alimentos, devido aos fortes sabores pertencentes a essas substâncias, que na sua maioria, são ricas em terpenos e outros compostos. Essa limitação tem que ser levada em consideração ao uso de quantidades desses OEs, pois elevadas quantidades podem ser necessárias para aumentar a eficácia antimicrobiana, mas podem gerar problemas em relação ao limite sensorial para os consumidores (9). Dessa maneira, a técnica de microencapsulação estabelece um equilíbrio para as variáveis de eficiência nos efeitos antimicrobianos e nas características sensoriais (10).

A incorporação de OEs em revestimentos podem ser uma alternativa para controle de podridões, mas seu impacto na fitotoxicidade tem que ser avaliado. Quando são incorporados aos revestimentos, a cinética de liberação do princípio ativo é modulada. Uma maior concentração do agente antimicrobiano é mantida na superfície da fruta por mais tempo, inibindo também a fitotoxicidade ao impedir contato direto do OE com a casca do

fruto pela técnica de microencapsulação (11). Altas perdas de óleo essencial foram observadas, durante a secagem das emulsões aquosas que formam os filmes, onde a emulsão foi desestabilizada e houve a evaporação do OE por arraste de vapor na superfície do filme (12). Essas perdas foram diminuídas com a microencapsulação em substâncias anfifílicas, utilizando lecitina, que aprisionaram os compostos dos OEs em estruturas de lipossomas (13,14).

Microencapsulação

Os processos de microencapsulamento de OEs abrangem várias áreas das ciências, envolvendo a físico-química, a química coloidal, química de polímeros e materiais e tecnologias de suspensão e secagem (15, 16). Com o surgimento e aprimoramento de várias técnicas de microencapsulamento ao longo do tempo, o encapsulamento foi definido em métodos químicos e físicos (17, 18, 19, 20). Na Figura 1 estão todos os métodos físicos e químicos utilizados para encapsulação de óleos essenciais.

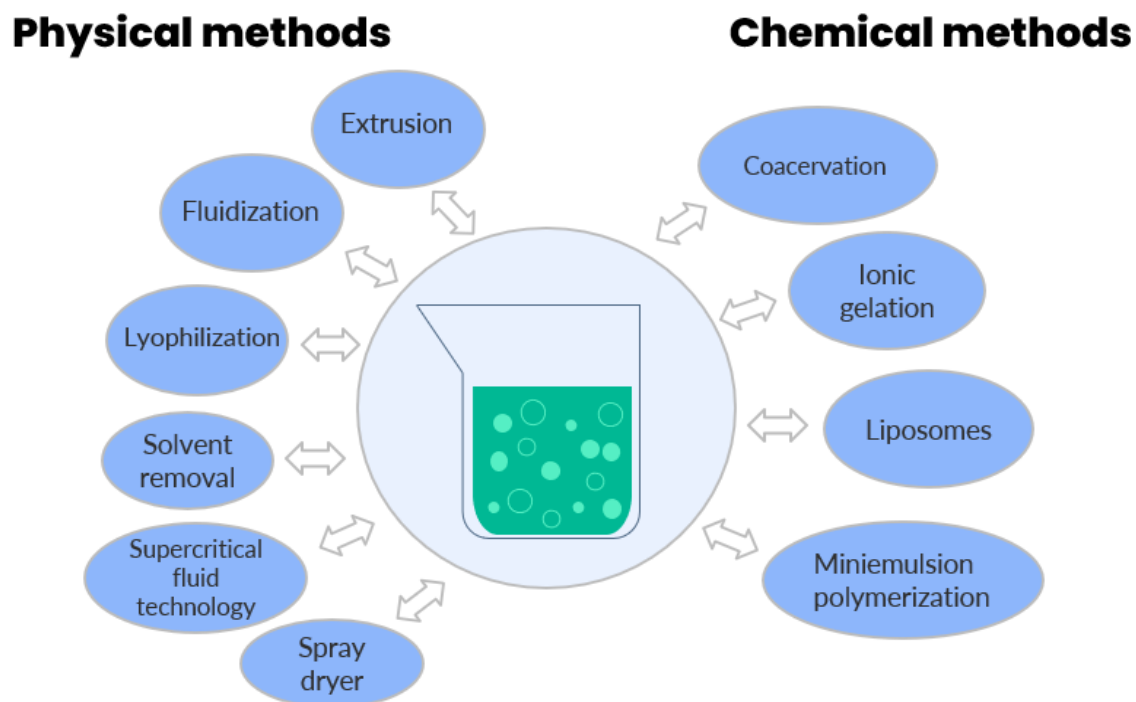


Figura 1 – Métodos físicos e químicos para microencapsulação de óleos essenciais.

Fonte: Autoria própria.

O microencapsulamento de compostos pode ser dividida em três características principais como: (1º) desenvolvimento de uma parede ao redor do núcleo; (2º) os compostos deverão se manter estáveis dentro da cápsula evitando qualquer liberação ou degradação do seu conteúdo; (3º) aplicação das cápsulas na matriz alimentícia e liberação dos componentes do óleo (21).

Nanoemulsão

As nanoemulsões (NEs) são caracterizadas por sistemas de partículas coloidais, compostas por diferentes proporções de óleo, água e surfactante (22). O microencapsulamento de OEs em NEs melhoram a entrega e a estabilidade desses compostos em produtos alimentícios (23) e são resistentes a separação de fases gravitacional e requerem uma clareza óptica (24).

As NEs possuem gotículas de óleo com diâmetro menor que 200 nm (24, 25, 26) e estão dispersas em um meio a base de água. A técnica de NEs melhora a atividade antioxidante, propriedades antibacterianas, biodisponibilidade e estabilidade físico-química dos OEs (25,26). A atividade antimicrobiana das NEs se devem ao tamanho nano que aumenta a área de superfície ativa. Sua atividade se torna superior do que as emulsões convencionais com tamanho de gota significativamente maior (27).

A preparação de NEs pode ser realizada usando técnicas de alta energia como microfluidização, homogeneização de válvula de alta pressão, homogeneização de alto cisalhamento e sonicação. Técnicas de baixa energia podem ser aplicadas também, como métodos de emulsificação e inversão de fase, manipulando a tensão interfacial (24; 28). Técnicas de alta energia geram forças intensas disruptivas que quebram mecanicamente a fase oleosa em minúsculas gotículas que são dispersas na fase aquosa. Essas técnicas podem sofrer limitações para produzir emulsões ultrafinas, dependendo de equipamentos iniciais e custos operacionais elevados (24), as técnicas de alta energia apresentam maior potencial para quebrar as fases dispersas e retê-las em pequenas gotículas (29).

É preciso obter um equilíbrio hidrofílico-lipófilo com uma formulação correta de óleo e surfactantes na fase aquosa. Esse equilíbrio pode ser manipulado para que as fases hidrofílico-lipófilo fiquem próximas umas das outras para redução da tensão superficial, permitindo a autoemulsificação da fase oleosa como nanoemulsões (30). A escolha do surfactante também interfere na eficiência da NEs. Um surfactante hidrofílico e o co-surfactante são considerados por atrair a interface e diminuir a energia necessária para formar NEs, podendo melhorar a estabilidade (31). Liu et al. (32) observaram que o desempenho dos surfactantes mistos era superior quando se utilizou surfactantes individuais, onde o tamanho médio da gota da nanoemulsão foi de 100 nm, não foi observado alteração no seu tamanho após armazenamento a frio/quente, e o índice de polidispersante quase não teve flutuação.

Para caracterização das NEs pesquisas realizam várias análises como: tamanho da partícula; propriedades físicas (pH, densidade, viscosidade, cor); eficiência de microencapsulamento; porcentagem de separação de fase; atividade bacteriana; índice de refração; turbidez; estabilidade da emulsão (tamanho médio das gotas, índice de polidispersão, potencial zeta e pH ao longo do armazenamento/dias) (33, 34, 27). Para avaliar a estabilidade da emulsão carregadas com os OEs foram observados os efeitos do pH, efeito da força iônica, efeito do tratamento térmico e estabilidade no armazenamento (observou-se instabilidade visual como separação de fases ou floculação ou formação de creme) e a estabilidade cinética (27).

Gelificação iônica

A gelificação iônica é uma das técnicas de microencapsulamento de OEs. No geral, essa metodologia é amplamente usada devido a sua grande adaptabilidade a diferentes tipos de princípios ativos e principalmente de baixo custo (35, 36). Essa técnica baseia-se em pingar uma solução polimérica aniônica contendo os nutrientes/composto ativo isolados ou emulsionados em uma solução iônica para a formação de um complexo (37). Ou seja, é um processo que consiste em interações iônicas entre polímeros de cargas opostas (38), ou entre um polímero e um polication ou poliânions (39). Essa técnica é recomendada para compostos bioativos hidrofóbicos (40) como os óleos essenciais.

Quando ocorre uma gelificação iônica-emulsão, o coagulante é adicionado ao material, assim as microcápsulas são formadas por coagulação iônica da mistura de duas fases. Quando o material do núcleo das microcápsulas é a fase oleosa, como no caso dos óleos essenciais, a adição de emulsificante pode ajudar a afetar a distribuição de partículas na emulsão contendo as microcápsulas, produzindo com alta qualidade (41, 42). Os materiais de revestimento mais utilizados são a quitosana e o alginato (43, 44).

Essa técnica apresenta reticulação física reversível por interações eletrostáticas, podendo eliminar o uso de solventes orgânicos que diminui a possibilidade de toxicidade de reagentes químicos e outros possíveis efeitos que não são desejáveis em sistemas alimentares (45). Também não requer alta energia, utilização de/ou tecnologias muito complicadas (46,47).

Para avaliar o microencapsulamento por gelificação iônica são realizadas várias análises como: tamanho da partícula; dispersão dinâmica de luz (DLS); movimento eletroforético (ζ); eficiência de Encapsulamento (EE); cinética de liberação; microscopia eletrônica de varredura (MEV); calorimetria de varredura diferencial (DSC); espectroscopia de infravermelho (IR); refletância difusa; capacidade antioxidante; conteúdo de óleo essencial (48).

Lipossomas

A técnica de microencapsulamento por lipossoma produz pequenas vesículas geradas pela dispersão de fosfolipídios no meio aquosa, aprisionando o meio aquoso entre suas esferas concêntricas fechadas por uma ou mais bicamadas fosfolipídicas, sendo as camadas externas hidrofóbicas (49, 50, 51, 52).

O mecanismo de formação dos lipossomas compreende basicamente na ausência de atração entre os fosfolipídios e as moléculas de água: os grupos das cabeças polares dos fosfolipídios são expostos às fases aquosas (camada interna e externa) e as caudas de hidrocarbonetos hidrofóbicos são forçadas a se enfrentar, formando uma bicamada (53).

Os lipossomas podem carrear compostos hidrofílicos e lipofílicos (54). As vesículas fosfolipídicas, formadas pela técnica de lipossomas, aumentam a penetração de compostos nelas incorporados e/ou encapsulados, biocompatibilidade, biodisponibilidade e liberação sustentada (55,56).

Essa técnica de microencapsulação é indicada para aplicações alimentícias, apresentando alta viabilidade no encapsulamento de aminoácidos, vitaminas, corantes, enzimas, minerais, microrganismos, ácidos graxos e principalmente OEs (57, 58, 59). Pesquisas recentes têm apresentado novas perspectivas de aplicações de óleos essenciais microencapsulados por lipossomas compostos por lipídios e colesterol (60).

Para caracterização dos lipossomas microencapsulados com OEs, são realizadas análises de: morfologia, tamanho de partícula, estabilidade, eficiência de encapsulação, ensaio antimicrobiano *in vitro* (61).

Coacervação complexa

A coacervação complexa é uma técnica de separação de fases que consiste em três etapas básicas: emulsificação, coacervação e reticulação (62). Geralmente dois ou mais polímeros com cargas opostas formam coacervados por meio de interação ou complexação que é impulsionada pela interação eletrostática sob condições adequadas (63). O processo é geralmente realizado usando polissacarídeos aniônicos e proteínas carregadas positivamente (64). Outra definição desse processo se refere a fase líquida que é rica em um colóide e se separa de uma solução devido à redução da solubilidade por meios físicos ou químicos. A nova fase formada aparece na estrutura de gotículas líquidas, que eventualmente coalescem, onde há a precipitação de uma camada contínua com formação da parede da cápsula. No final do processo, a parede das cápsulas endurecem e são isoladas (65, 66, 67).

Para caracterização das cápsulas de coacervados são realizadas algumas análises como: eficiência de microencapsulamento; rendimento; morfologia; distribuição de tamanho; medição de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia de fluorescência, calorimetria diferencial de varredura (DSC), estabilidade térmica e de pH, estabilidade de armazenamento e atividade de eliminação de radicais DPPH (64).

Revestimentos

Após a colheita, os frutos frescos são propícios a sofrerem alterações fisiológicas e bioquímicas que causam alterações prejudiciais na qualidade e na vida útil dos mesmos. A respiração, a transpiração e a produção de etileno são os principais fatores que contribuem para a deterioração de frutas e vegetais (68). O etileno é um hormônio produzido por frutas climatéricas, ou quando as frutas sofrem estresse, e é parcialmente responsável por alterações no sabor, cor e textura de frutas e vegetais. Além disso, frutas e vegetais frescos perdem água durante o armazenamento devido a processos respiratórios e de transpiração (69).

O estresse hídrico também causa alterações metabólicas e alterações na atividade enzimática, causando senescência acelerada, declínio no valor nutricional e aumento da suscetibilidade a danos causados pelo frio e infestação de patógenos. A respiração celular consiste na quebra oxidativa das reservas orgânicas em moléculas mais simples, incluindo dióxido de carbono (CO_2) e água, com liberação de energia (70).

Um método econômico, conveniente e seguro para manter a qualidade e estender a vida útil de frutas e vegetais frescos são os revestimentos (71, 72).

Os revestimentos podem formar uma barreira para perda de água e respiração, eles diminuem a saída de CO_2 e H_2O e a entrada de O_2 nos frutos. É importante ressaltar que o revestimento na epiderme do fruto, tem que construir uma barreira que não seja totalmente impermeável, que ocorra a troca de gases de maneira mais lenta. Caso o revestimento comprometa completamente a troca pode haver fermentação do fruto.

Os revestimentos tem características não apenas de manter os produtos frescos, mas também podem garantir a qualidade e a segurança dos produtos, evitando a contaminação e deterioração microbiana (73, 74).

A Figura 2 representa a velocidade dessa troca de gases que ocorre em frutos revestidos e não revestidos, na parte esquerda observa-se o fruto sem revestimento, onde a troca de gases e perda água ocorre na velocidade normal, na parte direita o fruto foi revestido e a troca de gases e perda de água ocorre de maneira diminuída, favorecendo a manutenção e prolongamento da vida útil dos frutos.

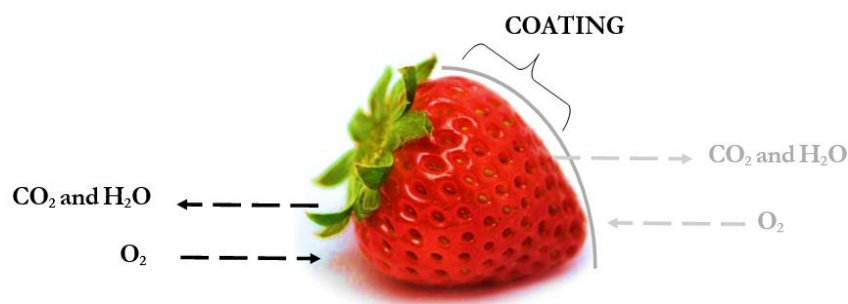


Figura 2 – Troca de gases que ocorrem em frutos revestidos e não revestidos

Fonte: Adaptado (75).

Os OEs podem ser incorporados na composição dos revestimentos (76) devido a todas suas propriedades antimicrobianas e outros, pesquisadores recomendam o microencapsulamento para menor perda dos compostos voláteis durante o revestimento e armazenamento. Na Tabela 1 estão apresentadas pesquisas que microencapsularam óleos essenciais por métodos químicos e incorporaram nos revestimentos.

Tabela 1 – Pesquisas de microencapsulamento com óleos essenciais adicionados aos revestimentos

Óleo essencial	Tecnologia de microencapsulação	Fruto	Principais resultados	Referência
Tomilho (<i>Thymus zygis</i> Loefl. ex L.)	Lipossomas	Maçã Caqui	Independente do teor de OE, os revestimentos reduziram incidência de <i>Alternaria alternata</i> em caqui e reduziram a severidade do mofo cinzento causado por <i>Botrytis cinerea</i> em maçãs.	(77)
Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) Limão (<i>Citrus limonum</i> L.)	Lipossomas	Espinafre Alface Repolho ROXO	A maior porcentagem de redução da atividade antioxidante foi que alcançou <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> usando uma concentração de 0,1 mg/ml de óleo de	(78)

			alecrim lipossoma em todos os vegetais.	
Tomilho (<i>Thymus zygis</i>)	Lipossomas	Maçã Tomate Caqui	As cascas de maçã, tomate e caqui exibiram superfícies de baixa energia. O óleo essencial diminuiu a tensão superficial e aumentou a molhabilidade das soluções.	(11)
Língua-de-tucano (<i>Eryngium campestre</i>)	Gelificação iônica	Cerejas	Uma redução significativa das contagens microbianas para todas as cerejas revestidas ao longo do experimento. Além disso, todas as cerejas exibiram uma redução de ácido titulável e perda de peso em comparação com o controle.	(79)
Canela (<i>Cinnamomum cassia</i> L.)	Gelificação iônica	Manga	As microcápsulas apresentaram tamanho uniforme, com liberação sustentada de óleo essencial superior a 168h. As mangas revestidas podem efetivamente inibir a diminuição do teor de ácido titulável, sólidos solúveis e vitamina C; retardar o aumento da perda de peso e pH; retardar o aparecimento dos picos respiratórios da manga; e preservar a firmeza em condições de armazenamento de 25 °C e 50% UR.	(80)
Erva-de-gato (<i>Valeriana officinalis</i>)	Gelificação iônica	Laranja	No <i>in vivo</i> , o revestimento restringiu potencialmente a perda de peso e a taxa respiratória de frutos de <i>C. sinensis</i> com degradação retardada de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e conteúdo fenólico e atributos sensoriais em condições específicas de armazenamento.	(81)

<i>Eucalipto</i> (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Coacervação	Cogumelos	O filme inibiu a taxa respiratória de <i>A. bisporus</i> , diminuiu o consumo de matéria orgânica e manteve seu teor de umidade.	(82)
<i>Gengibre</i> (<i>Zingiber officinale</i>)	Nanoemulsão	Mamão	O óleo essencial de gengibre associado às nanoemulsões de carnaúba, apresentou efeito positivo na redução de doenças naturais.	(83)
<i>Cravo</i> (<i>Eugenia caryophyllus</i>)	Nanoemulsão	Abacaxi	A incorporação de nanoemulsão de óleo de eugenol e gel de <i>Aloe vera</i> nos revestimentos melhorou as propriedades físico-químicas e funcionais, incluindo atividades antimicrobianas contra quatro patógenos bacterianos de origem alimentar (<i>Escherichia coli</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Bacillus subtilis</i>) e dois fungos isolados nos frutos.	(84)
<i>Canela</i> (<i>Cinnamomum</i>) <i>Ho Wood</i> (<i>Cinnamomum camphora</i>)	Emulsão	Morango	A adição de 1 e 3% em peso de CN carregado com Ho wood ou <i>Cinnamon</i> EO aos filmes diminuiu a permeabilidade à água. 3% em peso de CN foi a concentração ótima para inibir o crescimento de <i>Escherichia coli</i> ou <i>Bacillus subtilis</i> nos filmes, confirmando sua atividade biológica.	(85)
<i>Pimenta</i> (<i>Zanthoxylum bungeanum</i>)	Emulsificação ultrassônica	Morango Cereja	Os morangos e as cerejas podem manter-se frescos durante 10 dias de armazenamento. Essas frutas tratadas com os filmes tiveram as pontuações sensoriais mais altas.	(86)

<p><i>Cravo</i> (<i>Eugenia caryophyllus</i>)</p>	<p>Nanoemulsão</p>	<p>Cogumel o comestível fresco <i>Tremella fulciformis</i></p>	<p>O tratamento prolongou significativamente a preservação de <i>T. fuciformis</i> fresco, impedindo que <i>B. gladioli</i> infectasse os cogumelos.</p>	<p>(87)</p>
<p><i>Laranja doce</i> (<i>Citrus sinensis</i>)</p>	<p>Nanoemulsão</p>	<p>Tomate</p>	<p>Tomates com revestimento aumentaram a firmeza em até 33%, diminuíram o total de <u>bactérias mesófilas</u>, incluindo <i>Salmonella</i> e <i>Listeria</i>, e redução da perda de peso até 3 vezes menor do que a não revestida. A análise sensorial revelou que o uso da cobertura comestível aumentou os escores totais de aceitação dos tomates.</p>	<p>(88)</p>

Quando os frutos são colhidos, eles consomem de maneira contínua seus próprios nutrientes devido à respiração e perdem continuamente água devido à transpiração. Essas características, juntamente com a ausência de água externa, fazem com que os frutos murchem naturalmente, resultando em senescência do tecido e diminuição do frescor (89) e consequentemente perda de peso. Pesquisadores observaram que com o revestimento a perda de peso dos frutos foi significativamente menor em comparação com frutos não revestidos (79,80,81,88). Os revestimentos utilizados nos trabalhos combinaram propriedades de alta barreira com propriedades antibacterianas dos OEs, o que pode ter reduzido a volatilização do vapor de água enquanto houve redução da concentração de O₂ na superfície dos tecidos, havendo inibição das atividades enzimáticas e diminuindo as taxas respiratórias (80). Para a grande maioria dos frutos frescos, a perda de massa fresca que é permitida para evitar o murchamento ou enrugamento da superfície do tecido do fruto pode ocorrer entre 5 e 10% dependendo da espécie (90).

A taxa de respiração é uma importante característica de maturidade dos frutos. Quanto maior a taxa de respiração, mais rápida a taxa de reação redox em frutas e vegetais – ou seja, mais rápido os nutrientes orgânicos são consumidos. Em frutos climatéricos, a sua maturidade tende a aumentar significativamente após o pico da respiração. Se esse pico puder ser adiado, o ciclo de armazenamento dos frutos podem ser prolongado (80,92). Os revestimentos são eficazes para diminuir o processo respiratório nos frutos, tendo efeito altamente significativo. Esse efeito pode ser atribuído à redução das trocas gasosas entre o meio e os frutos revestidos (91). Uma diminuição na taxa de respiração

de frutos revestidos foi observada (80,81,82) o prolongamento do pico climatérico, aumentando o tempo de armazenamento e qualidade dos frutos (91).

O uso extensivo de agroquímicos para controlar doenças em plantas e frutos causa prejuízos ao meio ambiente e pode haver seleção de espécies de fungos com resistência a fungicidas. Pesquisas vem mostrando o interesse por tecnologias alternativas de controle, como controle biológico e a indução de resistência em plantas com a utilização de extratos vegetais e OEs e outros (93). O mecanismo de ação dos OEs se deve a sua composição complexa e sua interação entre os componentes principais e secundários de cada OE e a natureza da bactéria (94,95,96). Os mecanismos relacionados a atividade antimicrobiana dos OEs são vários e foram descobertos ao longo dos anos. Um deles propõe que a natureza lipofílica dos OEs pode romper a estrutura da parede celular e provocar a disfunção celular do microrganismo. Resumindo quando os compostos dos OEs penetram através das membranas das bactérias para o interior da célula, afetam tanto o envelope externo quanto o citoplasma da célula, levando a alterações na composição lipídica da membrana (moléculas de polissacarídeos, bicamadas de fosfolipídios e ácidos graxos), aumentando a permeabilidade da membrana celular bacteriana gerando perda de íons (fosfato, potássio e outros metabólitos) (95,97). Esse mecanismo atinge as atividades celulares vitais como o processamento de nutrientes, o transporte de membrana, a produção de energia, a síntese de componentes estruturais e outras funções que regulam o metabolismo, causando a morte das células (98,99,100).

Em sua pesquisa Sapper et al. (77) observaram que a aplicação do revestimento teve um efeito antifúngico positivo tanto em maçãs (redução significativa na severidade do mofo cinzento) quanto em caquis (redução significativa na incidência de mancha preta), mas esse efeito antifúngico foi mais suave do que o observado em trabalho in vitro com EO incorporado no mesmo tipo de filmes. Apesar dos estudos in vitro, observa-se uma grande variabilidade na eficácia do controle de doenças nos frutos, dependente de inúmeros fatores que influenciam as características antifúngicas de revestimentos com compostos antifúngicos. Os fatores mais importantes observados são: tipo e concentração do (s) composto (s) antifúngico (s); natureza da matriz composta do revestimento; espécie e cepa do patógeno pós-colheita alvo; cultivar, espécie e condição fisiológica do hospedeiro dos frutos e fatores ambientais pós-colheita (101). Arabpoor et al. (79) observaram que a incorporação do *Eryngium campestre* L na concentração até 0,16% pareceu ter uma mudança estatisticamente insignificante na contagem total, enquanto as cerejas tratadas com concentração de 0,32% tiveram uma redução considerável na população de total bactérias, mantendo-se em torno de 4 log UFC/mL após 21 dias de armazenamento. Esse dado aponta que a concentração do composto antifúngico é um fator importante a ser testado para ter bons resultados. Ferreira et al. (85) também observaram que a concentração do OE interferia na capacidade antibacteriana do filme para morangos frescos em *Escherichia coli* e *Bacillus subtilis*. Os filmes mostraram comportamento biológico semelhante para ambas as bactérias, com atividade antimicrobiana somente para 3% de OE. Chen et al. (82) observaram que o filme adicionado de OE puro teve um efeito significativo na inibição de bactérias (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Trichoderma*) no estágio inicial de preservação. No entanto, com o passar do tempo, os microrganismos cresceram nas superfícies de frutas e vegetais, e foi necessário estender o tempo de seu efeito inibitório. O OE microencapsulado obteve um efeito inibitório mais prolongado, devido a liberação mais lenta do OE. Basumatary et al. (84) encontraram maior atividade antimicrobiana contra

bactérias Gram negativas do que bactérias Gram positivas para as mesmas concentrações de OE de cravo utilizados em revestimentos no abacaxi, devido à dissolução da membrana externa em bactérias Gram negativas por OE resultando em fácil penetração da camada de peptidoglicano que é muito mais espessa em bactérias Gram positivas (102). O OE de cravo exibiu também boa atividade antifúngica contra fungos isolados (84). O revestimento com nanoemulsão OE de cravo e quitosana exibiu a maior atividade antibacteriana contra *B. gladioli*, indicando que a atividade antibacteriana foi melhor do que a do revestimento somente com OE, e com uma inibição (>85%) contra *B. gladioli* quando a concentração foi de 1,25 g/L (87).

CONCLUSÕES

Os estudos mostram que os revestimentos enriquecidos com microcápsulas de OEs podem ser alternativas eficazes para melhorar a qualidade dos frutos. Pesquisas demonstraram potencial para utilização de OEs microencapsulados em revestimentos para controlar a incidência de infecção por diversos tipos de microrganismos, frutos revestidos tiveram pontuações mais altas em análises sensoriais, a perda de peso e alteração na textura foram diminuídos, uma melhor retenção de cor foi observada e uma menor taxa respiratória nos frutos tratados. A concentração e material carreador do revestimento pode interferir na eficácia antimicrobiana da tecnologia de revestimento. Assim, a seleção e processamento de matérias-primas para revestimentos devem ser cuidadosamente considerados em trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *International Journal of Food Microbiology*. 2004; 94:223-253.
2. Simões CMO, Schenkel EP, Gosman G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. *Farmacognosia – Da Planta ao Medicamento*. 5. ed. UFRGS/ UFSC; 2004.
3. Barbosa, LN. Propriedade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas condimentares com potencial de uso como conservante em carne e hambúrguer bovino e testes de aceitação [dissertação]. Botucatu: UNESP; 2010;
4. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução - RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre aditivos aromatizantes. *Diário Oficial da União*, 21 ago 2006.

5. Acácio R, Pamphile-Adrian AJ, Florez-Rodriguez PP, Freitas JD de, Goulart HF, Santana, AEG. Dataset of *Schinus terebinthifolius* essential oil microencapsulated by spray-drying. Data in Brief. 2023; 47:108927.
6. Gunny AAN, Fang LP, Misnan NM, Gopinath SC, Salleh NHM, Hashim RHR, Mat MHC. Microwave-assisted solvent-free extraction of essential oil from *Coleus aromaticus*: anti-phytopathogenic potential for fruit post-harvesting. Biotech. 2021; 11:1-11.
7. Basavegowda N, Baek KH. Synergistic Antioxidant and Antibacterial Advantages of Essential Oils for Food Packaging Applications. Biomolecules. 2021; 11:1267.
8. Chrysargyris A, Rousos C, Xylia P, Tzortzakis N. Vapour Application of Sage Essential Oil Maintain Tomato Fruit Quality in Breaker and Red Ripening Stages. Plants. 2021; 10:2645.
9. Diniz-Silva HT, Sousa JB de, Guedes JDS, Queiroga RCR do E, Madruga MS, Tavares JF, Souza EL de, Magnani M. A synergistic mixture of *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils to preserve overall quality and control *Escherichia coli* O157:H7 in fresh cheese during storage. Lwt. 2019; 112:107781.
10. Guo Q, Du G, Jia H, Fan Q, Wang Z, Gao Z, Yue T, Yuan Y. Essential oils encapsulated by biopolymers as antimicrobials in fruits and vegetables: A review. Food Bioscience. 2021; 44:101367.
11. Sapper M, Bonet M, Chiralt A. Wettability of starch-gellan coatings on fruits, as affected by the incorporation of essential oil and/or surfactants. Lwt. 2019; 116: 108574.
12. Perdones A, Chiralt A, Vargas M. Properties of film-forming dispersions and films based on chitosan containing basil or thyme essential oil. Food Hydrocolloids. 2016; 57: 271-279.
13. Sapper M, Wilcaso P, Santamarina MP, Roselló J, Chiralt A. Antifungal and functional properties of starch-gellan films containing thyme (*Thymus zygis*) essential oil. Food Control. 2018; 92:505-515.
14. Valencia-Sullca C, Jiménez M, Jiménez A, Atarés L, Vargas M, Chiralt A. Influence of liposome encapsulated essential oils on properties of chitosan films. Polymer International. 2016; 65:979-987.
15. Gouin S. Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends Food Science Technology. 2004; 15:330-347.
16. Martins IM, Barreiro MF, Coelho M, Rodrigues AE. Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications. Chemical Engineering Journal. 2014; 245:191-200.
17. Gibbs BF, Kermasha S, Alli I, Mulligan CN. Encapsulation in the food industry: A review. International Journal of Food Science Nutrition. 1999; 50:213-224.

18. Kata M, Wayer M, Gyorgy E. Microencapsulation by spray drying. *Acta Pharmaceutica Hungarica*. 1983; 53:36-43.
19. Kuang SS, Oliveira JC, Crean AM. Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*. 2010; 50:951-968.
20. Tyagi VV, Kaushik SC, Tyagi SK, Akiyama T. Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: A review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2011; 15:1373-1391.
21. Macías-Cortés E, Gallegos-Infante JA, Rocha-Guzmán NE, Moreno-Jiménez MR, Medina-Torres L, González-Laredo RF. Microencapsulation of phenolic compounds: Technologies and novel polymers. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2020; 19: 491-521.
22. Ghaderi L, Aliahmadi A, Ebrahimi SN, Rafati H. Effective Inhibition and eradication of *Pseudomonas aeruginosa* biofilms by *Satureja khuzistanica* essential oil nanoemulsion. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2021; 61:102260, 2021.
23. Patrignani F, Siroli L, Braschi G, Lanciotti R. Combined use of natural antimicrobial based nanoemulsions and ultra high-pressure homogenization to increase safety and shelf-life of apple juice. *Food Control*. 2019; 111: 107051.
24. McClements DJ, Rao J. Food-grade nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*. 2011; 51: 285-330.
25. Chuesiang P, Sanguandeeikul R, Siripatrawan U. Enhancing effect of nanoemulsion on antimicrobial activity of cinnamon essential oil against foodborne pathogens in refrigerated Asian seabass (*Lates calcarifer*) fillets. *Food Control*. 2021; 122:107782.
26. Rodrigues P, Ferrari FT, Barbosa, LB, Righi A, Laporta L, Garlet QI, Baldisserotto B, Heinzmann BM. Nanoemulsion boosts anesthetic activity and reduces the side effects of *Nectandra grandiflora* Nees essential oil in fish. *Aquaculture*. 2021; 545:737146.
27. Falleh H, Jemma MB, Neves MA, Isoda H, Nakajima M, Ksouri R. Formulation, physicochemical characterization, and anti- *E. coli* activity of food-grade nanoemulsions incorporating clove, cinnamon, and lavender essential oils. *Food Chemistry*. 2021; 359:129963.
28. Azmi NAN, Elgharbawy AAM, Motlagh SR, Samsudin N, Salleh HM. Nanoemulsions: factory for food, pharmaceutical and cosmetics. *Processes*. 2019; 7:617.
29. Garavand F, Jalai-Jivan M, Assadpour E, Jafari SM. Encapsulation of phenolic compounds within nano/microemulsion systems: A review. *Food Chemistry*. 2021; 364: 130376.

30. Pouton CW. Lipid formulations for oral administration of drugs: non-emulsifying, self-emulsifying and 'self-microemulsifying' drug delivery systems. *European Journal Pharmaceutical Sciences*. 2000; 11: 93-8.
31. Gupta A, Eral HB, Hatton TA, Doyle PS. Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft Matter*, vol. 12, p. 2826-2841, 2016.
32. Liu X, Chen L, Kang Y, He D, Yang B, Wu K. Cinnamon essential oil nanoemulsions by high-pressure homogenization: Formulation, stability, and antimicrobial activity, *LWT*. 2021; 147:111660.
33. Dávila-Rodríguez M, López-Malo A, Palou E, Ramírez-Corona N, Jiménez-Munguía T. Antimicrobial activity of nanoemulsions of cinnamon, rosemary, and oregano essential oils on fresh celery. *LWT*; 112:108247, 2019.
34. Cossetin LF, Garlet QI, Velho MC, Gündel S, Ourique AF, Heinzmann BM, Monteiro SG. Development of nanoemulsions containing *Lavandula dentata* or *Myristica fragrans* essential oils: Influence of temperature and storage period on physical-chemical properties and chemical stability. *Industrial Crops and Products*. 2021; 160:113115.
35. Menin A, Zanoni F, Vakarelova M, Chignola R, Donà G, Rizzi C, Mainente F, Zoccatelli G. Effects of microencapsulation by ionic gelation on the oxidative stability of flaxseed oil. *Food Chemistry*. 2018; 269: 293-299.
36. Cáceres LM, Velasco GA, Dagnino EP, Chamorro ER. Microencapsulation of grapefruit oil with sodium alginate by gelation and ionic extrusion: Optimization and modeling of crosslinking and study of controlled release kinetics. *Revista Tecnología y Ciencia*. 2020; 41: 41-61.
37. Paglione I dos S, Galindo MV, Medeiros JAS de, Yamashita F, Alvim ID, Grosso CRF, Sakanaka LS, Shirai MA. Comparative study of the properties of soy protein concentrate films containing free and encapsulated oregano essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*. 2019; 22: 100419.
38. Saravanan M, Rao KP. Pectin-gelatin and alginate-gelatin complex coacervation for controlled drug delivery: Influence of anionic polysaccharides and drugs being encapsulated on physicochemical properties of microcapsules. *Carbohydrate Polymers*. 2010; 80:808-816.
39. De Oliveira EF, Paula HCB, De Paula RCM. Alginate/cashew gum nanoparticles for essential oil encapsulation. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*. 2014; 113: 146-151.
40. Ribeiro AJ, Neufeld RJ, Arnaud P, Chaumeil JC. Microencapsulation of lipophilic drugs in chitosan-coated alginate microspheres. *International Journal of Pharmaceutics*. 1999; 187:115-123.
41. Martins IM, Rodrigues SN, Barreiro MF, Rodrigues A. E. Polylactide-based thyme oil microcapsules production: evaluation of surfactants. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010; 50: 898-904.

42. Petrovic LB, Sovilj VJ, Katona JM, Milanovic JL. Influence of polymer–surfactant interactions on o/w emulsion properties and microcapsule formation. *Journal Colloid Interface Science*. 2010; 342:333-339.
43. Leong JY, Lam WH, Ho KW, Voo WP, Lee MFX, Lim HP, Lim SL, Tey BT, Poncelet D, Chan ES. Advances in fabricating spherical alginate hydrogels with controlled particle designs by ionotropic gelation as encapsulation systems. *Particuology*. 2016; 24:44-60.
44. Otálora MC, Carriazo JG, Iturriaga L, Osorio C, Nazareno MA. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. *Food Chemistry*. 2016; 202:373-382.
45. Usmiati S, Richana N, Mangunwidjaja D, Noor E, Prangdimurti E. The Using of Ionic Gelation Method Based on Polysaccharides for Encapsulating the Macromolecules-A Review. *International Conference of Food Security and Nutrition*. 2014; 67:79-84.
46. Gheorghita R, Lobiuc A, Dimian M, Covasa M. Alginate: From food industry to biomedical applications and management of metabolic disorders. *Polymers*. 2020; 12:2417.
47. Pedroso-Santana S, Fleitas-Salazar N. Ionotropic gelation method in the synthesis of nanoparticles/microparticles for biomedical purposes. *Polymer International*. 2020; 69:443-447.
48. González-Reza R, Hernández-Sánchez H, Quintanar-Guerrero D, Alamilla-Beltrán L, Cruz-Narváez Y, Zambrano-Zaragoza ML. Synthesis, Controlled Release, and Stability on Storage of Chitosan-Thyme Essential Oil Nanocapsules for Food Applications. *Gels*. 2021; 7:212.
49. Ge L, Möhwald H, Li J. Phospholipid liposomes stabilized by the coverage of polyelectrolyte. *Colloids and Surfaces Physicochemical and Engineering Aspects*. 2003; 221:49-53.
50. Mehta PP, Ghoshal D, Pawar AP, Kadam SS, Dhapte-Pawar VS. Recent advances in inhalable liposomes for treatment of pulmonary diseases: concept to clinical stance. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2020; 56:101509.
51. Nam JH, Kim SY, Seong H. Investigation on physicochemical characteristics of a nanoliposome-based system for dual drug delivery. *Nanoscale Research Letters*. 2018; 13:101, 2018.
52. Mozafari MR, Johnson C, Hatziantoniou S, Demetzos C. Nanoliposomes and their applications in food nanotechnology. *Journal of Liposome Research*. 2007; 18:309-327.
53. Mazur F, Bally M, Städler B, Chandrawati R. Liposomes and lipid bilayers in biosensors. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2017; 249: 88-99.

54. Mu LM, Ju RJ, Liu R, Bu YZ, Zhang JY, Li XQ, Zeng F, Lu WL. Dual-functional drug liposomes in treatment of resistant cancers. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2017; 115:46-56.
55. Managit C, Kawakami S, Nishikawa M, Yamashita F, Hashida M. Targeted and sustained drug delivery using PEGylated galactosylated liposomes. *International Journal of Pharmaceutics*. 2003; 266:77-84.
56. Siyadatpanah A, Norouzi R, Mirzaei F, Haghirosadat BF, Nissapatorn V, Mitsuwan W, Nawaz M, Pereira ML, Hosseini SA, Montazeri M, Majdizadeh M, Almeida RS, Hemati M, Wilairatana P, Coutinho HDM. Green synthesis of nano-liposomes containing *Bunium persicum* and *Trachyspermum ammi* essential oils against *Trichomonas vaginalis*. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. 2023; 56:150-162.
57. Augustin MA, Hemar Y. Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. *Chemical Society Review*. 2009; 38:902-912.
58. Kim HHY, Baianu IC. Novel liposome microencapsulation techniques for food applications. *Trends in Food Science and Technology*. 1991; 2:55-61.
59. Singh H, Thompson A, Liu W, Corredig M. Liposomes as food ingredients and nutraceutical delivery systems. *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*. 2012; 24:287-318.
60. Hammoud Z, Gharib R, Fourmentin S, Elaissari A, Greige-Gerges H. New findings on the incorporation of essential oil components into liposomes composed of lipid S100 and cholesterol. *International Journal of Pharmaceutics*. 2019; 561:161-170.
61. Chen P, Ference C, Sun X, Lin Y, Tan L, Zhongm T. Antimicrobial Efficacy of Liposome-Encapsulated Citral and Its Effect on the Shelf Life of *Shatangju* Mandarin. *Journal of Food Protection*. 2020; 83:315-1322.
62. Madene A, Jacquot M, Scher J, Desobry S. Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2006; 41:1-21.
63. Schmitt C, Turgeon SL. Protein/polysaccharide complexes and coacervates in food systems. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2011; 167:63-70.
64. Guo Q, Li S, Du G, Chen H, Yan X, Chang S, Yue T, Yuan Y. Formulation and characterization of microcapsules encapsulating carvacrol using complex coacervation crosslinked with tannic acid. *LWT*. 2022; 165:113683.
65. Azeredo HMC. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição*. 2005; 16:89-97.
66. Nairm JG. Coacervation-phase separation technology. *Advances Pharmaceutic Science*. 1995; 7: 93-219.

67. Timilsena YP, Akanbi TO, Khalid N, Adhikari, B, Barrow CJ. Complex coacervation: Principles, mechanisms and applications in microencapsulation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019; 121:1276-1286.
68. Olivas G, Barbosa-Cánovas G. Edible films and coatings for fruits and vegetables. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*; Embuscado ME, Huber KC Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2009; p. 211–244.
69. Maftoonazad N, Ramaswamy HS, Marcotte M. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal Food Science Technology*. 2008; 43:951–957.
70. Fonseca SC, Oliveira FAR, Brecht JK. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: A review. *Journal of Food Engineering*. 2002; 52: 99–119.
71. Mantilla N, Castell-Perez M, Gomes C, Moreira RG. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT-Food Science and Technology*. 2013; 51:37-43.
72. Yousuf B, Qadri OS, Srivastava AK. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT- Food Science and Technology*, 2018; 89:198-209.
73. Campos CA.; Gerschenson LN, Flores SK. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 2011; 4:849-875.
74. Tavassoli-Kafrani E, Shekarchizadeh H, Masoudpour-Behabadi M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*. 2016; 137:360-374.
75. Riva SC, Opara UO, Fawole OA. Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review. *Scientia Horticulturae*. 2020; 262: 109074.
76. Oliveira VC de, Mendes FQ. Técnicas de preservação pós-colheita de frutas e hortaliças: Uma Revisão Narrativa. In: *Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas*. Vol. 2. Editora Científica Digital; 2021.
77. Sapper M, Palou L, Pérez-Gago MB, Chiralt A. Antifungal Starch–Gellan Edible Coatings with Thyme Essential Oil for the Postharvest Preservation of Apple and Persimmon. *Coatings*. 2019; 9:333.
78. Alikhani-Koupaei M. Liposome-entrapped essential oils on in vitro and in vivo antioxidant activity in leafy vegetables. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2015; 7:369-373.
79. Arabpoor B, Yousefi S, Weisany W, Ghasemlou M. Multifunctional coating composed of *Eryngium campestre* L. essential oil encapsulated in nano-chitosan to prolong the shelf-life of fresh cherry fruits. *Food Hydrocolloids*. 2021; 111: 106394.

80. Yin C, Huang C, Wang J, Liu Y, Lu P, Huang L. Effect of Chitosan- and Alginate-Based Coatings Enriched with Cinnamon Essential Oil Microcapsules to Improve the Postharvest Quality of Mangoes. *Materials*. 2019; 12:2039.
81. Das S, Chaudhari AK, Singh VK, Dwivedy AK, Dubey NK. Chitosan based encapsulation of *Valeriana officinalis* essential oil as edible coating for inhibition of fungi and aflatoxin B₁ contamination, nutritional quality improvement, and shelf life extension of *Citrus sinensis* fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023; 233:123565.
82. Chen M, Yan X, Cheng M, Zhao P, Wang Y, Zhang R, Wang X, Wang J, Chen M. Preparation, characterization and application of poly (lactic acid)/corn starch/eucalyptus leaf essential oil microencapsulated active bilayer degradable film. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 195:264-273, 2022.
83. Miranda M, Sun X, Marín A, Santos LC dos, Plotto A, Bai J, Assis OBG, Ferreira MD, Baldwin E. Nano- and micro-sized carnauba wax emulsions-based coatings incorporated with ginger essential oil and hydroxypropyl methylcellulose on papaya: Preservation of quality and delay of post-harvest fruit decay. *Food Chemistry*. 2022; 13:100249.
84. Basumatary B, Mukherjee A, Katiyar V, Dutta J, Kumar S. Chitosan-based active coating for pineapple preservation: Evaluation of antimicrobial efficacy and shelf-life extension. *LWT*. 2022; 168:113940.
85. Ferreira RR, Souza AGS, Quispe YM, Rosa DS. Essential oils loaded-chitosan nanocapsules incorporation in biodegradable starch films: A strategy to improve fruits shelf life. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021; 188:628-638.
86. Zhang H, Zhang C, Wang X, Huang Y, Xio M, Hu Y, Zhang J. Antifungal electrospinning nanofiber film incorporated with *Zanthoxylum bungeanum* essential oil for strawberry and sweet cherry preservation. *LWT*. 2022; 169:113992.
87. Wang H, Ma Y, Liu L, Liu Y, Niu X. Incorporation of clove essential oil nanoemulsion in chitosan coating to control *Burkholderia gladioli* and improve postharvest quality of fresh *Tremella fuciformis*. *LWT*. 2022; 170: 114059.
88. Das S, Vishakha K, Banerjee S, Mondal S, Ganguli A. Sodium alginate-based edible coating containing nanoemulsion of *Citrus sinensis* essential oil eradicates planktonic and sessile cells of food-borne pathogens and increased quality attributes of tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020; 162:1770-1779.
89. Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile MA. Packaging strategies to prolong the shelf life of fresh carrots (*Daucus carota* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012; 13:215–220.
90. Finger FL, Vieira G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. 2ª reimpressão. Viçosa: UFV, 2007.

91. Oliveira VC de. Aplicação de revestimento a base de PVOH adicionados de óleos essenciais em frutos de abacate (*Persea americana* Mill. cv Hass) sob refrigeração [dissertação]. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa; 2022.
92. Caratan AG. Process for the Substantial Prolongation of the Storage Life of Grapes. U.S Patent. 2016; 9:295.
93. Schwan-Estrada KRF, Stangarlin JR. Extratos e óleos essenciais de plantas medicinais na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.S. et al. Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: Fealq, 2005.
94. Wink M. Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*. 2015; 2:251-286.
95. Bajpai VK, Sharma A, Baek KH. Antibacterial mode of action of *Cudrania tricuspidata* fruit essential oil, affecting membrane permeability and surface characteristics of food-borne pathogens. *Food Control*. 2013; 32:582-590.
96. Ziaee E, Razmjooei M, Shad E, Eskandari MH. Antibacterial mechanisms of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil against *Lactobacillus curvatus*. *LWT*. 2018; 87:406-412.
97. Swamy MK, Akhtar MS, Sinniah UR. *Antimicrobial Properties of Plant Essential Oils against Human Pathogens and Their Mode of Action: An Updated Review*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2016; 1-21.
98. Bajpai VK, Baek KH, Kang SC. Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: A review. *Food Research International*. 2012; 45: 722-734.
99. Fisher K, Phillips C. The mechanism of action of a citrus oil blend against *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis*. *Journal of Applied Microbiology*. 2009; 106: 1343-1349.
100. Guinoiseau E, Luciani A, Rossi PG, Quilichini Y, Ternengo S, Bradesi P, Berti L. Cellular effects induced by *Inula graveolens* and *Santolina corsica* essential oils on *Staphylococcus aureus*. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. 2010; 29: 873-879.
101. Valencia-Chamorro SA, Palou L, del Río MA, Pérez-Gago MB. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: A review. *Critical Review Food Science Nutrition*. 2011; 51:872-900.
102. Slavin YN, Asnis J, Häfeli UO, Bach H. Metal nanoparticles: Understanding the mechanisms behind antibacterial activity. *Journal of Nanobiotechnology*. 2017; 15:65.



Capítulo 04

DOI: 10.53934/08082023-04

**APLICAÇÃO DE FARINHAS ISENTAS DE GLÚTEN E COM ALTO
TEOR PROTEICO COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS
PANIFICADOS - UMA REVISÃO****Hana Aparecida Pereira da Silva Prado** ; **Joicy Vitória Miranda Peixoto** ; **Vania
Silva Carvalho** ; **Suzane Martins Ferreira** 

**Hana Aparecida Pereira da Silva Prado (Corresponding author) –
Email: hana.prado@estudante.ifgoiano.edu.br*

Resumo: A redução do poder de compra da população tem influência direta sobre suas escolhas alimentares, levando ao consumo de alimentos com preço mais acessível e menor valor nutritivo. Em paralelo, ocorre um aumento significativo na prevalência de doenças relacionadas ao glúten, como a doença celíaca, levando à crescente demanda por produtos panificados isentos de glúten. O Brasil produz uma grande variedade de frutas e hortaliças, partes significativas dessas matérias-primas são descartadas durante o processamento. A utilização de frutas, vegetais e seus subprodutos na produção de farinhas de baixo custo e alto valor nutritivo contribuem para a redução do desperdício de alimentos, e auxilia na suplementação de dietas restritivas e no combate à desnutrição em populações de baixa renda, pois são fonte de proteínas, minerais, vitaminas, fibras e outros nutrientes. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão da literatura sobre a utilização das farinhas de frutas, vegetais e seus subprodutos, na produção de produtos panificados isentos de glúten e com alto teor proteico. As farinhas obtidas possuem alto valor nutricional e propriedades tecnológicas que podem ser exploradas pela indústria de alimentos, possibilitando seu uso como substitutos parciais ou totais da farinha de trigo, em diversas formulações, como massas alimentícias, pães, bolos, biscoitos e outros alimentos, conferindo características tecnológicas, nutricionais e sensoriais desejáveis. Em escala industrial, o aproveitamento de subprodutos agroindustriais é fundamental para evitar desperdício de matéria-prima durante o processamento, agregando valor nutricional e econômico, ao mesmo tempo em que reduz os impactos ambientais.

Palavras-chave: panificação; subprodutos; celíacos; vegetais; propriedades tecnológicas

Abstract: The reduction in the population's purchasing power has a direct influence on their food choices, leading to consumption of foods with more affordable prices and lower nutritional value. In parallel, there is a significant increase in the prevalence of gluten-related diseases, such as celiac disease, leading to a growing demand for gluten-free baked goods. Brazil produces a wide variety of fruits and vegetables, significant parts of these raw materials are discarded during processing. The use of fruits, vegetables and by-products the production of flours of low cost and high nutritional value contributes to the reduction of food waste, and helps in supplementing restrictive diets and in combating malnutrition in low-income populations, as they are a source protein, minerals, vitamins, fiber and other nutrients. The aim of this study is to carry out a review on the use of fruit and vegetable flours and by-products in the production of gluten-free and high-protein bakery products.

The flours obtained have high nutritional value and technological properties that can be exploited by the food industry, enabling their use as partial or total substitutes for wheat flour, in various formulations, such as pastas, breads, cakes, cookies and other foods, giving desirable technological, nutritional and sensorial characteristics. On an industrial scale, the use of by-products agro-industrial is essential to avoid wasting raw materials during processing, adding nutritional and economic value, while reducing environmental impacts.

Keywords: bakery; by-products; celiac; vegetables; technological properties

INTRODUÇÃO

Em virtude, da atual situação econômica mundial, seu agravamento por conta da pandemia de Covid-19 e seus impactos até hoje, o poder de compra da população foi reduzido, principalmente para famílias com menor poder econômico e em situação de insegurança alimentar, causando o consumo de alimentos com menor valor nutritivo, pois possuem preço acessível (1, 2). Evidenciando ainda mais a desigualdade socioeconômica no Brasil, a maior queda no consumo foi de alimentos ricos em proteínas, vitaminas, minerais e fibras, como as carnes e as frutas (3). As massas alimentícias e demais produtos de panificação são amplamente populares em todo o mundo e bem aceitas por causa de seus atributos sensoriais e baixo custo, geralmente ricas em carboidratos, porém com escassez de proteínas, fibras alimentares e outros nutrientes (4), majoritariamente produzidos com farinha de trigo, portanto contêm glúten.

A doença celíaca pode manifestar-se em qualquer fase da vida, trata-se de uma disfunção crônica do intestino delgado causada pela intolerância ao glúten (5, 6). O número de doentes celíacos vem aumentando e os produtos de panificação sem glúten disponíveis no mercado são muitas vezes pobres em valor nutricional, características sensoriais e apresenta um preço bem mais elevado em comparação com os produtos tradicionais. A dieta rigorosa com produtos isentos de glúten tem levantado preocupações de longo prazo sobre as escolhas alimentares e os hábitos alimentares de pacientes com doença celíaca, pois a farinha de trigo é substituída por farinha de arroz e amidos comercialmente disponíveis, o que resulta em menor consumo de fibras e outros nutrientes (6).

O Brasil produz uma grande variedade de frutas e hortaliças, partes significativas das matérias-primas vegetais utilizadas na produção industrial são descartadas durante processamento, gerando subprodutos, entre eles estão folhas, talos, sementes, cascas e bagaços, como finalidade de degradação e redução, onde passam por diversas formas de tratamentos como compostagem, aterros e incineração (7), mas podem ser destinados a alimentação, onde a indústria pode agregar valor utilizando-os como matéria-prima para produção de farinhas, massas alimentícias e outras formulações, para extração de pigmentos naturais, óleos essenciais e extratos vegetais (7, 8, 9)

Subprodutos vegetais são fontes de carboidratos, proteínas, minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, pigmentos, e podem ser aproveitados para agregar valor a outros produtos, dessa forma se evitaria e, ou minimizaria o descarte de grandes quantidades de resíduos pelas indústrias de alimentos e poderia sanar a desnutrição de pessoas em situação de insegurança alimentar (7, 10), podendo ser aproveitadas para a produção de farinhas de baixo custo e alto teor nutritivo.

As hortaliças brássicas possuem teor de aproveitamento relativamente baixo, menos de 50% da produção mundial de brócolis é aproveitado para produção e comercialização, resultando em 60 a 75% de desperdício (11). Seus resíduos podem ser aproveitados para produção de farinha e produtos de panificação, assim como outros da família *Brassicaceae* (9), bem como para extração de hidrocolóides utilizados como espessantes e emulsificantes em produtos alimentícios (11).

A proteína é um nutriente essencial que atua em todos os processos biológicos, promove a manutenção e reparação muscular, formação de anticorpos e hormônios (12). As proteínas de origem vegetal vêm sendo utilizadas para complementar ou substituir as proteínas de origem animal (13), no entanto celíacos deixam de consumir a gliadina e glutenina que são as proteínas formadoras do glúten, sendo necessária sua substituição por outras proteínas.

As fibras de várias fontes alternativas têm sido usadas para enriquecer produtos de panificação isentos de glúten. Entre eles, o farelo de milho, a casca de ervilha, o farelo de aveia, a fibra de beterraba, o farelo de trigo, a casca de soja, o farelo de arroz, a fibra de alfarroba, o centeio integral, a fibra de linhaça, a fibra de maçã, a casca de amendoim, a fibra da casca de *psyllium*, ora- pró-nobis, grão de bico, jaca, as gomas, os pseudocereais e os hidrocolóides estão sendo utilizados (13, 14, 15, 16, 17, 18). Uma das dificuldades encontradas, é que a principal característica da farinha de trigo aplicada na panificação é sua capacidade de reter gás devido à formação da rede de glúten, assim como sua higroscopicidade, aderência, viscosidade e elasticidade (19). A sua substituição por farinhas sem glúten retira essas características e dificulta o desenvolvimento da massa, mas a reologia dessas farinhas pode ser melhorada através da mistura de farinhas de diferentes origens botânicas, assim modificando a textura, aparência, consistência de massa, aumentando a maciez e volume, e caracterizando o sabor, o que também pode conferir dificuldade na sua aceitação (4).

Dessa forma, agregar valor nutricional a esses produtos através do incremento proteico de farinhas sem glúten em substituição a farinha de trigo é uma alternativa viável, visto que, são produtos de baixo custo de produção e obtenção da matéria-prima, utilizando de vegetais na sua integralidade, hortaliças não convencionais de fácil cultivo e resíduos vegetais (20, 21).

1.1 Farinha de grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa procedente da região sudeste da Turquia e trazido para o Brasil por imigrantes do Oriente Médio e espanhóis. Para desenvolvimento adequado, o grão-de-bico precisa de temperatura ténue, por isso seu cultivo é realizado na região Centro-oeste do Brasil no período seco de inverno (22).

Essa leguminosa possui em média 27,1% (em grãos secos e crus) de proteínas de alto valor nutritivo e boa digestibilidade, 57,9% de carboidratos, 12,4 % de fibras, vitaminas A e B, cálcio, fósforo, ferro e lisina (23), já a farinha obtida através da moagem dos grãos secos do cultivar BRS Cristalino possui em média 15,7% de proteínas, 60,8% de carboidratos, 10,1% de fibras (16), teores mais elevados de proteínas foram encontrados na farinha produzida com os grãos vendidos comercialmente no Paraná, média de 24,4% de proteínas e menor teor de carboidratos 56,1% (20), sendo que esses teores podem variar de acordo com o ambiente, forma de plantio e variedade do grão. Para a produção da farinha, realiza-se a retirada de umidade, fazendo com que a atividade de água diminua e conseqüentemente estende-se a vida útil do produto, além disso, ocorre a concentração dos nutrientes. A obtenção da farinha do grão-de-bico é de baixo custo, pois é realizada a moagem por via seca e peneiramento para obter a granulometria conforme desejado para a produção.

A farinha de grão-de-bico pode ser utilizada na produção de pães, sopas, bolos e massas alimentícias, aumentando o teor nutricional desses alimentos, mas para sua melhor aplicabilidade é necessário o estudo de reologia. Fernandes et. al. (16), verificaram que a farinha de grão-de-bico apresenta eficiente solubilidade em água e capacidade de formação de gel firme, essa capacidade corresponde à interação de suas proteínas com a água. Dessa forma, além do seu conteúdo proteico proporcionar aumento nutricional também apresenta funcionalidade tecnológica. Schubert (20) utilizou a farinha de grão-de-bico para estudo de formulações em pães e verificou que conforme as concentrações da farinha eram

umentadas, eram elevadas também a firmeza, dureza e a cor, pães com farinha de grão de bico mostraram-se com tonalidade mais escura, tanto no miolo como na casca, em comparação ao padrão (Figura 1). A aparência é um dos atributos mais importantes que influenciam na decisão de compra, juntamente com outras propriedades sensoriais, neste estudo não foi realizado análises de sabor e aceitação.



Figura 1- Pães elaborados com farinha de grão-de-bico

F1: 10% de farinha de grão de bico e 0,5% de goma xantana; F2: 20% de farinha de grão de bico e 0,5 % de goma xantana; F3: 10% de farinha de grão de bico e 1,5 % de goma xantana; F4: 20% de farinha de grão de bico e 1,5 % de goma xantana; F5: 15% de farinha de grão de bico e 1,0 % de goma xantana; F6: 15% de farinha de grão de bico e 1,0% de goma xantana; F7: 15% de farinha de grão de bico e 1,0 % de goma xantana; F8: Padrão (sem adição de farinha de grão de bico e goma xantana). Fonte: Schubert, 2017.

Reginaldo (24) realizou a elaboração de empanado vegetal à base de grão-de-bico, em sua formulação utilizou o grão cozido descartando a água de cozimento, ocorrendo perda de nutrientes através de lixiviação, obtendo um produto com 3,7% de proteínas, uma vez que, o teor desse macronutriente poderia ser mais elevado utilizando-se da farinha do grão, pois, a aquafaba, denominação utilizada para a água de cozimento do grão-de-bico, possui entre 1,27% e 2,42% de proteínas (25). Em substituição a farinha de trigo, foi utilizada farinha de grão de bico e arroz para desenvolvimento de massa alimentícia instantânea. A farinha de grão de bico apresenta teor elevado de proteína e fibra alimentar, respectivamente, 21,2% e 12,4%, a formulação apresentou diminuição do valor energético total, gorduras e sódio em comparação com massas instantâneas ultraprocessadas vendidas comercialmente, outro benefício foi que a ausência de glúten favorece os portadores de doença celíaca (26).

1.2 Farinha de ora-pro-nóbis

A ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) é uma cactácea, originária da América Tropical e utilizada tradicionalmente nas regiões de Minas Gerais e Goiás, mas pouco explorada em outras regiões do Brasil. Nutricionalmente possui consideráveis teores de ferro, cálcio e vitamina C, além de mucilagem, potássio, magnésio, zinco, fibras, manganês, selênio, cobre e excelente fonte de vitamina A (27) e alto teor de proteínas, cerca de 27,8% nas folhas, 13,04% no caule (28), sendo que em matéria seca (folhas) os valores proteicos podem ser ainda maiores, entre 28 e 32% (29), tendo potencial para produção alimentícia e enriquecimento nutricional, auxiliando no tratamento de anemias, diabetes, obesidade e outras deficiências nutricionais, também possui importante teor antioxidante especialmente quando suas folhas estão amarelas (30). Suas folhas processadas através de secagem e moagem se transformam em farinha (Figura 2), que pode ser utilizada como incremento e

produção de diversos alimentos, como bolos, pães, sorvetes, bebidas, massas, sendo promissora para a industrialização, assim como outras hortaliças não convencionais estudadas por Biondo et al. (31) para produção alimentícia.



Figura 2 – Obtenção da farinha de ora-pro-nóbis (A) Folhas de ora-pro-nóbis in natura; (B) Folhas de ora-pro-nóbis após secagem em estufa; (C) Farinha de ora-pro-nóbis. Fonte: Autores, 2023.

Em formulações de bolos desenvolvidas por (17) foram adicionadas a massa, 10% de folhas de ora-pro-nóbis trituradas, sendo que, a diferença entre elas foram os horários de colheita das folhas. Ao analisar as propriedades físico-químicas das formulações foi possível observar que, a formulação desenvolvida com as folhas colhidas pela manhã obteve maior teor de proteínas e valor energético, enquanto a formulação desenvolvida com as folhas colhidas à tarde obteve maiores teores de carboidratos, bioativos e capacidade antioxidante. Dessa forma, o cultivar e método de colheita são fatores importantes a serem observados, pois influenciam no teor de nutrientes desejado no produto final. Juntamente com o valor nutricional da farinha, outros atributos podem ser explorados, as folhas e caules da ora-pro-nóbis possuem mucilagem com capacidade emulsificante, boa estabilidade em emulsão e presença de todos os aminoácidos essenciais (32).

Além dos benefícios da qualidade nutricional, essas propriedades tecnológicas podem ser aplicadas para melhorar a textura, viscosidade, estabilidade de massas alimentícias, produtos de panificação e outros produtos alimentícios. Essa mucilagem é capaz de absorver e reter água, ajudando a aumentar a umidade e melhorando a textura, melhorando a viscosidade e estabilidade, podendo ser aplicada em substituição ou redução de gorduras e açúcares, propiciando melhora da saúde do consumidor (32, 33). Diferentes concentrações e métodos de adição podem afetar as características dos produtos finais, sendo utilizada no desenvolvimento de novas formulações como em biscoitos, produtos cárneos e petiscos (32, 33, 34). Em farinha processada para aplicação em massa alimentícia, foram encontrados teores de 23,21% de proteínas, 19,12% de cinzas, 44% de carboidratos e 6,93% de fibras. As formulações com o incremento de 5%, 10%, 15% e 20% de farinha de ora-pro-nóbis obtiveram propriedades tecnológicas positivas, como a redução do tempo de cocção, de absorção de água e de aumento de volume das massas alimentícias e a diminuição da perda de sólidos solúveis na água de cocção conforme o teor era aumentado (35).

1.3 Farinha de resíduos vegetais e frutas

1.3.1 Folhas e talos de hortaliças brássicas

Resíduos de hortaliças brássicas, são matérias-primas importantes para a produção de farinhas utilizadas no processamento de panificados, agregando valor nutricional e tecnológico. Além do mais, hortaliças brássicas como brócolis, repolho, espinafre, rúcula e couve são ricos em glucosinolatos, que quando ingeridos são transformados em diversos nutrientes, como o sulforafano. Estudos recentes apontam que o sulforafano reduz a

obesidade através da reversão da resistência à leptina, que é um hormônio capaz de ajudar na regulação da ingestão alimentar e no gasto energético (36).

O brócolis é uma hortaliça de alta perecibilidade, e que são consumidas normalmente somente suas inflorescências, o que ocasiona resíduos de processamento que poderiam ser consumidos integralmente (37). Resíduos como folhas e talos dos brócolis são descartados após processamento, porém esses resíduos podem apresentar grande quantidade de fibras e minerais em relação às encontradas nas inflorescências dos brócolis, parte frequentemente mais consumida (38), visto que, esses minerais são melhores conservados após processo de secagem, sendo importantes fontes de cálcio, ferro e magnésio.

A farinha de brócolis apresenta alto teor de minerais e proteínas se comparado aos teores encontrados na hortaliça in natura e a farinha de trigo integral, média de 9,3% de minerais e 29,8% de proteínas (39), podendo ser aplicado a massas alimentícias (21). O resíduo também pode ser aproveitado para extração de hidrocolóides como a pectina e utilizada como espessante e emulsificante em produtos alimentícios industrializados (11). A farinha produzida com folhas de brócolis deu origem a um pão livre de glúten, com maior teor de proteínas e minerais, menor perda de peso de cozimento, apresentou melhora de textura do miolo, deixando-o mais macio, dessa forma, melhorou o valor nutricional e as propriedades tecnológicas do pão obtido (40), outros produtos de panificação foram desenvolvidos como, bolos (41) obtendo o aumento de firmeza e qualidade sensorial desejável, e bolachas (42) aumentando a tonalidade verde e seu conteúdo fenólico total e capacidade antioxidante, obtendo um produto nutritivo.

No desenvolvimento de novos produtos, talos de couve e hortalã juntamente com resíduos de outros vegetais deram origem à farinha sem glúten, utilizada para produção de biscoitos tipo cookie que apresentaram atributos sensoriais aceitáveis, quanto à cor, sabor, aroma, acidez e textura (43). Folhas e talos de couve-flor, transformados em farinhas bioativas são ingredientes valiosos para a fabricação de pizza. O perfil dos compostos bioativos das farinhas especiais foi afetado pela parte aérea e pela variedade de couve-flor laranja ou violeta, a farinha de colmos da laranja, continha o maior teor de compostos bioativos totais, carotenoides e fitoesteróis (9). Assim as substituições totais ou parciais de farinhas de hortaliças brássicas, agregam valor econômico, nutricional e tecnológico.

1.3.2 Cascas, mesocarpo, pedúnculo e sementes de jaca.

A jaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) é uma fruta originária do sul da Ásia e introduzida no Brasil por portugueses. Ela é constituída de casca, polpa, mesocarpo, pedúnculo e sementes (Figura 3) (44), devido ao seu conteúdo de umidade são altamente perecíveis acarretando elevados índices de perda pós-colheita.

A parte frequentemente consumida é a polpa, tanto in natura como na produção de doces, sucos, néctares, compotas e geleias, minimizando a perda por senescência. Partes normalmente descartadas como as sementes, mesocarpo, pedúnculo e cascas, podem ser transformadas em farinha (18, 45) e aplicadas em várias formulações alimentícias, utilizando a fruta integralmente e minimizando o impacto ao meio ambiente causado pelo descarte de resíduos vegetais, agregando valor a esses subprodutos e valor nutricional as novas formulações produzidas.



Figura 3 – Partes internas da jaca
Fonte: Basso et. al (2017).

A farinha das sementes, mesocarpo e pedúnculo pode ser produzida através de diferentes métodos de secagem e moagem, o mesmo pode ser realizado com sua casca obtendo um pó fino (Figura 4) (18) utilizado na panificação e confeitaria (45), como substituta integral ou parcial da farinha de trigo e agregada a outras farinhas alternativas. A desidratação causa a perda de umidade, assim ocorre à concentração de nutrientes.



Figura 4 - Farinha das cascas de jaca
Fonte: De Sousa et al. (2020).

A jaca, quando comparada a outras frutas produzidas no Brasil como a banana, abacaxi e manga, possui elevada quantidade de proteínas, cerca de 1,72g/100g do fruto (45), de 3,2 a 6,6% de proteínas em matéria seca (46) Na semente de jaca, foram encontrados teores proteicos de 7,98% para jaca mole e 5,56% para jaca dura (47). A farinha da casca produzida por De Sousa et. al. (18), obteve teores de proteína bruta distintos conforme método de secagem, tendo a média de 4,60% através do método de secagem em estufa e 4,95% através de micro-ondas, teores distintos de nutrientes são encontrados conforme forma de análise, cultivo e variedade.

O processo e a qualidade tecnológica da farinha são fatores importantes para a indústria. Em estudos realizados por Nascimento et. al (48) e Albuquerque (47), verificaram as propriedades reológicas da farinha de semente de jaca, onde se constatou a falta de capacidade de formação de gel a 25°C, sendo assim o poder de intumescimento e a solubilidade do amido aumentam conforme ocorre à elevação de temperatura. Além de possuir baixa tendência a retrogradação, pois o material granular amiláceo se mostrou resistente e não ocorreu queda de viscosidade significativa a 95°C, sendo indicado para processamento de produtos que necessitam de refrigeração. O biscoito tipo cookie produzido com 50% de farinha de semente de jaca mostrou ser altamente nutritivo, apresentando 7,24% de proteínas, 66,3% de fibras e alto rendimento de produto, em análise sensorial 50% dos julgadores gostaram extremamente e 38% moderadamente, mostrando ser um produto com boa aceitação sensorial e uma alternativa para o aproveitamento integral do fruto e com baixo custo (49).

CONCLUSÃO

Farinhas convencionais utilizadas geralmente em produtos panificados são ricas em carboidratos e pobres em proteínas, minerais e fibras. As farinhas obtidas a partir de subprodutos de frutas e vegetais são livres de glúten e podem agregar valor nutricional aos produtos, fornecendo fibras, vitaminas, minerais, antioxidantes e pigmentos característicos de cada planta, o que aumenta o valor nutricional e adiciona cor aos produtos.

Além disso, essas farinhas melhoram as propriedades tecnológicas dos alimentos, como viscosidade, elasticidade e capacidade de absorver e reter umidade, resultando em alterações na textura, sabor e aroma dos produtos. Elas também podem ser usadas para reduzir o teor de gorduras e açúcares, melhorando a saúde dos consumidores, por meio de

diferentes concentrações e métodos de adição. Essas farinhas podem substituir parcial ou totalmente a farinha de trigo, que podem ser exploradas pela indústria de alimentos, e aplicadas em massas alimentícias, pães, bolos, biscoitos e outros alimentos, com características tecnológicas, nutricionais e sensoriais desejáveis. Em escala industrial, o aproveitamento de resíduos é essencial para evitar desperdício de matéria-prima durante o processamento, agregando valor nutricional e econômico, ao mesmo tempo em que reduz os impactos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela parceria e pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

1. Alpino TMA, Santos CRB, Barros DC, Freitas CM. COVID-19 e (in)segurança alimentar e nutricional: ações do Governo Federal brasileiro na pandemia frente aos desmontes orçamentários e institucionais. *Cadernos de Saúde Pública*. 2020; 36 (8).
2. Santana JM, Queiroz VAO, Anjos CN, Freitas PR, Souza DA, Fonseca NSS. Addressing food and nutritional insecurity in Bahia municipalities in the context of the COVID-19 pandemic. *DEMETRA: Alimentação, nutrição e saúde* [Internet]. 2022 [Acesso em 29 maio 2023];17. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/view/61924>
3. Galindo E, Teixeira MA, Araújo M, Motta R, Pessoa M, Mendes L, et al. Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil. *Food for Justice Working Paper Series*. 2021.
4. Aguiar, EV, Santos, FG, Faggian, L, da Silveira Araujo, M, Araújo, VA, Conti, AC, et al. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour. *Food Research International*. 2022 [Acesso em 22 maio 2023];154. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110999>
5. BVS. Doença celíaca [Internet]. 2020 [Acesso em 23 maio 2023]. Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/doenca-celiaca>
6. Arslan M, Rakha A, Xiaobo Z, Mahmood MA. Complimenting Gluten Free Bakery Products with Dietary Fiber: Opportunities and Constraints. *Trends in Food Science & Technology*. [Elsevier]; 2019 [Acesso em 17 maio 2023]; 83:194-202. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.011>
7. Gupta N., Poddar K., Sarkar D., Kumari N., Padhan B., Sarkar A. Fruit waste management by pigment production and utilization of residual as bioadsorbent. *Journal of Environmental Management* [Internet]. 2019 [Acesso em 15 maio 2023];244:138-143. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479719306656>
8. Gutierrez-macias, P.; De Jesus, MLH.; Barragan-Huerta, B.E. The production of biomaterials from agro-industrial waste. *Fresenius Environmental Bulletin* [Internet]. 2017 [Acesso em 15 maio 2023];26(6):4128-4152. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317587933>
9. Nartea, A; Fanesi, B; Pacetti, D; Lucci, P; Frega, NG; Lenti, L et al. Cauliflower by-products as functional ingredient in bakery foods: Fortification of pizza with glucosinolates,

carotenoids and phytosterols. CRFS, 6, 2023. [Acesso em: 23 mai 2023] Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927123000059#abs0010>

10. Damiani C., Martins GA. de S., Becker FS. Aproveitamento de resíduos vegetais: potenciais e limitações [Internet]. Palmas - TO: EDUFT; 2020 [Acesso em 8 abr 2023]. 64. Disponível em:

<http://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/2409/1/Aproveitamento%20de%20res%20c3%a9%20vegetais%20-%20potenciais%20e%20limita%20es.pdf>

11. Petkowicz, CLO; Williams, PA. Pectins from food waste: Characterization and functional properties of a pectin extracted from broccoli stalk. Hidrocolóides Alimentares; 2020 [Acesso em: 22 maio 2023]107. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105930>

12. Arouca MN, Auriane Filho WV. Principais aspectos das dietas dos praticantes de musculação [TCC]. UNITAU; 2021 [Acesso em 24 maio 2023]. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/5535>

13. Mancini MC, Antonioli F. Italian consumers standing at the crossroads of alternative protein sources: Cultivated meat, insect-based and novel plant-based foods. Meat Science. 2022 [Acesso em 27 maio 2023];193:108942. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108942>

14. Anil M. Usage of flaxseed as a source of dietary fiber in breadmaking [Tese de doutorado]. Samsun, Turkey: Ondokuz Mayıs University; 2007 [Acesso em 2023 maio 17]. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.003>

15. Kupper C. Dietary guidelines and implementation for celiac disease. Gastroenterology. 2005 [Acesso em 24 maio 2023]; 128:121-127. Disponível em: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.02.024>

16. Fernandes, TCR; Camargos, LF; Camilo, PA; Jesus, FG; Siqueira, APS. Technological characterization of BRS cristalino variety chickpea flour. Journal of food technology, 2022 [Acesso em: 10 abr. 2023]; 25: 1-8. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/jrdSp4mVhFsjZnS4K39smtb/?lang=pt>

17. Oliveira JP. de, Schirmann G. da S., Santos MLP. de los, Zago AC., Bortolini VM. de S., Rockenbach R. Development, biochemical and sensory evaluation of cakes produced with Pereskia aculeata Mill harvested at different times of the day. Brazilian journal of development [Internet]. 2021. [Acesso em 2 maio 2023];7:90133-90148. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/36025/pdf>

18. De Sousa APM, Campos ARN, De Macedo ADB, Dantas DL, Apolinário MO, De Santana RAC. Quality assessment flour of jacafruit shell. Braz. J. Anim. Environ. Res. [Internet]. 2020 [Acesso em 22 maio 2023];3(3):1786-1796. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-094>

19. Silva, JHF, Ferreira, JP, Gomes, MHG, Oliveira, RL, Ribeiro, DS. Evaluation of gluten content in wheat flours produced in the Northeast mills. Rev Bras De Agrotec, 2015;5(1), 68–71.

20. Schubert, S. Utilização de farinha de grão de bico (*Cicer arietinum*) para a formulação de pão sem glúten [dissertação graduação]. Paraná: UTFPR; 2017.
21. Silva, SZ.; Oliveira, MPS.; Martins, AH. Desenvolvimento e avaliação nutricional de massas alimentícias ricas em fibras. Cascavel: BVS. 2017 [Acesso em 08 abr 2023]; 31: 266-267. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/05/833326/266-267-site-61-65.pdf>
22. EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças 14, Brasil; 1-12, 1998 [Acesso em: 30 abr. 2023]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/765566/cultivo-do-grao-de-bico-cicer-arietinum-1>
23. Nascimento, WM. Hortaliças leguminosas. Brasília- DF: Embrapa hortaliças; 2016 [Acesso em: 5 abr. 2023]. ISBN 978-85-7035-589-8. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1054423/hortalicas-leguminosas>.
24. Reginaldo, MG. Desenvolvimento de empanado vegetal à base de grão de bico [dissertação graduação]. Florianópolis: Centro de Ciências Agrárias da UFSC; 2021. [Acesso em: 3 abr. 2023]. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/223832/TCC_Marina_Reginaldo_-_Corrigido_Versao_final_assinado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. Santos, CAC; Fernández, MEA; Ribeiro, VMS; Simões, RO; Stamford, TLM. Avanços em Ciências e Tecnologia de Alimentos: Água de cozimento do grão-de-bico e suas propriedades- uma revisão. Editora Científica Digital, 2021. (3) [Acesso em 2 Mai 2023]. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/livro-avancos-em-ciencia-e-tecnologia-de-alimentos-volume-3>
26. Santos CA, Tanno FSS, Aruga FH, Teixeira MV, Silva SRC, Silva VA, et al. Desenvolvimento e avaliação de macarrão instantâneo saudável sem glúten [TCC]. Técnico em Nutrição e Dietética. São Paulo: CEETPS; 2021.
27. Barreira, TF; Paula Filho, GX; Priore, SE; Santos, RHS; Pinheiro-Sant'ana, HM. Nutrient content in ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): unconventional vegetable of the Brazilian Atlantic Forest. Campinas: Food Sci. Technol. 2021 [Acesso em 30 mar 2023]; 41: 47-51. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/y6kL83FFxbdKhvLk39xHdKK/?lang=en>
28. Gonçalves, JP; Seraglio, J; Silva, LL; Fernandes, SC; Costelli, MC; Savio, J. Quantificação de proteínas e análise de cinzas encontradas nas folhas e caule da ora-pro-nóbis (*Pereskia Aculeata* Miller). Florianópolis: COBEQ. 2014 [Acesso em 12 abr 2023]; 1-6. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0167-26714-164573.pdf>
29. EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Hortaliças não convencionais- Hortaliças tradicionais: ora-pro-nóbis, Brasil. 2017 [Acesso em 15 maio 2023]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1071168/hortalicas-nao-convencionais-hortalicas-tradicionais-ora-pro-nobis>
30. Hissatomi, CM; Gorgen, DK; Roginski, GS; Hoffmann, LF; Silva, TM; Carnitatto, I. et al. Utilização da planta alimentícia não convencional ora pro nobis em educação nutricional.

Curitiba: Braz. J. Anim. Environ. Res. 2020 [Acesso em 4 maio 2023]; 3(4):3846-3855. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/20319/16247>

31. Biondo, E.; Fleck, M.; Kolchinski, E. M.; Sant'anna, V. Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no vale do Taquari, RS. Encantado: Rev. Elet. Cient. UERGS. 2018 [Acesso em 12 maio 2023]; 4(1): 61-90. Disponível em: <http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1005>

32. Tel EV, Mitterrer-Daltoé ML, Lise CC. Propriedades funcionais e perfil aminoacídico da mucilagem de Ora-pro-nóbis. SEI-SICITE 2021 [Internet]. 2021 [Acesso em 28 maio 2023]:1-6. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2021/paper/view/8598/3515>

33. Lise CC. Mucilagem da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* MILLER): Aplicação em emulsionado cárneo e avaliação das propriedades funcionais mediante diferentes condições de secagem [TCC]. UTFPR; 2021 [Acesso me 25 maio 2023]. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26274/1/mucilagemorapronobisaplicacaofuncionalidade.pdf>

34. Gonçalves, CD; Veríssimo, EL; Martins, FF; Martins, GA; Netto, LB; Bezerra, EO; et.al. Utilização da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) em dadinhos de mandioca: Uma avaliação físico-química. Segurança alimentar e nutricional. Atena. 2023. (17): 197-206.

35. Ferreira AL, Gonçalves VGO, Maradini Filho AM, Carneiro JAS, Francisco CL. Caracterização do pó de ora-pro-nóbis e utilização em massas alimentícias. Open Science Research [Internet]. 2022 [Acesso em 29 maio 2023]; 5:70-89. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.37885/221211240>

36. Çakır I, Paulina PF, Hadley CK, Gamal AE, Fadel A, Elsayegh D, et al. Sulforaphane reduces obesity by reversing leptin resistance. eLife Sciences. 2022 [Acesso em 28 maio 2023];11:1-28. Disponível em: <https://doi.org/10.7554/eLife.67368>

37. Santos, MAT; Abreu, CMP; Carvalho, VD. Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). Lavras: Ciênc. e Agrotec. 2003 [Acesso em: 12 abr 2023]; 27(3): 597-604, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/cRXvdhjN7PNbGdj8QCRncyk/?lang=pt>

38. Coutinho, AJM; Santos, MMR; Santos, EF; Novello, D. Cupcake adicionado de farinha de resíduos de brócolis: análise físico-química e sensorial entre crianças. Campo Grande: Multitemas UCDB. 2021[Acesso em: 30 mar 2023]; 26(62): 5-20. Disponível em: <https://www.multitemas.ucdb.br/multitemas/article/view/2344>

39. Rodrigues, CN; Silveira, HS; Costa, LV; Pinto, SD; Bastos, CP. Elaboração e avaliação sensorial e físico-química de snack de frango enriquecido com farinha de brócolis. Pelotas: CIT da UFPEL. 2019 [Acesso em 2023 abr 08]; Disponível em: http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2019/CA_02059.pdf

40. Krupa-Kozak U; Drabińska N; Baczek N, Šimková K; Starowicz M; Jeliński T. Application of Broccoli Leaf Powder in Gluten-Free Bread: An Innovative Approach to Improve Its Bioactive Potential and Technological Quality. Foods. 2021 [Acesso em 17 maio 2023]; 10(4):189. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10040819>

41. Krupa-Kozak U, Drabińska N, Rosell CM, Fada C, Anders A, Jeliński T, et al. Broccoli leaf powder as an attractive by-product ingredient: effect on batter behaviour, technological

properties and sensory quality of gluten-free mini sponge cake. IFST. 2018 [Acesso em 16 maio 2023];54(4):1121-1129. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13972>

42. Lafarga T, Gallagher E, Bademunt A, Bobo G, Echeverria G, Viñas I. Physiochemical and nutritional characteristics, bioaccessibility and sensory acceptance of baked crackers containing broccoli co-products. IFST. 2018 [Acesso em: 16 maio 2023];54(3):634-640. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13908>

43. Silva SS. Elaboração e caracterização de farinha de resíduos de vegetais para aplicação em biscoitos tipo cookie. [TCC]. Imperatriz: UFM; 2021.

44. Basso, AM; De Moura, MFV. Jaca: um estudo de sua química e uma resenha de sua história. Natal: IFRN; 2017. 102 p. ISBN: 978-85-94137-09-8.

45. Waghmare, R., Memon, N., Gat, Y, Gandhi, S., Kumar, V., & Panghal, A. Jackfruit seed: an accompaniment to functional foods. Braz. J. Food Technol. [Internet]. 2019. [Acesso em 19 mai 2023]; 22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.20718>

46. De Oliveira LF, Godoy RLO, Borges SV. Quality of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) dehydrated under different processing conditions. Braz. J. Food Technol. [Internet]. 2011. [Acesso em 16 maio 2023];14(3):241-248. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50077/1/2011-064.pdf>

47. Albuquerque, FSM. Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) variedades mole e dura. 2011. (Dissertação Mestrado) Ciênc. e Tecn. de Alim. - UFP, João Pessoa-PB. 2011. [Acesso em 10 maio 2023] Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/4038/1/Arquivototal.pdf>

48. Nascimento, MRF; Souza, VF; Oliveira, NGM; Oliveira, KCC. Viscoamylographic and hygroscopic properties of avocado (*Persea Gratissima Gaertner F.*), jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus L.*) and seriguela (*Spondias Purpúrea L.*). Braz. J. of Development [Internet]. 2022 [Acesso em 2023 mai 10];8(7):48730-48748. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144462/1/farinhas-dos-carocos-de-abacate-jaca-sirguela.pdf>

49. Pinheiro JCS, Brito JSP, Pereira SR, Freitas RF. Análise físico-química e sensorial de biscoito cookies produzido com farinha da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). Rev Biodiv. 2022; 21:27-39.



Capítulo 05

DOI: 10.53934/08082023-05

**AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA E PROPRIEDADES FUNCIONAIS
POSTBIÓTICAS DE BIO-CONSERVADORES PRODUZIDOS POR
CULTIVO AXÊNICO COM CEPA POTENCIALMENTE
PROBIÓTICA**

Tatyane Vieira Marchioro *; Breno Pereira de Paula ; Carlos Alberto Guerra ;
André Fioravante Guerra 

*Tatyane Vieira Marchioro – Email: tatyvm@outlook.com

Resumo: Com a crescente alteração dos hábitos alimentares dos consumidores em prol de uma alimentação mais saudável, surge a preferência ao consumo de alimentos naturais sem adição de conservadores quimicamente sintetizados. Essa tendência estimula o avanço de pesquisas sobre alternativas naturais para atuar como barreira ao crescimento microbiano. Bactérias ácido lácticas (BAL) constituem um importante grupo heterogêneo de microrganismos candidatos para o desenvolvimento de bioconservadores, além de sua funcionalidade ao prover benefícios para a saúde do consumidor. Neste trabalho, foi produzido um bioconservador potencialmente pós-biótico (PPCP) em um sistema de fermentação axênica com *L. paracasei* DTA 83 para prolongar o *shelf-life* de presuntos cozidos fatiados e bacones fatiados. Sua eficácia foi estudada *in situ*, em que foi feita aplicação industrial na superfície de presuntos cozidos fatiados e bacon fatiado, ambos embalados à vácuo. Para validar o *shelf-life*, foi utilizado o método preditivo *MicroLab_ShelfLife* que indicou como resultado um expressivo aumento no *shelf-life* dos produtos com adição do PPCP em relação ao controle. Portanto, o bioconservador produzido mostrou ser uma alternativa promissora para prolongar a durabilidade dos produtos cárneos, além de produzir matrizes cárneas funcionais.

Palavras-chave: bioconservador; produtos cárneos; *shelf-life*

Abstract: With the growing change in consumers eating habits in favor of a healthier diet, there is a preference for the consumption of natural foods without the addition of chemically synthesized preservatives. This trend stimulates the advancement of research on natural alternatives to act as a barrier to microbial growth. Lactic acid bacteria (LAB) constitute an important heterogeneous group of candidate microorganisms for the development of bioconservatives, in addition to their functionality in providing benefits to the health of the consumer. In this work, a potentially postbiotic biopreservative (PPCP) was produced in an axenic fermentation system with *L. paracasei* DTA 83 to extend the shelf-life of sliced cooked hams and sliced bacon. Its effectiveness was studied *in situ*, in which an industrial application was made on the surface of sliced cooked hams and sliced bacon, both vacuum-packed. To validate the shelf-life, the predictive method *MicroLab_ShelfLife* was used, which indicated a significant increase in the shelf-life of products with the addition of PPCP

in relation to the control. Therefore, the produced bioconservative proved to be a promising alternative to extend the shelf life of meat products, in addition to producing functional meat matrices.

Keywords: bioconservative; meat products; shelf-life

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, aumentou a consciência da população em relação ao impacto dos alimentos na saúde. Com isso, alimentos naturais com menos ingredientes adicionados (*clean label*) e sem conservadores quimicamente sintetizados têm atraído a atenção dos consumidores que buscam maior qualidade de vida através de uma alimentação mais saudável e natural. Essa tendência impulsiona a produção sustentável de alimentos funcionais, além do surgimento de tecnologias alternativas para a conservação de alimentos baseadas na substituição de conservadores sintéticos por sistemas naturais de conservação.

O potencial dos microrganismos e/ou dos seus metabólicos para conservar e prolongar a validade comercial e aumentar a segurança dos alimentos remonta séculos (1). Embora o biocontrole dos alimentos utilizando microrganismos G.R.A.S. (*Generally Recognized As Safe*) já esteja relatado na literatura, o uso em escala industrial ainda é escasso (2) (3). O custo de aquisição de biocinas disponíveis no mercado é determinante para desencorajar sua utilização (4). Como resultado, os produtores preferem utilizar conservadores quimicamente sintetizados (5) (6). Assim, meio pré-cultivado com microrganismos G.R.A.S pode ser uma alternativa natural e de baixo custo para o uso de bioconservadores em alimentos.

Lactocaseibacillus paracasei DTA 83 têm sido reportado como cepa probiótica candidata para utilização em matrizes alimentares o que aumenta o interesse dos consumidores por alimentos funcionais. Destacando a administração microbiana como uma estratégia de promoção da saúde, a elevada capacidade dos probióticos em proporcionar efeitos benéficos na saúde do hospedeiro atraiu interesses científicos e comerciais (7) (8). Existem alguns processos e análises rigorosas que precedem a comercialização de alimentos funcionais contendo probióticos para garantir a sua segurança para o consumo (9).

Além disso, existem muitas restrições relacionadas com o consumo de microrganismo na forma ativa: infecções sistêmicas devido à translocação, particularmente em pacientes vulneráveis; aquisição de genes de resistência aos antibióticos; interferência com a colonização intestinal em recém-nascidos (10) (11). Portanto, administrar probióticos a indivíduos com o sistema imunológico debilitado é ainda um assunto de discussão. De fato, o efeito pós-biótico derivado dos microrganismos G.R.A.S. pode ser seguro em todas as circunstâncias. Estes, referem-se a compostos inativados ou produzidos por microrganismos com uma estrutura química conhecida que pode otimizar funções fisiológicas específicas e regular reações metabólicas e/ou comportamentais ligadas à atividade da microbiota natural do hospedeiro (12) (13). Como resultado, a fabricação de produtos contendo microrganismos não viáveis ou extratos de células microbianas para proporcionar efeitos benéficos no hospedeiro, como os probióticos, tem recebido considerável atenção nos últimos anos (14).

Neste contexto, este estudo visou produzir um bioconservante potencialmente pós-biótico (PPCP) em um sistema de fermentação axênica com *L. paracasei* DTA 83 para prolongar a validade comercial de presuntos cozidos fatiados e bacones fatiados. Além disso, foi considerado um perfil de temperatura para as simulações.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Cepa e Preparo do Inóculo

L. paracasei DTA 83 foi isolado de recém-nascidos no Rio de Janeiro (Brasil) em meio de ágar seletivo *Lawvab*, como relatado por Lemos Junior et. al. (15). A cepa foi genotipicamente identificada por sequenciamento da região 16S rDNA e agrupada por semelhança genética com outras cepas *Lacticaseibacillus* da coleção (16). Além disso, os dados do genoma total foram depositados no GenBank, sob o número de acesso QRBH00000000, (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/QRBH00000000>). A cepa foi classificada como G.R.A.S e caracterizada como um potencialmente probiótica de acordo com Tarrah et. al. (17) e Laureano-Melo et. al. (18). As características tecnológicas da cepa foram avaliadas em matrizes alimentares por Silva et. al. (19). Além disso, foi descrita como uma cepa potencial para fornecer compostos pós-bióticos, como relatado por Oliveira et. al. (20).

Para produção do bioconservador, as culturas de *L. paracasei* DTA 83 foram descongeladas a 7°C durante aproximadamente 4 horas e centrifugadas a 6000xg durante 5 minutos (2K15, Sigma Laborzentrifugen, Germany) para a separação de pellets. A fração líquida foi descartada. O pellet celular resultante foi reconstituído com caldo MRS, seguido de incubação noturna a 36 °C por 24 horas para o crescimento microbiano.

Produção de Bioconservador Potencialmente Pós-biótico

Os parâmetros da fermentação foram acompanhados em biorreator de bancada com capacidade para 5 litros (SL-135, Solab, Brazil) para produzir PPCP num sistema de fermentação axênica com *L. paracasei* DTA 83. Caldo MRS modificado foi preparado com ingredientes de grau alimentício, sem adição de polissorbato 80 (Tween 80). O tratamento térmico do meio foi realizado em autoclave a 121 °C por 15 minutos. Após o tratamento térmico, a temperatura do meio foi reduzida para 36°C. A biomassa de *L. paracasei* DTA 83 foi produzida em laboratório, ampliando 1/10 (vol./vol.) da cultura em caldo MRS modificado estéril. Uma estufa microbiológica foi utilizada para incubação a 36 °C. Uma cultura com 18 horas de crescimento, compreendida na fase de crescimento (log), foi adicionada (1/10 de inóculo) ao biorreator contendo 5 L de meio MRS modificado para obter uma concentração final de inóculo de ca. 7 log UFC/ml. Após 72 horas de fermentação, juntamente com uma queda de pH para cerca de 4,12, o meio foi esterilizado por autoclavagem a 121 °C por 15 minutos.

Eficácia *in situ* do Bioconservador Potencialmente Pós-biótico

O bioconservador foi testado *in situ* em concentrações de 1%, adicionado à superfície do presunto cozido fatiado e do bacon fatiado. As amostras de presunto e bacon fatiados foram fabricadas em escala piloto-industrial de uma indústria de carnes localizada em Patos de Minas (Minas Gerais, Brasil). A produção foi realizada de acordo com o procedimento padrão de produtos cárneos. O presunto cozido fatiado com adição do bioconservante, incluído como tratamento e o sem adição do bioconservante, este último incluído como

controle, estão mostrados na Figura 1. Na Figura 2, estão as amostras de bacon cozido sem adição e com adição do bioconservador, o primeiro denominado como controle e o segundo, como tratamento. Após a produção, as embalagens foram imediatamente enviadas para o laboratório.



Figura 1 – Amostras de presunto cozido fatiado com e sem adição do bioconservador.



Figura 2 – Amostras de bacon fatiado sem e com adição do bioconservador.

Estudo de Durabilidade

Um método microbiano preditivo, denominado *MicroLab_ShelfLife*, foi utilizado para estimar a data de validade do presunto cozido fatiado e do bacon fatiado embalados a vácuo sob um perfil de temperatura realístico. As datas de validade dos presuntos cozidos e bacon fatiados embalados a vácuo foram estabelecidas quando a carga microbiana de deteriorante atingiu o limite máximo ca. 9,3 log UFC/g. Este é o limite para determinar quando ocorrem alterações nos atributos sensoriais relacionados com o aspecto do presunto cozido e bacon embalados a vácuo. O método horizontal para contagem de microrganismos ISO 4833-1:2013 foi utilizado para determinar a carga microbiana total, utilizando ágar padrão para contagem em placas (HiMedia, Mumbai, Índia), no tempo zero e após estimular o crescimento microbiano nas embalagens através da incubação em pares de amostras a 7 e 25 °C, com contagens nos dias 4 e 5 (7 °C) e nos dias 1 e 4 (25 °C) de incubação. O número de colônias obtidas em cada nível de diluição foi imputado no pacote computacional *MicroLab_ShelfLife* para determinar os parâmetros do crescimento microbiano e para plotar as curvas de crescimento microbiano preditivo.

As simulações foram realizadas considerando vários perfis de temperatura: refrigerado constante (7°C), refrigerado com abuso brando, refrigerado com abuso moderado, refrigerado com abuso forte e temperatura ambiente (22 °C) (Figura 3).

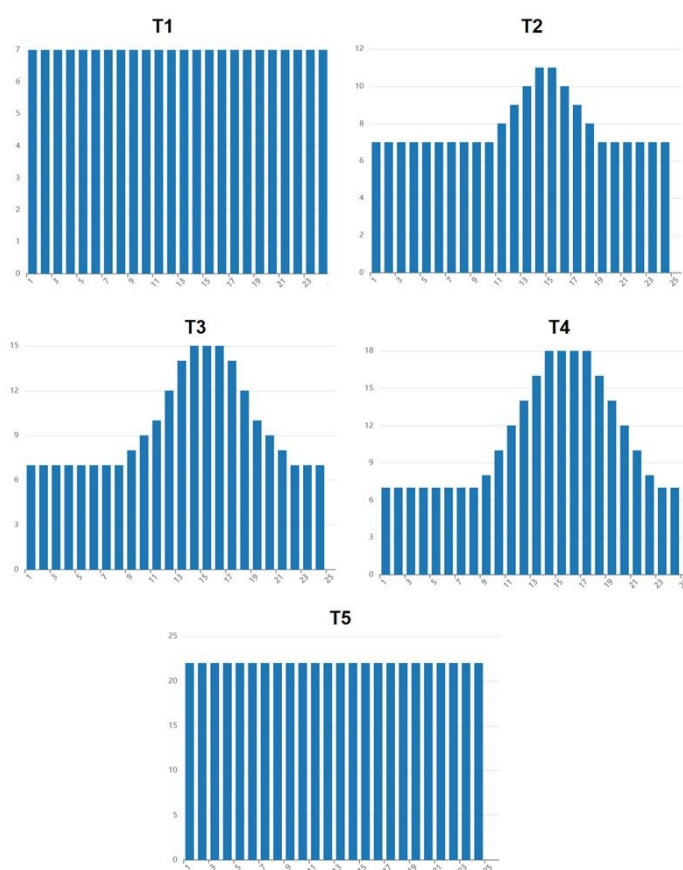


Figura 3: Perfil de temperatura. T1 - Refrigerado constante (7°C); T2 – Refrigerado com abuso brando; T3 – Refrigerado com abuso moderado; T4 – Refrigerado com abuso forte; T5 – Ambiente (22°C);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados laboratoriais obtidos, bem como o estudo de durabilidade e determinação de *shelf-life* em presunto cozido fatiado e bacon fatiado embalados à vácuo com e sem adição do bioconservador potencialmente pós-biótico, a um perfil de temperatura realístico, por contagem em placas e modelagem preditiva computacional pelo método microbiológico preditivo *MicroLab_ShelfLife*, estão mostrados na Tabela 1 e Figuras 4-5.

Tabela 1: Estudos de durabilidade e determinação de *shelf-life* em presunto cozido fatiado e bacon fatiado por contagem em placas e modelagem preditiva computacional pelo método microbiológico preditivo *MicroLab_ShelfLife*.

		Amostra de Incubação				
Dados laboratoriais (Log UFC/g)	Temperatura (°C)	Tempo (dias)	Presunto (controle)	Presunto (tratamento)	Bacon (controle)	Bacon (tratamento)
		7	0	5,64	2,60	5,56
4			6,43	2,60	6,15	2,90
5		6,81	3,45	7,40	3,00	
25		1	7,39	2,60	5,88	3,41
		4	8,48	8,36	7,67	7,58
Perfil de Temperatura						
Data de Validade (dias)	Refrigerado constante (7°C)	20	86	17	94	
	Refrigerado com abuso brando	18	71	17	69	
	Refrigerado com abuso moderado	15	52	17	45	
	Refrigerado com abuso forte	12	42	17	35	
	Ambiente (22 °C)	7	21	15	14	

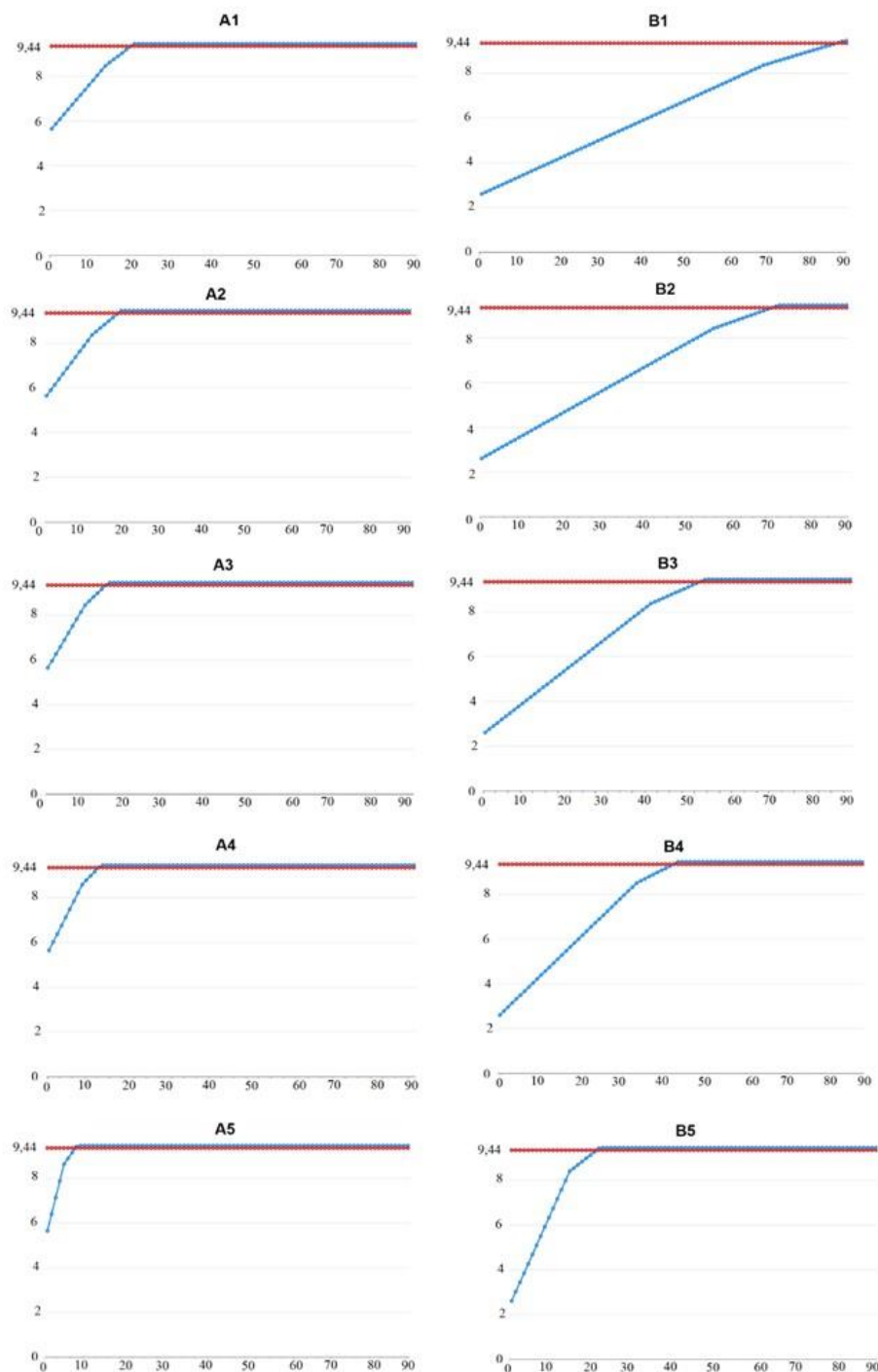


Figura 4: Curvas de crescimento microbiano em amostras de presunto cozido fatiado. A1 (Controle) e B1 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado Constante (7°C); A2 (Controle) e B2 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso brando; A3 (Controle) e B3 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso moderado; A4 (Controle) e B4 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso forte; A5 (Controle) e B5 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Ambiente (22°C).

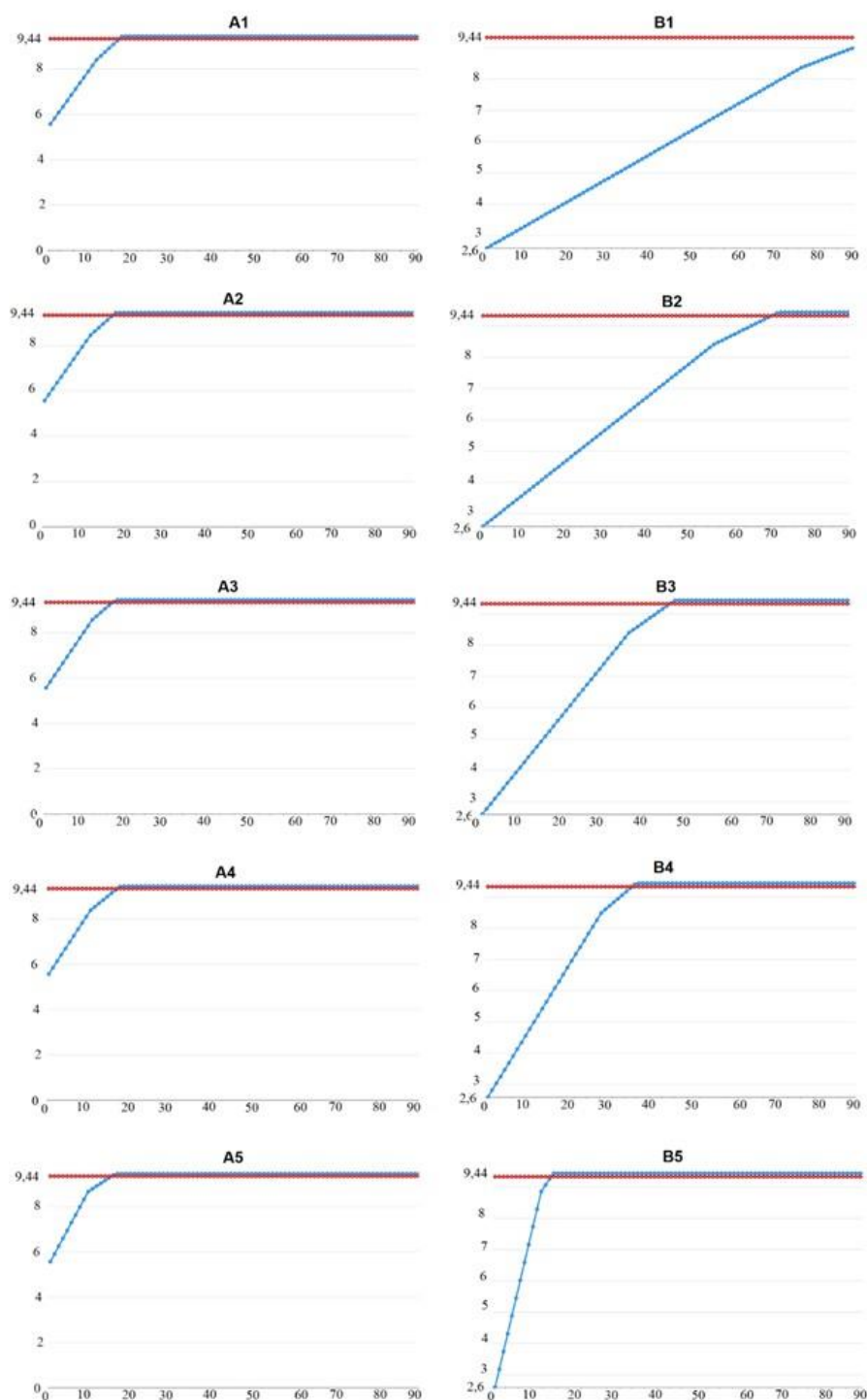


Figura 5: Curvas de crescimento microbiano em amostras de bacon fatiado. A1 (Controle) e B1 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado Constante (7°C); A2 (Controle) e B2 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso brando; A3 (Controle) e B3 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso moderado; A4 (Controle) e B4 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Refrigerado com abuso forte; A5 (Controle) e B5 (Tratamento), ambos em perfil de temperatura Ambiente (22°C).

A atividade antimicrobiana do ácido láctico contra microrganismos patogênicos e deteriorantes foi reportada por Stanojević-Nikolić et. al. (21). A concentração inibitória mínima de ácido láctico para bactérias foi cerca de dez vezes menor do que para inibição de leveduras. Ao utilizar o bioconservador potencialmente pós-biótico pode-se otimizar o efeito inibidor contra o crescimento microbiano de deterioração quando as bacteriocinas são produzidas concomitantemente com o ácido láctico (21).

Na Figura 4, a adição de 1,0 % de bioconservador potencialmente pós-biótico à superfície de fatias de presunto cozido aumentou a data de validade de 7 (A5, controle) para 21 (B5, tratamento) dias, quando as amostras são mantidas em temperatura ambiente de 22°C. Já no perfil de temperatura refrigerado constante a 7°C, as amostras de presunto obtiveram um aumento de mais de 60 dias na data de validade do tratamento (B1) em relação ao controle (A1). É visto que uma gestão adequada da cadeia de frio, uma refrigeração adequada nas amostras de presunto cozido controle (A1, A2, A3, A4, A5) é uma estratégia já conhecida para conseguir uma maior data de validade, e, conforme as amostras de tratamento (B1, B2, B3, B4, B5) percebe-se aumentos notáveis na data de validade desses produtos somando esta estratégia com o uso do bioconservante à superfície do presunto cozido. Estes resultados indicam o efeito positivo no prazo de validade devido à refrigeração que pode ser melhorada expressivamente com a utilização do bioconservador.

Na Figura 5, as amostras controle de bacon fatiado apresentaram tempo de validade máxima de 17 dias, independente dos perfis de temperatura aplicados. No entanto, ao adicionar o bioconservador potencialmente pós-biótico na superfície do produto, foram obtidos aumentos expressivos superiores a 70 dias (B1) de validade das amostras. É importante salientar que, em relação ao produto bacon fatiado, a eficácia do bioconservador potencialmente pós-biótico só é observada caso seja utilizado juntamente com uma adequada gestão de cadeia de frio. Em B1, foi possível notar a importância do perfil de temperatura refrigerado constante à adição do bioconservador em bacon fatiado. A data de utilização aumentou de 17 dias (controle) para 94 (B1), assegurando contagens aeróbias mesófilas adequadas.

Estes resultados reforçam a eficácia do bioconservador potencialmente pós-biótico para prolongar o prazo de validade dos produtos cárneos analisados (presunto cozido fatiado e bacon fatiado). Contudo, o perfil de temperatura nas vias de distribuição logística é um fator crucial para o prolongamento da validade do produto.

CONCLUSÕES

PPCP exerceu um efeito positivo sobre o parâmetro tempo de *shelf-life* nas matrizes presunto e bacon fatiados, mostrando ser uma alternativa promissora para aumentar a durabilidade e produzir matrizes cárneas funcionais. No entanto, o gerenciamento da cadeia de frio possui função fundamental sobre o período de *shelf-life* destes produtos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CEFET-RJ pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Barcenilla C, Ducic M, López M, Prieto M, Álvarez-Ordóñez A. Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: a systematic review [Internet]. *Meat Science*; 2022 v. 183, p. 108661. [acesso em 9 Out 2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108661>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174021002370>.

2. Yusuf M. Chapter 12 - natural antimicrobial agents for food biopreservation. in: grumezescu a m, holban a m. food packaging and preservation (org.). handbook of food bioengineering [Internet]. Academic Press; 2018 [acesso em 10 Ago 2022]; p. 409–438. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00012-9>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128115169000129>.
3. Rajanikar RV, Nataraj BH, Naithani H, Ali SA, Panjagari NR, Behare PV Phenyllactic acid: A green compound for food biopreservation [Internet]. Food Control; 2021 [acesso em 10 Ago 2022]; v. 128, p. 108184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108184>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713521003224>.
4. Mun SY, Kim SK, Woo ER, Chang HC. Purification and characterization of an antimicrobial compound produced by *Lactobacillus plantarum* EM showing both antifungal and antibacterial activities [Internet]. LWT; 2019 [acesso em 20 Ago 2022]; v. 114, p. 108403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108403>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643819307455>.
5. Bouju-Albert A, Pilet MF, Guillou S. Influence of lactate and acetate removal on the microbiota of French fresh pork sausages [Internet]. Food Microbiology; 2018 [acesso em 09 Set 2022]; v. 76, p. 328–336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.011>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002017309784>.
6. Liu X, Basu U, Miller P, McMullen LM. Differential gene expression and filamentation of *Listeria monocytogenes* 08-5923 exposed to sodium lactate and sodium diacetate [Internet]. Food Microbiology; 2017 [acesso em 03 Ago 2022]; v. 63, p. 153–158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.11.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002015301362>.
7. Zommiti M, Feuilloley MGJ, Connil N. Update of Probiotics in Human World: A Nonstop Source of Benefactions till the End of Time [Internet]. Microorganisms; 2020 [acesso em 10 Abr 2022]; v. 8, n. 12, p. 1907. DOI: [10.3390/microorganisms8121907](https://doi.org/10.3390/microorganisms8121907). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33266303>.
8. Catania J, Pandit NG, Ehrlich JM, Zaman M, Stone E, Franceschi C, Smith A, Taner-Smith E, Zackular JP, Bhutta ZA, Imdad A. Probiotic supplementation for promotion of growth in children: a systematic review and meta-analysis [Internet]. Nutrients; 2022 [acesso em 10 Jan 2022]; 14(1):83. DOI: [10.3390/nu14010083](https://doi.org/10.3390/nu14010083). Disponível em: [Probiotic Supplementation for Promotion of Growth in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36111111/).
9. FAO/WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. London, Ontario 2002.
10. Taverniti V, Guglielmetti S. The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: Proposal of paraprobiotic concept) [Internet]. Genes and Nutrition; 2011 [acesso em 10 Ago 2022]; 6(3);261-

74. DOI: 10.1007/s12263-011-0218-x. Disponível em: [The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability \(ghost probiotics: proposal of paraprobiotic concept\) - PubMed \(nih.gov\)](#)
11. Deshpande G, Athalye-Jape G, Patole S. Para-probiotics for preterm neonates—the next frontier [Internet]. *Nutrients*; 2018 [acesso em 09 Jun 2022]; 10(7):871. DOI: 10.3390/nu10070871. Disponível em: [Para-probiotics for Preterm Neonates-The Next Frontier - PubMed \(nih.gov\)](#)
 12. Tsilingiri K, Barbosa T, Penna G, Caprioli F, Sonzogni A, Viale G, Rescigno M. Probiotic and postbiotic activity in health and disease: comparison on a novel polarised ex-vivo organ culture model [Internet]. *Gut*; 2012 [acesso em 10 Ago 2022]; v. 61, n. 7, p. 1007 LP – 1015. DOI: 10.1136/gutjnl-2011-300971. Disponível em: <http://gut.bmj.com/content/61/7/1007.abstract>.
 13. Shenderov BA. Metabiotics: novel idea or natural development of probiotic conception [Internet]. *Microbial Ecology in Health & Disease*; 2013 [acesso em 08 Jan 2022]; 12;24. DOI: 10.3402/mehd.v24i0.20399. Disponível em: [Metabiotics: novel idea or natural development of probiotic conception - PubMed \(nih.gov\)](#).
 14. Siciliano RA, Reale A, Mazzeo MF, Morandi S, Silvetti T, Brasca M. Paraprobiotics: a new perspective for functional foods and nutraceuticals [Internet]. *Nutrients*; 2021 [acesso em 10 Ago 2022]; 13(4), 1225. DOI: 10.3390/nu13041225. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/4/1225>.
 15. Lemos WJF Junior, Guerra AF, Tarrach A, Da Silva DV, Giacomini A, Luchese RH, Corich V. Safety and stability of two potentially probiotic lactobacillus strains after in vitro gastrointestinal transit [Internet]. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*; 2019 [acesso em 03 Ago 2022]. DOI: 10.1007/s12602-019-09565-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09565-2>.
 16. Guerra AF, Lemos WJF Junior, Santos GO, Andrighetto C, Gianomini A, Corich V, Luchese RH. Lactobacillus paracasei probiotic properties and survivability under stress-induced by processing and storage of ice cream bar or ice-lolly [Internet]. *Ciência Rural Scielo*; 2018 [acesso em 09 Abr 2022]; 48(9). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170601>.
 17. Tarrach A, Duarte VS, Castilhos J, Pakroo S, Lemos WJF Junior, Luchese RH, Guerra AF, Rossi RC, Ziegler DR, Corich V, Giacomini A. Probiotic potential and biofilm inhibitory activity of lactobacillus casei group strains isolated from infant feces [Internet]. *Journal of Functional Foods*; 2019 [acesso em 09 Ago 2022]; v. 54, p. 489–497. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.004>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464619300672>.
 18. Laureano-Melo R, Caldeira RF, Guerra AF, Conceição RR, Souza JS, Giannocco G, Marinho BG, Luchese RH, Côrtes WS. Maternal supplementation with lactobacillus paracasei DTA 83 alters emotional behavior in swiss mice offspring [Internet]. *PharmaNutrition*; 2019 [acesso em 09 Set 2022]. DOI: 10.1016/j.phanu.2019.100148. Disponível em: [Maternal supplementation with Lactobacillus paracasei DTA 83 alters emotional behavior in Swiss mice offspring - ScienceDirect](#)

19. Silva LC, Lago SL, Rocha MT, Oliveira VS, Laureano-Melo R, Stutz ET, De Paula BP, Martins JF, Luchese RH, Guerra AF, Rodrigues P. Craft beers fermented by potential probiotic yeast or lacticaseibacilli strains promote antidepressant-like behavior in swiss webster mice [Internet]. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*; 2021 [acesso em 08 Jun 2022]. DOI: 10.1007/s12602-020-09736-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09736-6>.
20. Oliveira WA, Rodrigues AR, Oliveira FA, Oliveira VS, Laureano-Melo R, Stutz ET, Lemos WJF Junior, De Paula BP, Esmerino EA, Corich V, Giacomini A, Rodrigues P, Luchese RH, Guerra AF. Potentially probiotic or postbiotic pre-converted nitrite from celery produced by an axenic culture system with probiotic lacticaseibacilli strain [Internet]. *Meat Science*; 2021 [acesso em 04 Abr 2022]; v. 174, p. 108408. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108408>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174020308408>.
21. Stanojević-Nikolić S, Dimić G, Mojović L, Pejin J, Djukić-Vuković A, Kocić-Tanackov S. Antimicrobial activity of lactic acid against pathogen and spoilage microorganisms [Internet]. *Journal of Food Processing and Preservation*; 2016 [acesso em 10 Jan 2022]; v. 40, n. 5, p. 990–998. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12679>.



Capítulo 06

DOI: 10.53934/08082023-06

UTILIZAÇÃO DE INULINA COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS
PANIFICADOS E SUAS FUNÇÕES: UMA REVISÃO DE
LITERATURAÁlika Pires da Costa Martins *; Mariana Ballarin Lopes ; Joicy Vitória Miranda
Peixoto ; Vânia Silva Carvalho ; Suzane Martins Ferreira 

*Álika Pires da Costa Martins (Corresponding author) –

Email: alika.martins@estudante.ifgoiano.edu.br

Resumo: Os consumidores estão cada vez mais conscientes da importância de adotar uma alimentação saudável para melhorar sua qualidade de vida. Ao analisarem os rótulos dos alimentos, eles buscam opções enriquecidas com nutrientes, tais como vitaminas ou fibras adicionadas. Como resposta a essa demanda, as indústrias de panificação têm se adaptado às preferências dos consumidores, incorporando a inulina como ingrediente em seus produtos. Uma vez que as propriedades tecnológicas do pão e produtos panificados, são essenciais para a aceitação do consumidor, este estudo tem como objetivo revisar os efeitos da utilização da inulina como ingrediente em produtos panificados e seus efeitos sobre a ação prebiótica, características tecnológicas como substituto de gordura, aumento do teor de fibra e características sensoriais. A inulina é um carboidrato não-digerível, encontrado em reservas de plantas, vegetais, frutas e cereais. Sua utilização como ingrediente em produtos panificados tem demonstrado vantagens tanto do ponto de vista tecnológico quanto da saúde, fornecendo benefícios consideráveis. A inulina exerce efeito prebiótico no trato gastrointestinal, promovendo o crescimento seletivo de bifidobactérias benéficas. Além disso, ela contribui para o aumento do teor de fibras nos produtos, melhorando a saúde intestinal e auxiliando na regulação do trânsito intestinal. Do ponto de vista tecnológico, a inulina pode ser utilizada como substituto de gordura, reduzindo o teor de gorduras saturadas nos produtos panificados.

Palavras-chave: frutanos; substituto de gordura; textura; fibra alimentar; prebiótico

Abstract: Consumers are increasingly aware of the importance of adopting a healthy diet to improve their quality of life. When reviewing food labels, they look for options that are fortified with nutrients, such as vitamins or added fiber. In response to this demand, bakery industries have adapted to consumer preferences, incorporating inulin as an ingredient in their products. Since the technological properties of bread and bakery products are essential for consumer acceptance, this study aims to review the effects of inulin use as an ingredient in bakery products and its effects on prebiotic action, technological characteristics as a substitute for fat, increased fiber content and sensory characteristics. Inulin is a non-

digestible carbohydrate, found in reserves of plants, vegetables, fruits and cereals. Its use as an ingredient in bakery products has demonstrated advantages both from a technological and health point of view, providing considerable benefits. Inulin exerts a prebiotic effect in the gastrointestinal tract, promoting the selective growth of beneficial bifidobacteria. In addition, it contributes to increasing the fiber content in products, improving intestinal health and helping to regulate intestinal transit. From a technological point of view, inulin can be used as a fat substitute, reducing the saturated fat content in baked goods.

Keywords: fructans; fat substitute; texture; dietary fiber; prebiotic

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os consumidores estão consideravelmente preocupados e conscientes do impacto dos alimentos relacionados à sua saúde. Em outras palavras, os alimentos não são considerados apenas para saciar a fome e fornecer nutrientes essenciais, mas também para melhorar a saúde física e mental dos consumidores e inibir doenças relacionadas à falta de ingestão de nutrientes essenciais (1,2).

Para obter vantagem competitiva no mercado, as indústrias na área de panificação adaptaram seus produtos alimentícios com base na evolução das preferências dos consumidores. Uma alegação de saúde refere-se à afirmação sobre a relação entre alimentação e saúde, enquanto a explicação nutricional diz respeito a nutrientes ou ingredientes que têm uma função nutricional ou um efeito fisiológico comprovado cientificamente. Dessa forma, a indústria de panificação começou a desenvolver uma gama de produtos, tais como: enriquecidos com vitaminas, fortificados com minerais, "alto" teor de proteínas, "baixo" açúcar, fibras "ricas", gordura "light", "sem glúten" etc. Nesse ponto, muitas pesquisas também têm prestado atenção aos produtos assados com adição de fibras (2).

Nos últimos anos, a crescente incidência de doenças crônicas não transmissíveis têm despertado um grande interesse das indústrias de alimentos em oferecer produtos capazes de reduzir os riscos de doenças e promover a saúde. Diante deste fato, inúmeros constituintes bioativos presente naturalmente nos alimentos estão sendo extraídos para serem utilizados em diversas formulações. Como exemplo destaca-se o carboidrato inulina encontrado, principalmente, na raiz da chicória *Cichorium intybus L* e outras espécies de vegetais presentes em regiões de clima temperado (3).

A inulina possui expressivas propriedades nutricionais, como o baixo teor de doçura, baixo valor calórico e baixo índice glicêmico, podendo reduzir o risco de doenças crônicas não transmissíveis. Destaca-se, porém, que seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis (4).

A inulina já vem sendo pesquisada e utilizada em algumas áreas como panificação, por exemplo, em pães, massa de pizza, cereais matinais extrusados, *muffins*, entre outros. Os resultados da sua aplicação mostram-se favoráveis, sendo observado um aumento na maciez, na viscosidade e nos teores de fibras e proteínas, além de redução na umidade e calorias dos produtos (5). A inulina também vem sendo empregada como forma de enriquecer o perfil nutricional de diversas preparações, tais como: produtos lácteos, panificação, produtos cárneos, doces em geral, dentre outros (4).

Os alimentos funcionais à base de prebióticos estão se expandindo rapidamente devido ao aumento da demanda por alimentos funcionais. Supõe-se que a eficácia dos prebióticos para melhorar a saúde humana é fortemente dependente de sua estrutura química, que ainda não foi esclarecida. Consequentemente, uma melhor percepção dessa dependência pode levar à produção de prebióticos mais seletivos (6).

Os prebióticos são compostos alimentares não digeridos pelas enzimas do trato gastrointestinal humano e que se comportam como fibras. Essas substâncias agem como substratos específicos para as bactérias benéficas (7,8).

Os frutooligossacarídeos (FOS) e a inulina podem ser encontrados naturalmente em alguns alimentos como frutas e hortaliças (26) e, principalmente nas plantas comestíveis das famílias *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramineae* e *Compositae* (9).

Dessa forma, a I (inulina), a OF (oligofrutose) e os FOS (frutooligossacarídeos) são entidades quimicamente semelhantes e apresentam as mesmas propriedades nutricionais. Essas similaridades são decorrentes de sua estrutura básica – ligações β (2 \rightarrow 1) de unidades frutossil, algumas vezes terminadas em uma unidade glicosil –, bem como da via metabólica em comum. Observa-se, portanto, que a única distinção entre I, OF e FOS sintéticos é o grau de polimerização (GP), ou seja, o comprimento de cadeia – número de unidades individuais de monossacarídeos que compõem a molécula. O GP é utilizado para definir e classificar as moléculas de OF e I, sendo que a OF possui GP entre 2 e 7 (GP médio=4) e a inulina GP entre 2 e 60 (GP médio=12) (10,11,12).

Esses frutanos estão disponíveis comercialmente como ingredientes alimentícios, usualmente em forma de pó ou xarope, e possuem aplicação na formulação de diferentes tipos de produtos, buscando tanto a sua alegação como alimento funcional, quanto a melhoria de seu valor nutritivo e de suas propriedades sensoriais (13).

Considerando a relevância da rede tridimensional do glúten em produtos panificados, principalmente aqueles que possuem o trigo como ingrediente principal, a utilização da inulina como ingrediente, com função de fibra alimentar solúvel precisa ser estudada, já que muitas vezes é utilizada como substituta ou na redução da porcentagem de farinha de trigo. Uma vez que as propriedades tecnológicas do pão e produtos panificados, são essenciais para a aceitação do consumidor, este estudo tem como objetivo revisar os efeitos da inulina da utilização como ingrediente em produtos panificados e seus efeitos sobre a ação prebiótica, características tecnológicas como substituto de gordura, aumento do teor de fibra e características sensoriais.

1.1 Tipos de inulina

1.1.1 Inulina e grau de polimerização

A inulina (grau de polimerização – GPmédio=12) é obtida industrialmente a partir da extração com água quente das raízes da chicória (*Cichorium intubus* L.), seguida de refinação e secagem por atomização. Três tipos de produtos comerciais podem ser elaborados: a inulina com alto GP (GPmédio=25), obtida a partir de separação física; a

oligofrutose (GP_{médio}=4), obtida por meio da hidrólise enzimática parcial da inulina; e a mistura de inulina e oligofrutose, obtida a partir da combinação de 50% de inulina de alto GP e de 50% de oligofrutose (14).

As inulinas de cadeia longa são pouco solúveis, porém apresentam alta viscosidade e são termoestáveis, sendo usadas como substitutas de gordura. Essas propriedades podem ser usadas de forma benéfica para melhorar as propriedades sensoriais de produtos lácteos, por exemplo. O grau de polimerização dos frutanos tipo inulina também interferem na temperatura de transição vítrea, força e formação de gel (15). A inulina padrão é levemente adocicada (10% de doçura em comparação com o açúcar), combina facilmente com outros ingredientes sem modificar sabores delicados, é moderadamente solúvel em água (máximo 10% à temperatura ambiente) e traz uma viscosidade bastante baixa (13).

A inulina e demais carboidratos de cadeia curta com grau de polimerização entre 2 e 60 são considerados ingredientes prebióticos, ou seja, substratos fermentáveis que estimulam seletivamente o crescimento, a atividade de bifidobactérias e lactobacilos, aumentando a resistência à colonização de patógenos no intestino grosso (16). É também um produto funcional, pois ela traz ao corpo humano benefícios nutricionais promovendo a saúde. Além disso, a inulina está sendo muito utilizada nas indústrias, sendo inserida em alimentos como molhos, produtos lácteos, de panificação, cereais matinais, deixando o alimento rico em fibra, aumentando seu valor nutricional, podendo substituir o açúcar e a gordura, alterando sua textura e aumento a vida útil de prateleira (17). De forma geral, os frutanos são utilizados como substituto da gordura e do açúcar, tendo em vista a capacidade da inulina de formar géis estáveis e a função umectante e edulcorante dos FOS, semelhante à sacarose, porém, com aporte calórico reduzido (1,5 kcal/g) (18).

1.1.2 Oligofrutose e FOS

O termo oligofrutose é mais frequentemente empregado na literatura para descrever inulinas de cadeia curta, obtidas por hidrólise parcial da inulina da chicória. O termo FOS tende a descrever misturas de frutanos do tipo inulina de cadeia curta, sintetizados a partir da sacarose. Os FOS consistem de moléculas de sacarose, compostas de duas ou três subunidades de frutose adicionais, adicionadas enzimaticamente, por meio de ligação (20) à subunidade frutose da sacarose (19,13). As oligofrutoses contribuem para encorpar produtos lácteos e melhorar a umectância de produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, fornecer crocância a biscoitos de baixo teor de gordura, e agir como um aglutinante em barras nutricionais de granola. Desse modo, elas exercem o mesmo papel que a sacarose, mas têm as vantagens de apresentar menor valor calórico, enriquecer o teor de fibras e outras propriedades nutricionais em alimentos.

Podem ser usadas em formulações de sorvetes e sobremesas lácteas, em formulações para diabéticos, em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, em barras de cereais, sucos e néctares frescos, produtos de confeitaria, molhos, entre outros (21).

As oligofrutoses e os FOS podem ser encontrados na forma de pó ou xaropes incolores (75% matéria seca) e têm propriedades tecnológicas comparáveis às do açúcar e

xaropes de glicose, por apresentarem maior quantidade de açúcares livres do que a inulina. Em produtos lácteos, principalmente iogurte com frutas, melhoram o sabor das frutas, a estabilidade dos produtos e reduzem a sinérese (13,21). A oligofrutose é obtido a partir da hidrólise parcial da inulina de chicória com purificação subsequente, e seu grau de polimerização varia de 2 a 8 extraídas da chicória são classificadas legalmente como ingredientes alimentícios (e não como aditivos) em todos os países da União Europeia, bem como a Suíça e a Noruega. As autoridades na Austrália, Canadá, Israel, Japão e Nova Zelândia chegaram à mesma conclusão. Nos Estados Unidos, foi confirmado o status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) para a inulina e a oligofrutose (23).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprova a alegação de que a oligofrutose ajudam a equilibrar a flora intestinal, desde que seu consumo esteja associado a uma dieta equilibrada, a um estilo de vida saudável e que seja acompanhado da ingestão de líquidos, sendo necessário que porções de alimentos sólidos contenham, pelo menos, três gramas ou oligofrutose, ou ambos (24).

1.2 Inulina na panificação

A inulina tem um potencial interessante para melhorar as propriedades e características sensoriais de diferentes produtos, bem como prolongar a vida útil do produto (25,26). Além disso, a inulina pode influenciar as propriedades dos alimentos em que é adicionada, como aparência, cor, textura e sabor. No caso de cereais matinais, dureza e crocância, conforme bem a manutenção dessas características quando imerso em leite, são fundamentais para a aceitação do consumidor (27,56). Os biscoitos enriquecidos com inulina foram caracterizados por um aumento de 29% em proteínas e até mesmo aumento de quatro vezes no teor de fibras do que o controle de biscoitos sem glúten não fortificados. Além disso, o valor calórico diminuiu com a quantidade crescente de inulina. O conteúdo mineral, incluindo cálcio, magnésio, e ferro foi de 26,54% e até duas vezes maior em biscoitos ricos em inulina em comparação ao controle. A substituição de óleo ou açúcar inferior a 75% não causou mudanças nas propriedades físicas e sensoriais dos biscoitos, mas permitiu o fornecimento das doses diárias recomendadas de proteínas, fibras e minerais (28).

1.2.1 Substituto de Gordura

O pão é um dos principais alimentos básicos consumidos diariamente em todas as partes do mundo, porém, parte da população tende a evitar o seu consumo por serem alimentos ricos em açúcar e gordura. Os substitutos de gordura utilizados na panificação devem desempenhar o mesmo papel da gordura, ou seja, favorecer a aeração, a lubrificação da massa durante a fase de mistura, melhorar a textura do produto final e aumentar o volume do pão. A inulina apresenta-se como um pó branco, inodoro, de sabor neutro e com baixa solubilidade em água (29). *Muffins* com até 50% de substituição de gordura por inulina foram caracterizados pelo aumento do teor de fibra, umidade, bem como densidade do miolo e elasticidade (30). Em bolos, foi possível até 70% de substituição de gordura por inulina, resultando em um produto com propriedades sensoriais aceitáveis e valor calórico reduzido

(31). A incorporação de inulina no macarrão de trigo permitiu obter macarrão com melhor valor nutricional, sem comprometer a qualidade sensorial e culinária (32,33).

Foi estudado os efeitos de substitutos de gordura sobre a qualidade do pão (34). Inulina em pó, inulina em gel e Simplesse[®] foram adicionados na massa do pão e comparados com amostra controle contendo gordura. As amostras contendo inulina em gel e a amostra controle apresentaram rendimento e volume semelhantes aos comparados com os pães contendo inulina em pó e Simplesse[®]. Foi observado que a inulina em pó e o Simplesse[®] tiveram efeito adverso sobre a dureza do miolo, produzindo fatias mais firmes, enquanto que os pães contendo inulina em gel e os pães com gordura apresentaram qualidade semelhante, mostrando que a incorporação de inulina em gel foi a mais eficaz substituta de gordura.

1.2.2 Aumento do teor de fibra

Entre os principais alimentos funcionais estão as fibras alimentares, as quais são formadas por carboidratos de estruturas complexas que não são hidrolisados pelo organismo humano, podendo ser classificadas segundo as suas características químicas, botânicas e fisiológicas (35).

O desenvolvimento de alimentos enriquecidos com fibras dietéticas permite obter produtos com propriedades funcionais (36). Entre as fibras dietéticas amplamente utilizadas numa variedade de alimentos, a inulina representa um ingrediente notável; é um polímero de frutose pertencente uma classe de fibras altamente solúveis em água.

A adição de inulina e oligofrutose/inulina a bolos de laranja e pães aumenta a quantidade de fibra alimentar total nos produtos. Para os bolos de laranja, a adição de inulina reduz a coesividade e aumenta a intensidade da tonalidade amarela do miolo em relação ao bolo padrão, e a adição de inulina e oligofrutose/inulina reduz a aceitação pela aparência, textura e sabor e a aceitação global em relação ao bolo padrão, embora a aceitação pelo aroma tenha sido igual para os três produtos. Em relação aos pães, a inulina causa alterações na cor e redução no volume específico, enquanto que ambos os frutanos resultam em pães mais duros e menos coesos do que o pão padrão. No entanto, a aceitação global e do sabor é maior para o pão adicionado de oligofrutose/inulina em relação ao padrão, mas igual ao pão contendo inulina (37).

1.2.3 Ação prebiótica

Os prebióticos foram introduzidos por Gibson & Roberfroid, em 1953, e podem ser definidos como todo ingrediente alimentar não digerível pelas enzimas humanas, o qual afeta, de maneira benéfica, o organismo, por estimular seletivamente o crescimento e ou a atividade de um número limitado de bactérias do cólon, principalmente os lactobacilos e as bifidobactérias. Os prebióticos são usados com frequência pelos benefícios nutricionais e de saúde que proporcionam (38,39). Estas substâncias também modificam a composição da

microbiota colônica de tal forma que as bactérias com potencial de promoção de saúde tornam-se a maioria predominante (40).

Os prebióticos são constituídos essencialmente por carboidratos de tamanhos diferentes, possuindo na composição desde oligossacarídeos até grandes polissacarídeos (41,42). Esses compostos são encontrados na natureza, como a rafinose, ou obtidos por meio de reações enzimáticas, como o galacto-oligossacarídeo, o frutooligossacarídeo (FOS) e o isomalto-oligossacarídeo (43). Essas são substâncias direcionadas para alterar alguns gêneros da microbiota intestinal e não sofrem as dificuldades de sobrevivência que os microrganismos probióticos precisam enfrentar. Algumas características são importantes ao se selecionar prebióticos: essas substâncias não devem ser hidrolisadas ou absorvidas na parte superior do trato intestinal; precisam ser substratos seletivos para um número limitado de microrganismos habitantes do cólon e devem alterar essa microbiota, tornando-a mais saudável para o hospedeiro (44).

Prebióticos são componentes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon. Adicionalmente, o prebiótico pode inibir a multiplicação de patógenos, garantindo benefícios adicionais à saúde do hospedeiro. Esses componentes atuam mais frequentemente no intestino grosso, embora eles possam ter também algum impacto sobre os microrganismos do intestino delgado (45,46,47,48).

Os prebióticos identificados atualmente são carboidratos não-digeríveis, incluindo a lactulose, a inulina e diversos oligossacarídeos que fornecem carboidratos que as bactérias benéficas do cólon são capazes de fermentar. Os prebióticos avaliados em humanos constituem-se dos frutanos e dos galactanos (49). A maioria dos dados da literatura científica sobre efeitos prebióticos relaciona-se aos fruto-oligossacarídeos (FOS) e à inulina e diversos produtos comerciais estão disponíveis há vários anos (50).

Os tipos de prebióticos foram ampliados nos últimos anos principalmente devido às ferramentas recentes, que facilitaram a compreensão do impacto de compostos sobre os microrganismos e sua colonização no intestino (51). Desta forma, outros compostos também poderiam apresentar propriedades prebióticas e estão incluídos na definição prebiótica, como oligossacarídeos do leite humano (HMO), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), ácido linoleico conjugado (CLA), mananoligossacarídeos (MOS) e xilooligossacarídeo (XOS) (52).

Alguns dos compostos de maior importância utilizados como prebióticos são a inulina, a oligofrutose e os frutooligossacarídeos, que são denominados de frutanos. Os compostos prebióticos podem alterar positivamente as propriedades reológicas, físico-químicas e sensoriais dos produtos veganos. Ainda assim, os efeitos dependem do tipo de prebiótico, da matriz alimentar e do tipo de prebiótico concentrado (53).

Os prebióticos também podem aumentar os sabores do produto, como aroma e sabor cítrico percepção de leites fermentados probióticos (54). Sabor limão de sobremesas lácteas (55). E intensidade do sabor a baunilha de cremes (56). No entanto, os prebióticos também podem prejudicar algumas características sensoriais dos alimentos, como espessamento em sobremesas lácteas (57). Dureza e coesividade em bolos (58). E maior firmeza e menor aceitabilidade de pão de ló (59).

Considerando um consumo diário de 3, 2 e 1 porção de biscoitos achocolatados sem glúten com substituição da farinha de arroz por 25, 50 e 75% de inulina/oligofrutose, respectivamente, chega-se à ingestão recomendada de 8 g por dia de inulina/oligofrutose para aumentar a absorção de cálcio, mas sempre enfatizando que esse consumo deve estar associado a uma dieta balanceada (60).

1.2.4 Características sensoriais

Embora a aplicação de inulina em produtos de panificação tenha resultado em diminuição parâmetros biológicos (menor volume, escurecimento da crosta, aumento da dureza do miolo maior taxa de envelhecimento), mas melhorou a palatabilidade e o sabor, portanto 5%. A adição de inulina foi assumida como compromisso entre a melhoria na nutrição, qualidade sensorial e recursos tecnológicos reduzidos.

Os produtos de panificação representam um grupo de alimentos promissor para aplicação dessas substâncias, pois são consumidos mundialmente e apresentam longa estabilidade durante o armazenamento (61). Em panificação, ela pode afetar a consistência da massa, contribuir para a elasticidade global da mesma e interagir com o glúten (62).

Foi investigado a adição de prebióticos inulina, de FOS e de farinha de chicória em pães isentos de glúten (63). Neste estudo, observou-se que todas as adições aumentaram o rendimento do pão. Doses baixas de inulina (3,5%) reduziram o volume do pão em cerca de 10%, por outro lado, doses mais elevadas (8%) aumentaram o volume de 4 a 9% em comparação com o controle (pão com glúten). Efeito semelhante foi observado em pães suplementados com xarope de oligofrutose, que apresentaram aumento de volume entre 5 a 9%. Pães suplementados com farinha de chicória tiveram aumento de volume de até 10%. Entre os prebióticos aplicados identificou-se que a inulina apresentou maior efeito benéfico sobre a qualidade do pão: aumento do volume, diminuição da quantidade de resíduos e endurecimento (63).

A inulina, como um dos fatores eficazes para a cor do pão, aumenta a taxa da reação de *Maillard*, a formação de polímeros de nitrogênio marrom e melanoidina durante o cozimento. Assim, a adição de inulina pode melhorar a cor da crosta do pão (especialmente no pão sem glúten, que geralmente tem uma cor fraca em comparação com o pão de trigo). Nota-se que a cor da crosta do pão resulta principalmente dos produtos da reação de *Maillard*, enquanto a cor da crosta do pão é influenciada principalmente pelos componentes da formulação.

Os frutanos do tipo inulina reduzem a taxa de estabilização e mantêm o frescor dos pães sem glúten e contendo glúten devido às suas propriedades hidrofílicas. Além disso, o efeito dos componentes da formulação, fermentação e processo de cozimento sobre a estabilidade da inulina revelou que a inulina de cadeia curta apresentou menor estabilidade do que a inulina de cadeia longa. Isso pode ser atribuído à presença de açúcares simples (que são mais acessíveis às leveduras), bem como ao baixo pH. Por outro lado, devido ao alto teor de açúcares redutores na estrutura da inulina, a inulina de cadeia curta aumenta a taxa de reação de Millard e forma uma cor de crosta mais atraente.

Estudaram a aplicação de inulina em pães e observaram que o potencial de inulina como enriquecimento de fibras em pão de trigo é limitado, sendo 15% de Fibrulina DS uma porcentagem máxima a ser usada na panificação de farinha semibranca, sendo que uma porcentagem acima compromete o comportamento reológico da massa e a qualidade do pão com alto teor de fibras (2).

Volpini-Rapina, Sakei, Conti-Silva em pesquisa com adição de oligofrutose em bolos de laranja, apresentaram maior dureza e menor esfarelamento em relação ao bolo padrão, e maiores concentrações de inulina resultaram em maiores valores de dureza do miolo de pão em relação aos pães contendo gordura (3). A adição dos prebióticos inulina e oligofrutose

altera os atributos de castanho da crosta, aderência, dureza e crocância do bolo padrão, independente do tipo de prebiótico. A aceitabilidade e preferência entre os consumidores são semelhantes para os bolos de laranja com prebióticos e o bolo padrão, e maiores do que para os bolos de laranja produzidos comercialmente.

A substituição da farinha de arroz por 25%, 50% e 75% de inulina/oligofrutose em cookies resultou em alterações nas propriedades químicas, físicas e sensoriais, sendo que o cookie com 25% foi tão aceito quando comparado ao cookie controle e para biscoito comercial na maioria dos atributos sensoriais, aceitação geral e intenção de compra. Essa aceitação está associada às maiores intensidades dos termos descritivos dureza e fraturabilidade, cromaticidades amarela e vermelha e volume específico, além das baixas intensidades dos termos descritivos aroma de caramelo, sabor de caramelo, brilho, adesividade, mastigabilidade, sabor doce e baixa força de corte instrumental.

De acordo com o estudo de (6) a elaboração de barras de cereais com a adição de até 4% a 6% de inulina apresentou os maiores índices de aprovação para os atributos sensoriais avaliados (aparência, aroma, sabor, textura cor e aceitação global), enquanto o produto com 8% de inulina obteve os menores resultados, destacando-se os atributos aroma e textura. Entretanto, todas as formulações tiveram porcentagens acima de 70%, sendo classificadas com boa aceitação sensorial. Além disso, a redução calórica de aproximadamente 3% na formulação com inulina comparada à padrão se deve ao menor teor de calorias encontrado na composição química da inulina (1,5 kcal/g), quando comparada ao açúcar (4 kcal/g).

Em estudo com adição de inulina GR em cereais matinais (15%), com 15% de umidade da mistura com grits de milho (64). observaram que a inulina reduziu a força de corte dos cereais matinais. Tal efeito pode estar relacionado à solubilidade em água da inulina, favorecendo sua interação com a fase aquosa do leite, e conseqüentemente reduzindo a força de corte dos cereais matinais, como observado por (65). Além disso, a força de corte de todos os produtos diminuiu quando o leite foi adicionado, embora os cereais matinais mantivessem sua textura após a adição de leite.

CONCLUSÕES

A adição de inulina vem sendo utilizada na indústria de alimentos para aumentar a qualidade de produtos na indústria de alimentos panificados, e sua ingestão resulta em muitos benefícios à saúde, como a modulação do metabolismo lipídico, a redução do risco de doenças como câncer de cólon e osteoporose, além de aumento significativo dos benefícios das bifidobactérias. Tem sido aplicada amplamente nos seus diferentes graus de polimerização em diversos produtos panificados como pães, bolos, massas alimentícias entre outros e promovendo mudanças positivas nas propriedades tecnológicas, químicas e sensoriais, dependendo das porcentagens utilizadas como ingrediente de acordo com as matrizes alimentícias. A padronização de produtos, a economia na compra de insumos, a produção em escala, a racionalização de mão de obra, redução de custo de energia e ganho de competitividade, são algumas das vantagens do investimento e inovação tecnológica. Em conclusão, frutanos tipo inulina são ingredientes que oferecem combinação única de propriedades funcionais, de saúde e tecnológicas podendo ser utilizados amplamente pela indústria alimentícia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e IF Goiano pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- 1- Ahmad A M R, Ahmed W, Iqbal S, Javed M, Rashid S, & Ul Haq I. Prebiotics and iron bioavailability? Unveiling the hidden association-A review. Trends in Food Science & Technology. (2021); 110, 584–59
- 2- Sirbu A, Arghire C. Functional Bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. Journal of Cereal Science. (2017); 75: 220–227.
- 3- Brasil JA. Efeito da adição de inulina sobre os parâmetros nutricionais, físicos e sensoriais do pão. Recife. Trabalho de conclusão de curso (graduação em nutrição). Universidade Federal de Pernambuco. Área de concentração: Ciências dos alimentos; 2006. 67 p.
- 4- Rebequi F. et al. Utilização de inulina como substituto de açúcar em paçoca de amendoim: avaliação físico-química e sensorial entre escolares. Salusvita, Bauru, v. 35, n. 3, p. 305-320, dez. 2016.
- 5- Serbai D. et al. Adição de prebiótico em barras de cereais: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre praticantes de lutas marciais. O mundo da saúde [revista em Internet] 2016 novembro São Paulo, v. 40, n. 3, p. 343-352. Disponível em: http://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/155575/A09.pdf
- 6- N. Mollakhalili-Meybodi, M. Arab, A. Nematollahi, A. Mousavi Khaneghah. Prebiotic wheat bread: Technological, sensorial and nutritional perspectives and challenges
- 7- Mattila-Sandholm T; Myllarinen P, Crittenden P, Crittenden R, Mogensen G, Fondén R, Saarela M.- Technological challenges for future probiotic foods. International Dairy Journal, Edmonton, 2002, 12(2):173-182.
- 8- ROBERFROID M B. Prebiotics: The Concept Revisited. The Journal of Nutrition, 2007, 137(11):830-837.
- 9- Munjal U, Gleis M, Pool-Zobel BL, Scharlau D. Fermentation products of inulin-type fructans reduce proliferation and induce apoptosis in human colon.
- 10- Roberfroid MB. Prebiotics: the concept revisited. J. Nutr. 2007; 137(Sup 3): S830-S837.

11- Munjal U, Gleis M, Pool-Zobel BL, Scharlau D. Fermentation products of inulin-type fructans reduce proliferation and induce apoptosis in human colon

12- Silva ASS, Hass P, Sartori NT, Anton AA, Francisco A. Frutooligossacarídeos: fibras alimentares ativas. B. Ceppa 2007; 25(2):295-304.

13- Frank A. Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition, 2002, 87(2), S287– S291.

14- Roberfroid M.; Introducing inulin-type fructans. Br J Nutr. 2005,93 (1): S13-25.

15- Leyva-Porras C. *et al.* Physical properties of inulin and technological applications. Polysaccharides, 2014, 1: 1-22,

16- Cherbut C. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. British Journal of Nutrition, 2002, 87(2), S159-S1625.

17- Oliveira KL. Desenvolvimento de cookies de café com adição de inulina. Trabalho de conclusão de curso [Graduação em tecnologia de alimentos] Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos; 2020.

18- Meier R, Lochs H. Pre-and probiotics. Ther umsch (therapeutische umshau. Revue Therapeutique, 2002, 64, 161-169.

19- Carabin IG, Flamm WG. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. Regul. Toxicol. Pharmacol, 1999, 30:268-282.

20- PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. Cienc Rural, Santa Maria, 2003, 33(2):385-390, 2003.

21- Roberfroid M B. Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition, 2005, 93: S13-S25.

22- Rastall RA.; Maitin V. Prebiotics and synbiotics: towards the next generation. Current Opinion in Biotechnology, 2002,13, 490-496.

23- Neven E. Inulina e oligofrutose – ingredientes multifuncionais para o desenvolvimento de produtos lácteos. Revista Leite e Derivados,2001 v. 11, n. 6.

24- Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos/alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde/alegações de propriedade funcional aprovadas. 2012. [Acesso em: 21 de maio em 2023]. Disponível em: www.anvisa.gov.br.

25- Drabińska N, Zieliński H, Krupa-Kozak U. Technological benefits of inulintype fructans application in gluten-free products – a review: Trends in Food Science & Technology. New York Times. 2016. 56:149-157. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.015>

26- Foschia M., Peressini D., Sensidoni A. & Brennan, C. S. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. Journal of Cereal Science, 58, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.05.010>

27-Hough, G., Buera, M. D. P., Chirife, J., & Moro, O. (2001). Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. Journal of Texture Studies, 32, 57–74. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2001.tb01034.x>

28- Sharoba A.M., Abd El-Salam A.M, Hoda Hafez. Production and evaluation of gluten free biscuits as functional foods for celiac disease patients. Journal of Agroalimentary Processes and Technologie. 2014 Jul 15;20(3):203-214.

29- Aplevicz S.K.; Dias L.F.; Nalevaiko F. S.; Alim. Nutr. = Braz. J. Food Nutr. 2013, 24(4): 379-383.

30- Zahn S, Pepke F, Rohm H. Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. Jornal Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2010. 45(12):2531–2537

31- Rodríguez-García J, Puig A, Salvador A, Hernando I (2012) Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. J Food Sci 77(2):C189–C197

32- Padalino L, Costa C, Conte A, et al. Qualidade de espaguete integral funcional de trigo duro em função do grau de polimerização da inulina. Polímeros de Carboidratos. 2017;173: 84-90.

33- Aravind, N; Sissons, MJ; Companheiros, CM ; Blazek, J .; Gilberto, EP. Effect of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. Food Chemistry. 2012;132(2):993-1002

34- O'Brien C. M. O.; Mueller A.; Scannell A. G. M.; Arendt E. K. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. Journal of Food Engineering, 2003 v. 56, n. 2-3, p. 265-267

35- Macedo, L. L.; Vimercati, W. C.; Araújo, C. D. S. Fruto-oligossacarídeos: aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 22, 1-9, e2019080, 2020.

36- Bustos, M. C., Pérez, G. T., & León, A. E. (2011). Effect of four types of dietary fibre on the technological quality of pasta. *Food Science and Technology International*, 17, 0213–0219

37- SOUZA-BORGES, P. K; SOKEI, F. R; SPAGNOL, T. D; CONTI-SILVA, A. C. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2837-2846, nov/dez. 2013.

38-ROBERFROID, M. B. Prebiotics: the concept revisited. *The Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 137, n. 11, p. 830- 837, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.830S>.

39-Damodaran, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. *Introdução à química de alimentos*. 4. ed. Porto alegre: Artemed, 2010. 890 p.

40-Capriles VD. Silva K E A, Fisberg M. **Prebióticos, probióticos e simbióticos: nova tendência no mercado de alimentos funcionais**. *Nutrição Brasil*, Rio de Janeiro, 2005, 4(6), 326-335.

41-Cuppari L. *Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto*. 2 ed. São Paulo: Manole, 2005.

42-Karkow F J A.; Faintuch J.; Karkow A GM. Probióticos: perspectivas médicas. *Revista AMRIGS*. 2007; 51(1), 38-48.

43-KIMURA, Y.O. Alimentos Simbióticos: A combinação de microrganismos probióticos com ingredientes prebióticos representa uma nova oportunidade no desenvolvimento de produtos lácteos saudáveis. *Revista Laticínios*, n.22, 2002.

44-Roberfroid M B. Function effects of foods components and the gastrointestinal system: chicory fructo-oligosaccharides. *Nutrition*, Boston, 1996, 54(11), 38-42.

45- Gibson G.R.; Roberfroid M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, Bethesda, 1995, 125(6), 1401-1412.

46- Roberfroid MB. Prebiotics: preferential substrates for specific germs? *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, 2001, 73 (suppl.), 406-409.

47- Gilland S.E. Probiotics and prebiotics. In: MARTH, E.H., STEELE, J.L., eds. Applied Dairy Microbiology. New York: Marcel Dekker, 2001. P.327-343.

48- Mattila-Sandholm, T.; Myllarinen, P.; Crittenden R.; Mogensen G, Fondén R.; Saarela M. Technological challenges for future probiotic foods. Int. Dairy J., Amsterdam, 2002, 12:173-182.

49- Cummings J.H.; Macfarlane G.T. Gastrointestinal effects of prebiotics. Br. J. Nutr., Wallingford, 2002, 87(2), S145-S151.

50- Puupponen-Pimia R.; Aura A.M.; Oksman-Caldentey K.M.; Myllarinen P.; Saarela M.; MATTILA-SANHOLM, T.; POUTANEN, K. Development of functional ingredients for gut health. Trends Food Sci. Technol., Amsterdam, 2002, 13:3-11.

51- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 14, 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>

52- Silva, J. M., Klososki, S. J., Silva, R., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Barao, C. E., & Pimentel, T. C. (2020). Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components? LWT- Food Science and Technology, v. 128, Article 109472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109472>

53- Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., & PérezAlvarez, J. A. (2008). Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. Food Microbiology, 2008, fev; v. 25, ed. 1, p.13-21.

54- Arcia, P. L., Costell, E., & Tárrega, A. (2011). Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: optimization by response surface methodology. Journal of Dairy Science, 2011, maio; v. 94, ed. 5, p. 2192-200.

55- Tárrega, A., Rocafull, A., & Costell, E. (2010). Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. LWT e Food Science and Technology, v. 43, ed. 3, p. 556-562.

56- Moscatto, J. A., Borsato, D., Bona, E., Oliveira, A. S., & Haully, M. C. O. (2006). The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. International journal of food science & technology 2006 v.41 no.2 pp. 181-188.

57- Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, v. 90, ed. 4, p. 549-555.

58- Silva, T. F., Conti-silva, A. C. Potentiality of gluten-free chocolate cookies with Added inulin/ oligofructose: Chemical, physical and sensory characterization. *LWT- Food science And Technology*, v. 90, n.1, p. 172 -179, 2018.

59- Lamsal, B. P.; Faubion, J. M. The beneficial use of cereal and cereal components in probiotic foods. *Food Reviews International*, New York, v. 25, n. 2, p. 103-114, 2009.

60- Wang, J. S.; Rosell, C. M.; Barber, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, v. 79, ed. 2, p. 221–226, 2002.

61- Korus, J. et. al., Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides, *Food. Sci. Tech. Int.*, 2006, 12(6), 489-495.

62- Mohammadi, F., Shiri, A., Tahmouzi, S., Mollakhalili-Meybodi, N., & Nematollahi, A. (2023). Application of inulin in bread: A review of technological properties and factors affecting its stability. *Food Science & Nutrition*, 11, 639–650.

63- Ferreira, S M, Capriles, V D, Conti-Silva, A C. Inulin as an ingredient for improvement of glycemic response and sensory acceptance of breakfast cereals. *Repositório Institucional UNESP*. 2021 May 01: 1-7.

64- Ferreira Suzane Martins, Capriles Vanessa Dias, Conti-Silva Ana Carolina. Breakfast cereals with inulin obtained through thermoplastic extrusion: Chemical characteristics and physical and technological properties. *Repositório Institucional UNESP*. 2021 Feb 01;137:102.



Capítulo 07

DOI: 10.53934/08082023-07

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE GRÃOS DE ERVILHA GRUPO II
TIPO 3 EM EMBALAGENS COM E SEM MICROPERFURAÇÕESCamila Coutinho Barreto *; Hilana Ceotto Vigoder **camila@baktron.com.br*

Resumo: A embalagem é um item essencial na manutenção da segurança e da qualidade dos alimentos comercializados. Um dos desafios da indústria alimentícia é o uso de embalagens adequadas e seguras, que evitem a contaminação microbiana do alimento e a redução do seu tempo de prateleira. Além disso, outros fatores podem gerar perdas econômicas, como a perda de pacotes ou de espaço no enfiamento. Por isso, este setor vem buscando tecnologias para otimizar a sua produção e evitar tais perdas, como o uso de microperfurações nas embalagens. No entanto, a presença dessas microperfurações levanta dúvidas referentes a manutenção da qualidade microbiológica dos produtos. Uma vez que não foram encontrados novos estudos na literatura a respeito da diferença de vida de prateleira de alimentos não perecíveis nos diferentes tipos de embalagem, o objetivo do presente estudo foi avaliar a carga microbiana de grãos de ervilhas embaladas com e sem microperfurações durante um período de 6 meses. Em uma análise preliminar, pôde-se observar uma tendência de redução no crescimento de bactérias aeróbias mesófilas cerca de 10 vezes na embalagem contendo microperfurações em comparação à embalagem sem microperfurações. No entanto, se faz necessária a realização de estudos adicionais para avaliação da qualidade macroscópica dos grãos, uma vez que a presença de microperfurações poderia facilitar a entrada de insetos e outros contaminantes durante o armazenamento e a exposição nas gôndolas de supermercado.

Palavras-chave: Embalagem; Ervilha; Microperfurações; Segurança de alimentos

Abstract: Packaging is essential to commercialized food quality and safety. Finding the proper packaging to avoid product exposure to extreme conditions such as microbial contamination, which can lead to reduction of the expected shelf life, is one of food industry challenges. In addition, other factors can generate economic impact, such as package loss or inefficient baling. Therefore, the industry has been seeking for technologies to optimize production and avoid these losses, such as the use of microperforations in packaging. However, perforated packages raises doubts regarding microbiological quality of the products. Since no new data were found in the literature regarding perforated packaging impact on pea shelf life, the aim of the present study was to evaluate the microbial load of pea grains packed with and without microperforations. In a preliminary analysis it was observed a trend in the growth of mesophilic aerobic bacteria, about 10 times lower in the perforated than non-perforated package. However, further studies are needed in order to

evaluate the grains for macroscopic contaminants, since the perforated package could allow insects entry during storage and exposure on market shelves.

Keywords: Package; Pea; Microperforated; Food Safety

INTRODUÇÃO

Um dos desafios da indústria de alimentos é o uso de embalagens adequadas e seguras para evitar que haja a exposição do produto ao calor, luz, poeira, água e microrganismos que possam contaminar o alimento e diminuir seu tempo de prateleira. Além disso, outros fatores relacionados as embalagens podem gerar perdas econômicas, como a perda de pacotes ou de espaço no enfiamento. Devido a estes fatos, a indústria vem buscando tecnologias de forma a otimizar a produção e evitar essas perdas (1).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 91/2001, define embalagem para alimentos como “artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agente externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações” (2).

Estudos realizados com carne fresca embalada com filme de polipropileno demonstraram que esses alimentos sofrem com o aumento da umidade relativa no interior da embalagem, resultando na redução do seu prazo de validade. Neste sentido, a presença de perfurações na embalagem seria uma alternativa, onde a regulação da troca de vapor de água e gás seria possível (3).

Esse mesmo efeito foi observado em embalagens de frutas e verduras, nas quais as vantagens da presença de perfurações nas embalagens foram descritas. Dentre elas pode-se destacar: o ajuste da atmosfera do interior da embalagem quando o alimento é exposto a diferentes temperaturas, redução da perda de água, prevenção de condensação pelo vapor de água e ainda evitando efeitos deletérios como alteração de sabor, fermentação ou danos por excesso de CO₂ (4, 5).

No caso de grãos e farinhas, as microperfurações funcionam como uma espécie de válvula, permitindo a saída do ar quando o pacote é pressionado, garantindo maior eficiência no enfiamento, reduzindo a perda de espaço, perda de alinhamento e perdas de pacotes devido ao rompimento acidental ou proposital das embalagens. Além disso, em 2021, um estudo do Instituto SENAI de Tecnologia Química e Meio Ambiente do Rio de Janeiro mostrou tendência ao aumento da carga microbiana em farinha de mandioca e grãos de ervilha em embalagem sem microperfurações (6).

No entanto, apesar de oferecer vantagens, a presença de microperfurações ainda levanta dúvidas referentes a manutenção da qualidade microbiológica dos produtos, uma vez que a contaminação por microrganismos é uma das principais causas de redução do prazo de validade ao acelerar a deterioração de alimentos, além de gerar riscos à saúde do consumidor (7).

Os alimentos não perecíveis, como cereais, grãos e farinhas, possuem características que permitem que sua estocagem a temperatura ambiente por um período prolongado sem que haja crescimento microbiano suficiente para se caracterizar a deterioração, devido à sua

baixa atividade de água (Aa), desde que o local do armazenamento seja arejado, limpo e livre de umidade (7, 8).

A ervilha é uma leguminosa da espécie *Pisum Sativum*, L. utilizada como alimento, onde de suas vagens são extraídos grãos comestíveis (9). No Brasil, as características de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação de ervilha seca destinada à comercialização é definida pela Portaria MAPA nº 065/93 (10).

De acordo com a portaria, produtos que contém, no mínimo, 98% de ervilhas partidas são classificadas como ervilhas do Grupo II, e a determinação do tipo da ervilha se dá de acordo com os limites máximos de tolerância estipulados no Anexo I da referida norma para os parâmetros de umidade, matérias estranhas e impurezas, e grãos avariados, sendo as ervilhas classificadas em cinco possíveis tipos (10).

As ervilhas do tipo 3 possuem limite máximo de tolerância em percentual de peso de até 15% para umidade, 1,5% para matérias estranhas e impurezas, 2% para grãos ardidos ou mofados, 1% para grãos carunchados, 4% para grãos manchados ou descoloridos e 12% para o total de grãos avariados (10).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar a carga microbiana total de grãos de ervilhas grupo II tipo 3, embaladas com e sem microperfurações, a fim de se avaliar possíveis vantagens e possíveis riscos microbiológicos associados ao uso de embalagens contendo microperfurações.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram testados dois lotes de grãos de ervilha de uma marca comercialmente conhecida, um contendo microperfurações na embalagem e o outro não. Os pacotes continham 500g de ervilha e foram embalados no mesmo momento, a partir da mesma matéria prima.

De forma a acelerar o processo de deterioração, após a análise microbiológica inicial, as embalagens de ambos os lotes foram incubadas a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ em estufa bacteriológica. Após 3 meses as embalagens foram transferidas para estufas bacteriológicas em temperatura de $36 \pm 2^\circ\text{C}$, onde permaneceram até o fim do estudo.

Os produtos foram analisados no tempo inicial, no final de fevereiro de 2022 e em intervalos médios de 30 dias, com tempo final de 6 meses, em setembro do mesmo ano. Em cada um dos cinco tempos, foi analisado um único pacote de cada tipo de embalagem (n=5), sendo os pacotes descartados após a realização dos ensaios. A análise de mais pacotes em cada tempo não foi possível devido a quantidade de pacotes que foram cedidos para os testes.

As análises microbiológicas de bactérias aeróbias mesófilas e bolores e leveduras foram realizadas no Laboratório Baktron Microbiologia LTDA, e tinham como objetivo verificar a carga microbiana total dos alimentos, segundo as metodologias ABNT NBR ISO 4833-1:2015 (11) e ABNT NBR ISO 21527-1:2021 (12), respectivamente. Estes métodos foram selecionados por serem normatizados e validados, sendo adequados para o uso pretendido.

Foram pesados assepticamente 25 gramas de ervilha, que foram transferidos para um saco estéril, onde foram adicionados 225 mL de água peptonada tamponada (0,1 % m/V; Oxoid). As amostras foram submetidas a um homogeneizador de amostras (LS 190 1N, Logen Scientific) por 60 segundos. Para a contagem de bactérias, foi transferido 1 mL da suspensão, em duplicata, para placas de Petri 90 x 15 mm descartáveis estéreis (Olen), onde foi adicionado cerca de 25 mL de ágar padrão de contagem (PCA; Oxoid). Para a contagem de bolores e leveduras, foi adicionado 0,1 mL da suspensão, em duplicata, na superfície de placas de Petri 90 x 15 mm contendo ágar dicloran rosa-bengala cloranfenicol (DRBC; Oxoid), que foi espalhado por uma alça de Drigalski estéril. Os meios de cultura foram incubados a 37°C por 48 horas e 25 °C por 5 dias, respectivamente.

A análise estatística dos resultados foi realizada através do teste t para grupos independentes, utilizando o software Statistica 10 (StatSoft GmbH).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado no tempo zero, para ambos os tipos de embalagem, a contagem de 10 UFC/g ($1,00 \log_{10}$) de bactérias mesófilas aeróbias e de <100 UFC/g (< $2,00 \log_{10}$) de bolores e leveduras.

Após cerca de 60 dias, a contagem de bactérias na embalagem sem as microperfurações foi de 100 UFC/g ($2,00 \log_{10}$), enquanto na embalagem com as microperfurações permaneceu em 10 UFC/g ($1,00 \log_{10}$). A contagem de bolores e leveduras foi de <100 UFC/g ($2,00 \log_{10}$) em ambos os tipos de embalagem.

As análises microbiológicas revelaram que após 3 e 5 meses a contagem de bactérias mesófilas aeróbias na embalagem com microperfurações foi de 30 e 70 UFC/g ($1,48$ e $1,85 \log_{10}$), enquanto na embalagem sem as microperfurações foi de 970 e 5300 UFC/g ($2,99$ e $3,72 \log_{10}$), respectivamente. Com relação à contagem de bolores e leveduras, na embalagem com microperfurações foi observada contagem de 100 ($2,00 \log_{10}$) e <100 UFC/g (< $2,00 \log_{10}$), respectivamente, enquanto na embalagem sem microperfurações, em ambos os tempos foi observado 200 UFC/g ($2,30 \log_{10}$).

Após um período de 6 meses, a contagem final de bactérias aeróbias mesófilas observada na embalagem com microperfurações foi de 180 UFC/g ($2,26 \log_{10}$), enquanto na embalagem sem microperfurações foi observado crescimento de 9.400 UFC/g ($3,97 \log_{10}$). A contagem observada de bolores e leveduras foi de <100 (< $2,00 \log_{10}$) e 200 UFC/g ($2,30 \log_{10}$) nas embalagens com e sem microperfurações, respectivamente.

Os resultados em \log_{10} obtidos para cada tipo de embalagem, em cada tempo analisado, estão descritos na Tabela 1, e a representação gráfica dos resultados pode ser observada na Figura 1.

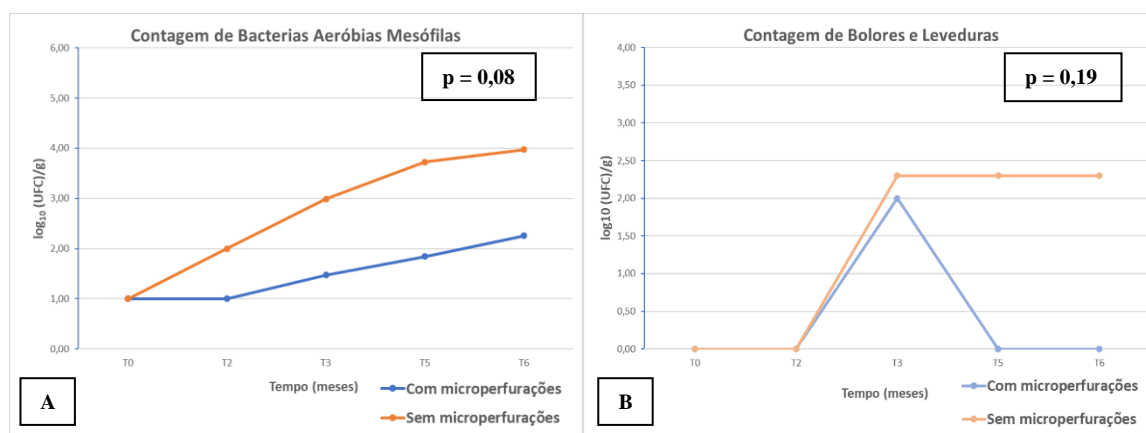
Tabela 1 - Contagem de bactérias aeróbias mesófilas e bolores e leveduras nas amostras de ervilha em embalagem com e sem microperfuração nos tempos 0, 2, 3, 5 e 6 meses expressas em UFC/g e em \log_{10} .

		Com microperfurações				Sem microperfurações			
		CB (UFC/g)	\log_{10}	CBL (UFC/g)	\log_{10}	CB (UFC/g)	\log_{10}	CBL (UFC/g)	\log_{10}
T0	25/02/22	10	1,00	<100	<2,00	10	1,00	<100	<2,00

T2	06/05/22	10	1,00	<100	<2,00	100	2,00	<100	<2,00
T3	15/06/22	30	1,48	100	2,00	970	2,99	200	2,30
T5	01/08/22	70	1,85	<100	<2,00	5300	3,72	200	2,30
T6	19/09/22	180	2,26	<100	<2,00	9400	3,97	200	2,30

CB: Contagem de bactérias aeróbias mesófilas; CBL: contagem de bolores e leveduras; UFC/g: unidade formadora de colônias por grama; \log_{10} : logaritmo de base 10.

Apesar de não ser observada diferença estatisticamente significativa para a contagem de bactérias mesófilas aeróbias e de bolores e leveduras entre os dois tipos de embalagem analisados, principalmente devido ao baixo número amostral de pacotes analisados em cada tempo, é possível observar uma tendência de aumento na contagem de bactérias mesófilas aeróbias relativamente maior na embalagem sem microperfurações do que na embalagem que possui as microperfurações, sendo observado no tempo final uma diferença de quase 2 \log_{10} entre as diferentes embalagens.



UFC/g: unidade formadora de colônias por grama; \log_{10} : logaritmo de base 10.

Figura 1 - Contagem de bactérias aeróbias mesófilas (A) e bolores e leveduras (B) nas amostras de ervilha em embalagem com e sem microperfuração nos tempos 0, 2, 3, 5 e 6 meses.

De acordo com a legislação vigente, as embalagens de alimentos têm como finalidade protegê-los de agentes externos, de alterações e contaminações (2), portanto, uma das preocupações relacionada à presença de microperfurações na embalagem está correlacionada com a entrada de contaminantes através desses poros.

Um estudo anterior de 2021 que analisou a diferença da carga microbiana de pacotes com ou sem microperfurações de grãos e farinhas, demonstrou que, mesmo após a aplicação de inóculo microbiano com concentração de 108 UFC/mL na região da embalagem contendo microperfurações, nenhum dos microrganismos inoculados foi detectado, mesmo após incubação em condições adequadas para o crescimento microbiano por 3, 7 e 15 dias (6).

No presente estudo não foi possível se observar uma diferença estatisticamente significativa entre os tipos de embalagem analisadas, embora tenha sido possível notar uma tendência ao aumento da carga microbiana no interior da embalagem que não continha microperfurações.

A partir do segundo mês de análise a contagem de bactérias aeróbias mesófilas observada na embalagem com microperfurações foi 10 vezes menor em comparação à embalagem sem microperfurações. O mesmo foi observado nos meses seguintes, sendo na

contagem final de bactérias aeróbias mesófilas na embalagem sem microperfurações mais de 50 vezes maior que a contagem na embalagem sem microperfurações analisada no mesmo tempo.

Com relação à contagem de bolores e leveduras, as contagens ficaram próximas entre os dois tipos de embalagem, sendo necessário a realização de um estudo com um maior tempo de duração para observação do comportamento desses microrganismos nos diferentes tipos de embalagem, uma vez que bolores possuem um tempo de geração maior em comparação às bactérias.

Os resultados observados se assemelham a estudos realizados em vegetais e hortaliças frescas (13), trufas (14) e produtos cárneos fermentados (15) embalados com atmosfera modificada, onde a presença das microperfurações nas embalagens plásticas permitem troca de gases, evitando o desenvolvimento de uma atmosfera propícia ao crescimento de microrganismos (16).

Em estudo de 2010, Rivera e colaboradores (14) já haviam observado que embalagens de atmosfera modificada contendo microperfurações ajudam a manter o aspecto fresco de trufas, além de reduzir a contaminação microbiológica. Após duas semanas de armazenamento, a contagem de *Pseudomonas* spp. decaiu nas embalagens com microperfurações em comparação ao grupo controle, enquanto a contagem observada de *Enterobacteriaceae* em uma das espécies de trufas analisadas após o mesmo período se manteve estável na embalagem com microperfurações, enquanto a contagem do grupo controle aumentou. Já a contagem de bolores e leveduras também se manteve estável após 21 dias para as duas espécies analisadas nas embalagens com microperfurações, entretanto pode-se observar um aumento da carga microbiana no grupo controle.

A presença de microperfurações em embalagens manteve as características de linguiças fermentadas secas por mais tempo (15). Nesse estudo, Canel e colaboradores (15) observaram a influência das embalagens microperfuradas na manutenção da camada externa de *Penicillium nalgiovense*, fungo utilizado para conferir sabor e proteger o produto da colonização de microrganismos deteriorantes, em salame artesanal. As microperfurações não só impediram a redução da população e mantiveram a integridade do *P. nalgiovense*, como reduziu a perda de água do produto.

Koutsimanis, Harte e Almenar (17), observaram menor índice de decomposição fúngica em cerejas sem caule em embalagem contendo microperfurações. Após 21 dias do produto armazenado a 1°C, não houve nenhuma perda relacionada a decomposição fúngica, porém todos os produtos embalados nas embalagens controle (sem as perfurações) estavam impróprios para consumo após o mesmo período. Além disso, a embalagem estudada reduziu a perda de peso a 0,8%, em comparação aos controles, onde foi observado cerca de 16% de perda, e promoveu melhorias no aroma, cor, acidez, entre outros aspectos.

Toscano e colaboradores (13) compararam esses mesmos tipos de embalagem para aspargos frescos. Foi observado que a embalagem de polipropileno contendo microperfurações foi a melhor opção para manter a aparência do aspargo fresco dentre as embalagens testadas.

É importante ressaltar que esses estudos avaliaram a influência das microperfurações nas embalagens associadas ao uso de atmosfera modificada no interior dos pacotes, avaliando não só a influência das microperfurações na qualidade organoléptica e microbiológica dos produtos, mas também na manutenção das características atmosféricas no interior da embalagem.

Até onde é do nosso conhecimento, não foram publicados novos estudos abordando novas tecnologias de embalagem de grãos não-percíveis e nem sobre a relação da atmosfera interna da embalagem com a qualidade dos grãos. No entanto, acredita-se que, uma vez que

a presença das microperfurações na embalagem permite uma troca de gases eficiente e evita acúmulo de umidade, o ambiente interno da embalagem se torne menos propício para o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes.

Alimentos não-perecíveis possuem um longo tempo de prateleira e são menos suscetíveis a deterioração devido às suas características intrínsecas (18). Ainda assim, obter um maior tempo de prateleira é de interesse da indústria de alimentos, uma vez que o prazo de validade interfere diretamente nas perdas, gerando impacto econômico (19).

Estudos futuros, utilizando um maior número de amostras para cada tempo analisado, e aumentando o período de incubação das amostras, podem trazer resultados mais conclusivos aos já observados no presente estudo.

CONCLUSÕES

O presente estudo representa uma análise preliminar acerca do impacto de embalagens com microperfurações sobre a carga microbiana de ervilhas secas do grupo II, tipo 3. Os resultados obtidos sugerem que a presença de microperfurações nas embalagens de grãos de ervilha poderia melhorar a qualidade microbiológica dos grãos no interior da embalagem, consequentemente aumentando sua vida de prateleira, uma vez que a contagem de bactérias aeróbias mesófilas no tempo final do estudo na embalagem com microperfurações foi cerca de 10 vezes menor em comparação à embalagem sem os microfuros.

No entanto a realização de estudos adicionais utilizando um número maior de amostras por tipo de embalagem e com um maior tempo de duração são necessários. Além disso, estudos para avaliação da qualidade macroscópica dos grãos, uma vez que a presença de microperfurações poderia facilitar a entrada de insetos e outros contaminantes durante o armazenamento e exposição dos produtos, também se fazem necessários para avaliar o risco desse tipo de contaminação nas diferentes embalagens.

AGRADECIMENTOS

À Baktron Microbiologia LTDA. por ceder suas instalações e os insumos necessários para o desenvolvimento e execução desse trabalho. Ao Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* em Gestão da Segurança de Alimentos e Qualidade Nutricional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro-IFRJ. À Vitalis Industria de Alimentos LTDA. por ceder a matéria-prima e embalagens que foram submetidos aos ensaios.

REFERÊNCIAS

1. Mattos L M, Moretti CL, Ferreira, MD. Modified Atmosphere Packaging for Perishable Plant Products. In: Dogan, F (Ed). Polypropylene. Rijeka: InTech, 2012.

2. Brasil, Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001. Aprova o Regulamento Técnico “Critérios Gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos”. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-91-de-11-de-maio-de-2001.pdf>>.
3. Lee KT, Choi WS, Yoon CS. Effects of micro-perforated film on the quality and shelf life improvements of pork loins during chilled storage. *Meat Sci.* 2003;66(1):77-82.
4. Mangaraj S, Goswami TK, Mahajan, PV. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. *Food Eng. Rev.* 2009;1(133):133-58.
5. Oliveira FAR, Fonseca SC, Oliveira JC, Brecht JK, Chau KV. Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest. *Food Sci. and Technol. Int.* 1998;4(5): 339-52.
6. Firjan. Teste do IST evita que indústria de grãos e farinhas seja multada pela Vigilância Sanitária [Internet]. 2021 [acesso em 2021 Ago 17]. Disponível em: <www.firjan.com.br/noticias/teste-do-ist-evita-que-industria-de-graos-e-farinhas-seja-multada-pela-vigilancia-sanitaria.htm>.
7. Brar PK, Daniluk MD. Nuts and grains: microbiology and preharvest contamination risks. *Microbiol. Spectr. J.* 2018;6(2).
8. Beuchat LR, Komitopoulou E, Beckers H, Betts RP, Bourdichon F, Fanning S *et al.* Low-water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens. *J. Food Prot.* 2013;76(1):150-72.
9. Sousa JSI, Toledo FF, Reichardt K, Filho JM. Enciclopédia agrícola brasileira – Volume 5. São Paulo: EDUSP, 2000.
10. Brasil. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 065, de 16 de fevereiro de 1993. Aprova as anexas Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do Alpiste, da Ervilha, da Lentilha, do Girassol e da Mamona, devidamente assinadas pelo Secretário de Defesa Agropecuária e pelo Diretor do Departamento Nacional de Produção e Defesa Vegetal. Disponível em:

<<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtPortalMapa&chave=1144760946>>.

11. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 4833-1: Microbiologia da cadeia produtiva de alimentos - Método horizontal para a enumeração de microrganismos - Parte 1: Contagem de colônias a 30 ° C pela técnica de *pour plate*. Rio de Janeiro; 2015.

12. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 21527-1: Microbiologia de alimentos para consumo humano e animal - Método horizontal para enumeração de leveduras e bolores - Parte 1: Técnica de contagem de colônias em produtos com atividade de água superior a 0,95. Rio de Janeiro; 2021.

13. Toscano S, Rizzo V, Licciardello F, Romano D, Muratore G. Packaging solutions to extend the shelf Life of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) ‘Vegalim’. Foods. 2021;10(2):478.

14. Rivera CS, Blanco D, Salvador ML, Venturini ME. Shelf-life extension of fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles by modified atmosphere packaging with microperforated films. J. Food Sci. 2010;75(4):E225-33.

15. Canel RS, Guerrissi S, Sanchez M, Mónaco G, Laich F, Wagner JR *et al.* Microbiological and sensory characteristics of mould-ripened salami under different packaging conditions. Food Technol. Biotechnol. 2019;57(1):87-96.

16. Brandenburg JS, Zagory D. Modified and Controlled Atmosphere Packaging Technology and Applications. In: Yahia EM. (Ed). Modified and Controlled Atmospheres for the Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities. Boca Raton: CRC Press, 2009.

17. Koutsimanis G, Harteb J, Almenara E. Freshness maintenance of cherries ready for consumption using convenient, microperforated, bio-based packaging. J. Sci. Food Agric. 2014;95(5):972-82.

18. Pinto UM, Landgraf M, Franco BDGM. Deterioração microbiana dos alimentos. In: Microbiologia e higiene de alimentos: teoria e prática. Rio de Janeiro: Rubio, 2019.

19. Santos JS, Oliveira MBPP. Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. Braz. J. Food Technol. 2012;15(1):1-14.



Capítulo 08

DOI: 10.53934/08082023-08

NANOPARTÍCULA DE OURO PARA DETECÇÃO DO ÁCIDO
PALMÍTICO

Patrícia Avelar Ribeiro^{ID*}; Ana Luiza Schuenck Alberice Monteiro^{ID};
Renata Carolina Zanetti Lofrano^{ID}; Jane Sélia dos Reis Coimbra^{ID};
Igor José Boggione Santos^{ID}

*Autor correspondente_ Email: patricia.avelar.ribeiro@gmail.com

Resumo: A composição do leite, principalmente o teor de gordura, determina a qualidade e seu valor de mercado, portanto a análise deste teor é fundamental para o setor do laticínio. Além da porcentagem total de gordura, a composição dos ácidos graxos livres pode ser utilizada como indicador de qualidade do leite. O ácido palmítico, é um ácido graxo saturado de maior abundância no leite. Atualmente na indústria, os métodos utilizados para medir o teor de gordura são trabalhosos, perigosos e possuem alta margem de erro. Portanto, faz-se necessário um novo sistema de monitoramento para teor de gordura láctea. Dito isso, apresentamos no presente trabalho, a utilização de nanopartículas de ouro com tamanho de $1,2 \pm 0,2$ nm para detecção do ácido palmítico. A nanopartícula de ouro foi escolhida devido a sua excelente propriedade óptica e apresentou resultados excelentes nos métodos quantitativos de RGB e espectroscopia. Demonstrando assim, a alta capacidade desta nanopartícula para a produção de um nanosensor sensível colorimétrico para detecção de gordura do leite.

Palavras-chave: ácido graxo; gordura láctea; nanosensor colorimétrico; nanotecnologia

Abstract: The composition of milk, especially the fat content, determines its quality and market value, so the analysis of the compounds is critical for the dairy industry. In addition to the total fat percentage, the composition of free fatty acids can be used as an indicator of milk quality. Palmitic acid is the most abundant saturated fatty acid in milk. Currently in the industry, the methods used to measure fat content are labor-intensive, dangerous and have a high margin of error. Therefore, a new monitoring system for milk fat content is needed. That said, we present in the present work, the use of gold nanoparticles with a size of 1.2 ± 0.2 nm for the detection of palmitic acid. The gold nanoparticle was chosen due to its excellent optical property and showed excellent results in quantitative RGB and spectroscopy methods. Thus, demonstrating the high capability of this nanoparticle for the production of a colorimetric-sensitive nanosensor for milk fat detection.

Keywords: fatty acid; milk fat; colorimetric nanosensor; nanotechnology

INTRODUÇÃO

O leite, produzido nas glândulas mamárias das fêmeas dos mamíferos, é um importante fluido biológico que atende as necessidades específicas dos indivíduos, por se tratar de um alimento altamente nutritivo, fonte de carboidratos, gorduras, minerais e vitaminas (1). Os seres humanos, quando bebês consomem o leite advindo da própria espécie, e quando adquirem uma certa idade, passam a consumir o biofluido de outras espécies, sendo que a produção mundial do leite é ofertada por cinco espécies animais, são elas: vacas (83%), búfalas (13%), cabras (2%), ovelhas (1%) e camelo (0,4%) (2). A indústria de laticínios ocupa, atualmente, um importante lugar no setor agrícola, sendo o Brasil, um dos países mais competitivos nos mercados internacionais e o terceiro maior produtor mundial de leite bovino, com um volume anual de 34 bilhões de litros, portanto, o Brasil é um grande protagonista em negócios agroalimentares (3,4).

A composição do leite é um fator essencial para a qualidade dos produtos lácteos, uma vez que as propriedades do leite estão relacionadas com os compostos encontrados no fluido (5). Diversos fatores podem afetar a composição do leite, como a raça, idade, estágio de lactação, estado de saúde, tipo de alimentação dada ao animal e efeitos sazonais e regionais (1). O leite bovino é composto por macronutrientes: água, carboidratos, lipídeos e proteínas, e micronutrientes, como vitaminas e minerais (2).

Os lipídeos estão presentes no leite nas concentrações de 2,9 a 3,5 %, e são considerados um dos componentes mais importantes, visto que são responsáveis pelas propriedades reológicas e organolépticas dos produtos lácteos, bem como, contribuir para características sensoriais e estabilidade em emulsões (6,7). Dentro do glóbulo de gordura láctea, estão presentes os ácidos graxos em diferentes comprimentos de cadeia, sendo o ácido palmítico (C16:0) encontrado em maior quantidade, representando 22 a 35% dos ácidos graxos totais (8,9). O ácido palmítico no leite bovino, devido a sua posição sn-2 do triacilglicerol, oferece maior estabilidade e baixa massa molecular, portanto, são metabolizados e absorvidos rapidamente (10). É um ácido graxo saturado de 16 carbonos, possui um ponto de fusão de 62,8 °C e um pK de 4,78 (11).

O método tradicionalmente mais utilizado na indústria de alimentos para determinar o teor de gordura no leite é o teste de Gerber, baseado no princípio de destruição das micelas de gordura e a dissolução da caseína, no entanto, é um método perigoso e que necessita de muitas etapas (12,13). Há também equipamentos modernos para análise do teor de gordura, baseados em técnicas cromatográficas e de espectroscopia, entretanto, são métodos dispendiosos que necessitam de equipamentos especializados (14–17).

O termo nanotecnologia é definido como uma tecnologia precisa que utiliza de fenômenos em escala nanométrica, uma área de pesquisa em grande expansão devido a sua capacidade de melhorar a qualidade dos diversos setores industriais no qual essa tecnologia vem sendo inserida, bem como, promover o crescimento econômico (18,19). Introduzidos neste conceito, as nanoestruturas (estruturas com dimensões nanométricas), oferecem diversas aplicações, visto que apresentam propriedades físico-químicas ajustáveis, bem como, uma elevada área superficial que permite aumentar as características de interesse da estrutura (20).

As nanoestruturas metálicas possuem características estruturais únicas e propriedades eletrônicas e físico-químicas importantes, visto que, através da modulação de sua composição, tamanho, forma e estrutura é possível ajustar as propriedades e comportamentos de acordo com a finalidade esperada (21,22). Dentre os vários nanomateriais metálicos, as nanoestruturas de ouro (AuNP) têm atraído um grande interesse para pesquisa devido às suas propriedades ópticas e físicas distintas, uma vez que, de acordo

com suas características, principalmente o estado de agregação da molécula, é possível observar a mudança de coloração na nanoestrutura (23).

Dito isso, o objetivo do presente trabalho foi analisar a interação da nanopartícula de ouro com o ácido palmítico, com o intuito de observar a mudança de coloração da solução de acordo com a concentração do ácido graxo, para que futuramente seja possível a criação de um nanossensor colorimétrico para análise do teor de gordura do leite bovino.

MATERIAL E MÉTODOS

Os reagentes utilizados na pesquisa eram de grau de pureza analítico e foram adquiridos em laboratórios do Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos – UFSJ/CAP. Todas as soluções aquosas foram preparadas com água destilada. Os espectros de absorção do UV-Vis foram registrados na gama de 700-300 nm no leitor de microplaca Synergy HT (Biotek, EUA).

Síntese de AuNPs

As nanopartículas de ouro foram sintetizadas através da redução de ácido cloroáurico (HAuCl_4) mediada por citrato, de acordo com procedimentos previamente publicados (24), com modificações necessárias. Desta forma, 100 mL de uma solução aquosa de HAuCl_4 na concentração de 1 mmol L^{-1} foi preparada e aquecida em um agitador magnético C-MAG HS10 (IKA, Poland) com vigorosa agitação, após a fervura, foi adicionado 10 mL de uma solução de citrato de sódio a $38,8 \text{ mmol L}^{-1}$, momento em que houve a mudança de coloração de amarelo pálido para vermelho escuro. O aquecimento da solução foi mantido por mais 10 minutos e a agitação permaneceu até à temperatura ambiente, posteriormente, a solução foi armazenada a $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Para a análise, as AuNPs foram diluídas em água destilada na concentração de 1:10 (v/v).

Caracterização das AuNPs

O tamanho hidrodinâmico da nanopartícula, o índice de polidispersão (PDI) e o potencial Zeta foram determinados no Zetasizer PN3702 (Malvern Instruments, UK) via espalhamento de dinâmico de luz. As medidas foram realizadas utilizando um detector de fotodiodo de avalanche e um correlacionador sem qualquer purificação adicional. A fonte de luz foi um laser HeNe de 35 mW e potência de $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, linearmente polarizada. Para o controle de intensidade foi empregado um sistema de polarizadores cruzados. O ângulo de detecção foi fixo em 173° e as medidas correlacionadas pelo algoritmo CONTIN.

Preparação do ensaio colorimétrico

Baseado em estudos previamente publicados, foi possível desenvolver e aplicar o método descrito abaixo para a produção da solução de ácido palmítico (25–27). E posteriormente, foi realizado o ensaio colorimétrico, utilizando as nanopartículas de ouro previamente preparadas.

Foi produzida uma amostra de solução padrão e uma amostra de controle, denominada de branco. As concentrações utilizadas no preparo das amostras estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações utilizadas para a síntese da solução de ácido palmítico.

Amostra	Concentração de ácido palmítico (g/mL)	Concentração de ácido ascórbico (g/mL)	Volume de isopropanol (mL)
Solução padrão	$23,10 \cdot 10^{-3}$	$1,762 \cdot 10^{-3}$	10
Branco	-	$1,762 \cdot 10^{-3}$	10

Com a solução de ácido palmítico preparada, foi possível seguir para a próxima etapa, em que se adicionou as nanopartículas de ouro, bem como, uma solução de surfactante (Dodecilbenzeno Sulfonato de Sódio a 10%) para facilitar a solubilização dos compostos. Foram produzidas 6 amostras, com concentrações diferentes, conforme demonstrado na Tabela 2. Para as amostras do controle, utilizou-se 500 μL da solução branco, 500 μL da solução de surfactante e 1500 μL da AuNP.

Tabela 2 - Método aplicado no ensaio colorimétrico e concentrações utilizadas no processo.

Amostra	Volume AuNP (μL)	Volume de solução de Ácido Palmítico (μL)	Volume de solução de surfactante (μL)	Concentração final do ácido palmítico (g/mL)
1		400		$3,85 \cdot 10^{-3}$
2		600		$5,33 \cdot 10^{-3}$
3	500	800	500	$6,60 \cdot 10^{-3}$
4		1000		$7,70 \cdot 10^{-3}$
5		1200		$8,66 \cdot 10^{-3}$
6		1400		$9,51 \cdot 10^{-3}$

Fotos das amostras foram tiradas para análise de cores RGB (Red, Green e Blue), utilizando o software PhotoDirector 8, em que 3 pontos de cada amostra foi analisado no histograma, e então, realizou-se a média e o cálculo do valor de cor (CV), posteriormente, as amostras foram filtradas, em filtro de polifluoreto de vinilideno (PVDF) de 0,45 μm para que o filtrado seguisse para a análise de leitura UV-Vis. A medição no espectrofotômetro foi realizada utilizando microplacas de 96 poços, adicionando 200 μL de cada amostra em cada poço da primeira linha da microplaca. Todas as varreduras foram realizadas de 400 a 700 nm, com passo de 1,0 nm por ponto de medição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As AuNPs sintetizadas apresentaram uma coloração vermelho vivo, um tamanho de $1,2 \pm 0,2$ nm, PDI de $0,351 \pm 0,185$ e um potencial zeta de $-10,3 \pm 3,74$ mW. O gráfico de

varredura das nanopartículas diluídas 1:10 (v/v) segue representado na Figura 1, onde observa-se um forte pico de absorção em 525 nm, estando de acordo com a literatura (28).

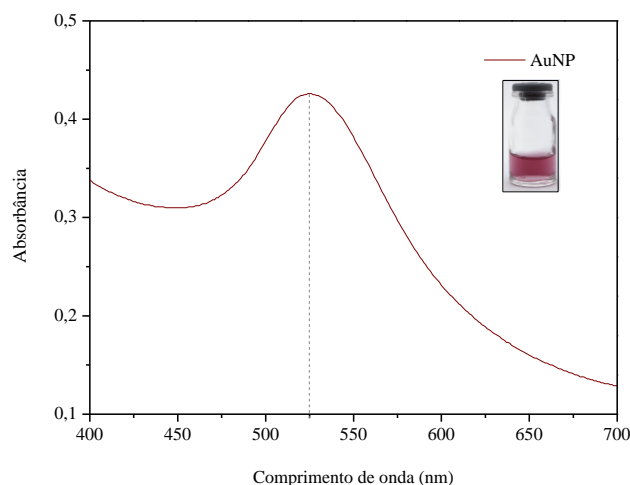


Figura 1 - Perfil espectral de absorção das nanopartículas de ouro obtida no UV-Vis.

Na literatura as nanopartículas metálicas, principalmente as AuNPs, são exploradas para determinação colorimétrica óptica de diferentes tipos de substâncias, baseado na mudança de coloração destas nanopartículas quando em contato com um analito específico (29–35). No entanto, até o presente momento, não foi relatado a utilização de nanopartículas de ouro para detecção colorimétrica de ácidos graxos. Portanto, as AuNPs foram utilizadas para detecção colorimétrica do ácido palmítico (C:16), seguindo a metodologia citada acima. Os resultados visuais estão demonstrados na Figura 2, onde observa-se que com o aumento das concentrações de ácido palmítico, ocorreu uma mudança na coloração do vermelho para o azul, sendo comprovado nas análises de imagem RGB e no espectrofotômetro UV-Vis.

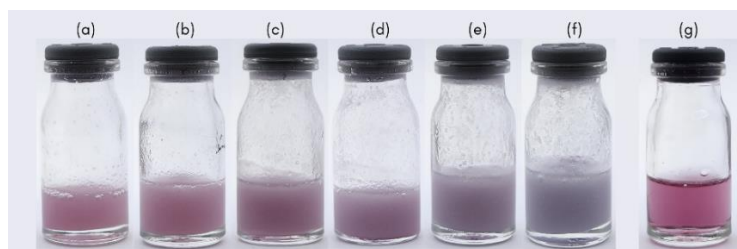


Figura 2 - - Fotos das amostras preparadas com diferentes concentrações de ácido palmítico. (a) Amostra 1. (b) Amostra 2. (c) Amostra 3. (d) Amostra 4. (e) Amostra 5. (f) Amostra 6. (g) Branco.

A mudança de coloração foi quantificada a partir do histograma obtido no software PhotoDirector 8, em que foi analisado as diferentes combinações das cores vermelho, verde e azul e a reprodução de um largo espectro cromático. Para isso, utilizou-se da Equação 1, onde avaliou a intensidade do componente vermelho comparado com à intensidade total dos componentes vermelho, verde e azul (36). A escala padrão RGB é determinada por números inteiros, de 0 a 225, para cada uma das três cores, sendo que o número (0,0,0) representa a coloração preta e (255,255,255) corresponde à cor branca (37).

$$CV (dB) = 10 \log \left[\frac{R}{(R+G+B)} \right] \quad (1)$$

Em que, R, G e B representam a intensidade óptica do vermelho, verde e azul, respectivamente.

Na Tabela 3, estão representados os valores médios de RGB, bem como os valores de CV de cada amostra. Os parâmetros de CV estão representados na Figura 3 em função das concentrações de ácido palmítico.

Tabela 3 - Valores médios de RGB e parâmetros CV de AuNPs com diferentes concentrações de ácido palmítico.

Concentração (g/mL)	R	G	B	CV
$3,85 \cdot 10^{-3}$	$111,67 \pm 1,53^{aA}$	$100,67 \pm 1,53^{aA}$	$88,67 \pm 1,53^{bB}$	-4,30643
$5,33 \cdot 10^{-3}$	$103,67 \pm 4,16^{aA}$	$97,67 \pm 4,16^{aA}$	$83,67 \pm 4,93^{bB}$	-4,38189
$6,60 \cdot 10^{-3}$	$87,33 \pm 5,13^{aB}$	$89,67 \pm 2,52^{aB}$	$70,67 \pm 6,66^{bC}$	-4,47395
$7,70 \cdot 10^{-3}$	$98,33 \pm 4,72^{aA}$	$103,33 \pm 4,04^{aA}$	$85,67 \pm 2,52^{bB}$	-4,65685
$8,66 \cdot 10^{-3}$	$85,67 \pm 2,52^{aB}$	$92,67 \pm 3,51^{aB}$	$77,33 \pm 3,05^{bC}$	-4,74862
$9,51 \cdot 10^{-3}$	$92,67 \pm 4,51^{aB}$	$104,33 \pm 5,03^{aA}$	$88,33 \pm 5,03^{bB}$	-4,88429

Resultados expressos como médias \pm desvio padrão.

Teste tukey determinando diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo os sobrescritos a-b: linha (concentração); e A-C: coluna (RGB).

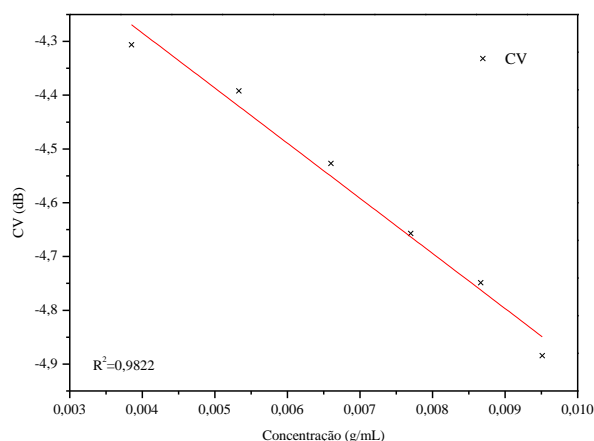


Figura 3 - Gráfico dos parâmetros de CV versus as concentrações de ácido palmítico.

Foi estabelecida uma excelente correlação linear ($R^2 = 0,9822$) entre as diferentes concentrações de ácido palmítico e os parâmetros CV, portanto, observa-se que à medida que a concentração de ácido palmítico aumenta, os parâmetros CV diminuem, demonstrando que mais componentes vermelhos estão sendo absorvidos a partir da agregação dos componentes da amostra.

Os elétrons livres das nanopartículas de ouro estão confinados em seu espaço de acordo com seu tamanho, e conseqüentemente, possui uma frequência de oscilação, quando um feixe de ondas eletromagnéticas irradia sobre a nanopartícula, o campo elétrico oscilante faz com que os elétrons de condução oscilem em conjunto, processo esse denominado de ressonância de plasmon de superfície localizada (RPSL) (38,39). A RPSL é capaz de gerar a interação ressonante dos elétrons livres da nanoestrutura com o campo eletromagnético

oscilante da luz em comprimentos de onda visível (40). Portanto, para complementar a análise dos resultados, a técnica de espectroscopia na região visível foi utilizada na verificação dos processos que envolve os elétrons no efeito de RPSL, bem como a interação da nanoestrutura de ouro com o ácido palmítico. Os resultados estão representados na Figura 4, onde observa-se que à medida que a concentração do ácido palmítico aumenta, o forte pico de absorbância formado em 525 nm diminui, de forma que, nas concentrações máximas (f e g) não há formação de um pico, demonstrando assim que houve alteração na coloração das amostras.

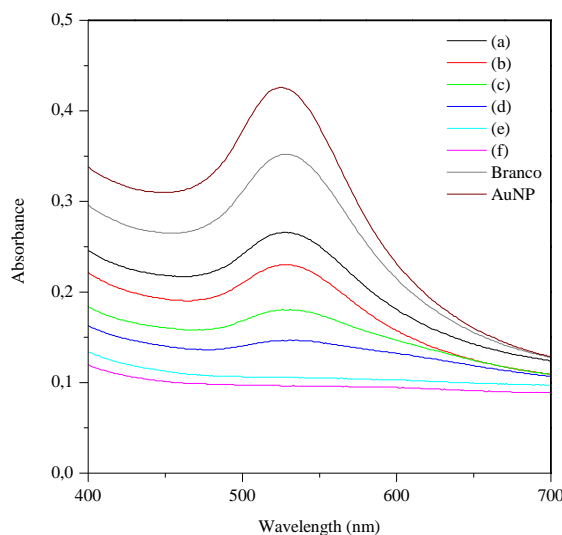


Figura 4 - Espectros UV-Vis das AuNPs na presença de diferentes concentrações de ácido palmítico. (a) Amostra 1. (b) Amostra 2. (c) Amostra 3. (d) Amostra 4. (e) Amostra 5. (f) Amostra 6.

A interação de lipídios com AuNPs foi relatada em um estudo utilizando nanopartículas de ouro com tamanho de 1,284 nm, correspondente com o tamanho da nanoestrutura utilizado no presente trabalho, em que a penetração das AuNPs na camada lipídica induz a mudança estrutural no nanocomposto (41). Há uma correlação forte entre o pico de ressonância de plasmon de superfície localizada e a estrutura da nanopartícula (42). O ácido ascórbico trata-se de um agente redutor, estudos apontaram a capacidade desta substância de reduzir as nanopartículas de ouro, bem como auxiliar na estabilidade da molécula (43–45). Portanto, o ácido palmítico, quando em contato com as AuNPs, pode ter induzido a mudança estrutural na nanopartícula, com o auxílio do ácido ascórbico, e consequentemente, afetado a coloração da amostra, como observados nos métodos quantitativos de RGB e espectroscopia.

CONCLUSÕES

Conclui-se com o presente trabalho que as nanopartículas de ouro possuem um grande potencial para detecção colorimétrica de ácidos graxos, os resultados apresentados de RGB foi complementado com a espectroscopia UV-Vis, onde foi possível verificar a mudança de coloração das amostras. Para aplicação na indústria de laticínios, estudos utilizando diferentes ácidos graxos devem ser realizados, bem como, a análise em amostra real. No entanto, este estudo se mostrou promissor para a produção de um nanosensor colorimétrico para detecção de gordura no leite bovino.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de São João del-Rei por fornecer laboratórios e reagentes para a realização deste trabalho. À FAPEMIG, CNPq e CAPES por todo apoio financeiro prestado.

REFERÊNCIAS

1. Alothman M, Hogan SA, Hennessy D, Dillon P, Kilcawley KN, O'Donovan M, et al. The “Grass-Fed” Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods* 2019, Vol 8, Page 350 [Internet]. 2019 Aug 17 [cited 2023 Mar 26];8(8):350. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/8/350/htm>
2. Foroutan A, Guo AC, Vazquez-Fresno R, Lipfert M, Zhang L, Zheng J, et al. Chemical Composition of Commercial Cow's Milk. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2023 Mar 26];67(17):4897–914. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.9b00204>
3. Beber CL, Langer G, Meyer J. Strategic Actions for a Sustainable Internationalization of Agri-Food Supply Chains: The Case of the Dairy Industries from Brazil and Germany. *Sustainability* 2021, Vol 13, Page 10873 [Internet]. 2021 Sep 30 [cited 2023 Mar 27];13(19):10873. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/19/10873/htm>
4. MAPA. Mapa do Leite — Ministério da Agricultura e Pecuária [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 27]. Available from: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>
5. Priyashantha H, Lundh Å. Graduate Student Literature Review: Current understanding of the influence of on-farm factors on bovine raw milk and its suitability for cheesemaking. *J Dairy Sci*. 2021 Nov 1;104(11):12173–83.
6. Hageman JHJ, Danielsen M, Nieuwenhuizen AG, Feitsma AL, Dalsgaard TK. Comparison of bovine milk fat and vegetable fat for infant formula: Implications for infant health. *Int Dairy J*. 2019 May 1;92:37–49.
7. Kailasapathy K. Chemical Composition, Physical, and Functional Properties of Milk and Milk Ingredients. *Dairy Processing and Quality Assurance* [Internet]. 2015 Oct 30 [cited 2023 Apr 27];77–105. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781118810279.ch04>
8. Djordjevic J, Ledina T, Baltic MZ, Trbovic D, Babic M, Bulajic S. Fatty acid profile of milk. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2023 Apr 30];333(1):012057. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/333/1/012057>
9. Tiplady KM, Lopdell TJ, Sherlock RG, Johnson TJJ, Spelman RJ, Harris BL, et al. Comparison of the genetic characteristics of directly measured and Fourier-transform mid-infrared-predicted bovine milk fatty acids and proteins. *J Dairy Sci*. 2022 Dec 1;105(12):9763–91.

10. Viriato RLS, Queirós M de S, Macedo GA, Ribeiro APB, Gigante ML. Design of new lipids from bovine milk fat for baby nutrition. <https://doi.org/10.1080/1040839820201813073> [Internet]. 2020 [cited 2023 May 1];62(1):145–59. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2020.1813073>
11. Innis SM. Palmitic Acid in Early Human Development. <https://doi.org/10.1080/1040839820151018045> [Internet]. 2016 Sep 9 [cited 2023 May 1];56(12):1952–9. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2015.1018045>
12. Stefanov I, Vlaeminck B, Fievez V. A novel procedure for routine milk fat extraction based on dichloromethane. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010 Dec 1;23(8):852–5.
13. Desai P, Pandya U. Review on Reference & Routine Measurement Techniques of Milk Fat based on Process, Cost and Instrumentation. 2022 [cited 2023 May 2]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Pankti-Desai-6/publication/364405526_Review_on_Reference_Routine_Measurement_Techniques_of_Milk_Fat_based_on_Process_Cost_and_Instrumentation/links/6351562296e83c26eb3ad95c/Review-on-Reference-Routine-Measurement-Techniques-of-Milk-Fat-based-on-Process-Cost-and-Instrumentation.pdf
14. Mendoza LG, González-Álvarez J, Gonzalo CF, Arias-Abrodo P, Altava B, Luis S V., et al. Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters of milk fat by an ionic liquid derived from L-phenylalanine as the stationary phase. *Talanta*. 2015 Oct 1;143:212–8.
15. Gastaldi D, Medana C, Giancotti V, Aigotti R, Dal Bello F, Baiocchi C. HPLC-APCI analysis of triacylglycerols in milk fat from different sources. *European Journal of Lipid Science and Technology* [Internet]. 2011 Feb 1 [cited 2023 May 3];113(2):197–207. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ejlt.201000068>
16. Bogomolov A, Melenteva A. Scatter-based quantitative spectroscopic analysis of milk fat and total protein in the region 400–1100 nm in the presence of fat globule size variability. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2013 Jul 15;126:129–39.
17. Haque F, Bubli SY, Khan MS. UV–Vis Spectroscopy for Food Analysis. 2021 [cited 2023 May 3];169–93. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-68636-9_8
18. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Rab S, Suman R. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*. 2023 Feb 25;
19. Kumar R, Kumar M, Luthra G. Fundamental approaches and applications of nanotechnology: A mini review. *Mater Today Proc*. 2023 Jan 2;
20. Nasrollahzadeh M, Issaabadi Z, Sajjadi M, Sajadi SM, Atarod M. Types of Nanostructures. *Interface Science and Technology*. 2019 Jan 1;28:29–80.
21. Zhao Z, To S, Wang J, Zhang G, Weng Z. A review of micro/nanostructure effects on the machining of metallic materials. *Mater Des*. 2022 Dec 1;224:111315.

22. Ou X, Liu Y, Zhang M, Hua L, Zhan S. Plasmonic gold nanostructures for biosensing and bioimaging. *Microchimica Acta* 2021 188:9 [Internet]. 2021 Aug 25 [cited 2023 May 11];188(9):1–15. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00604-021-04964-1>
23. Anh NH, Doan MQ, Dinh NX, Huy TQ, Tri DQ, Ngoc Loan LT, et al. Gold nanoparticle-based optical nanosensors for food and health safety monitoring: recent advances and future perspectives. *RSC Adv* [Internet]. 2022 Apr 7 [cited 2023 May 9];12(18):10950–88. Available from: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2022/ra/d1ra08311b>
24. Grabar KC, Hommer MB, Natan MJ, Freeman RG. Preparation and Characterization of Au Colloid Monolayers. *Anal Chem* [Internet]. 1995 [cited 2023 Mar 28];67(4):735–43. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac00100a008>
25. Calvo B, Collado I, Cepeda EA. Solubilities of palmitic acid in pure solvents and its mixtures. *J Chem Eng Data* [Internet]. 2009 Jan 8 [cited 2023 May 22];54(1):64–8. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/je8005979>
26. Torres P, Kunamneni A, Ballesteros A, Plou FJ. Enzymatic Modification for Ascorbic Acid and Alpha-Tocopherol to Enhance their Stability in Food and Nutritional Application. *The Open Food Science Journal*. 2008 Mar 25;2(1):1–9.
27. Moribe K, Limwikrant W, Higashi K, Yamamoto K. Drug Nanoparticle Formulation Using Ascorbic Acid Derivatives. *J Drug Deliv*. 2011;2011.
28. Creighton JA, Eadon DG. Ultraviolet-visible absorption spectra of the colloidal metallic elements. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*. 1991;87(24):3881–91.
29. Kumar N, Seth R, Kumar H. Colorimetric detection of melamine in milk by citrate-stabilized gold nanoparticles. *Anal Biochem*. 2014 Jul 1;456(1):43–9.
30. Zhou D, Xie G, Cao X, Chen X, Zhang X, Chen H. Colorimetric determination of staphylococcal enterotoxin B via DNzyme-guided growth of gold nanoparticles. *Microchimica Acta* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2023 May 14];183(10):2753–60. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00604-016-1919-z>
31. Li X, Cheng R, Shi H, Tang B, Xiao H, Zhao G. A simple highly sensitive and selective aptamer-based colorimetric sensor for environmental toxins microcystin-LR in water samples. *J Hazard Mater* [Internet]. 2016 Mar 5 [cited 2023 May 14];304:474–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26619046/>
32. Amini B, Kamali M, Salouti M, Yaghmaei P. Spectrophotometric, colorimetric and visually detection of *Pseudomonas aeruginosa* ETA gene based gold nanoparticles DNA probe and endonuclease enzyme. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2018 Jun 15;199:421–9.
33. Ma Q, Wang Y, Jia J, Xiang Y. Colorimetric aptasensors for determination of tobramycin in milk and chicken eggs based on DNA and gold nanoparticles. *Food Chem*. 2018 May 30;249:98–103.

34. Zhang Y, Lu T, Wang Y, Diao C, Zhou Y, Zhao L, et al. Selection of a DNA Aptamer against Zearalenone and Docking Analysis for Highly Sensitive Rapid Visual Detection with Label-Free Aptasensor. *J Agric Food Chem.* 2018 Nov 14;66(45):12102–10.
35. madkour E, Abou Zeid A, Abdel Ghany S, Alshehrei FM, EL- Ghareeb D, Abdel-Hakeem M. Sensitive and selective colorimetric detection of *Staphylococcus aureus*-SPA gene by engineered gold nanosensor. *Saudi J Biol Sci.* 2023 Feb 1;30(2):103559.
36. Zheng B, Li J, Zheng Z, Zhang C, Huang C, Hong J, et al. Rapid colorimetric detection of arsenic (III) by glutathione functionalized gold nanoparticles based on RGB extracting system. *Opt Laser Technol.* 2021 Jan 1;133:106522.
37. Rajamanikandan R, Ilanchelian M. Simple smartphone merged rapid colorimetric platform for the environmental monitoring of toxic sulfide ions by cysteine functionalized silver nanoparticles. *Microchemical Journal.* 2022 Mar 1;174:107071.
38. Akshaya K, Arthi C, Pavithra AJ, Poovizhi P, Antinate SS, Hikku GS, et al. Bioconjugated gold nanoparticles as an efficient colorimetric sensor for cancer diagnostics. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020 Jun 1;30.
39. Ai K, Huang J, Xiao Z, Yang Y, Bai Y, Peng J. Localized surface plasmon resonance properties and biomedical applications of copper selenide nanomaterials. *Mater Today Chem.* 2021 Jun 1;20.
40. Xu W, Liu H, Zhou D, Chen X, Ding N, Song H, et al. Localized surface plasmon resonances in self-doped copper chalcogenide binary nanocrystals and their emerging applications. *Nano Today.* 2020 Aug 1;33:100892.
41. Lin X, Li Y, Gu N. Nanoparticle's size effect on its translocation across a lipid bilayer: A molecular dynamics simulation. *J Comput Theor Nanosci* [Internet]. 2010 Jan [cited 2023 May 26];7(1):269–76. Available from: https://www.researchgate.net/publication/52005286_Nanoparticle's_Size_Effect_on_Its_Translocation_Across_a_Lipid_Bilayer_A_Molecular_Dynamics_Simulation
42. Li CH, Chan MH, Chang YC, Hsiao M. Gold Nanoparticles as a Biosensor for Cancer Biomarker Determination. *Molecules* 2023, Vol 28, Page 364 [Internet]. 2023 Jan 2 [cited 2023 May 27];28(1):364. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/1/364/htm>
43. Sun X, Yang Y, Zhang Z, Qin D. Mechanistic Roles of Hydroxide in Controlling the Deposition of Gold on Colloidal Silver Nanocrystals. *Chemistry of Materials.* 2017 May 9;29(9):4014–21.
44. Selva Sharma A, SasiKumar T, Ilanchelian M. A Rapid and Sensitive Colorimetric Sensor for Detection of Silver Ions Based on the Non-aggregation of Gold Nanoparticles in the Presence of Ascorbic Acid. *J Clust Sci* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2023 May 27];29(4):655–62. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10876-018-1375-5>
45. Nikoobakht B, El-Sayed MA. Preparation and growth mechanism of gold nanorods (NRs) using seed-mediated growth method. *Chemistry of Materials.* 2003 May 20;15(10):1957–62.



Capítulo 09

DOI: 10.53934/08082023-09

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO
CONVENCIONAL: CAXI (*Lagenaria siceraria*)

Ricardo de Moraes Mendes^{ID}; Ariane Cristina de Almeida Ciríaco^{ID}; Emmerson Rodrigues de Moraes^{ID}; Suzane Martins Ferreira^{ID}; Nayana Ribeiro Soares^{ID}; Vania Silva Carvalho*^{ID}

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vania.carvalho@ifgoiano.edu.br

Resumo: O caxi (*Lagenaria siceraria*) é uma hortaliça não convencional pouco conhecida pela maioria da população. Estudos sobre suas propriedades nutricionais e pós-colheita são escassos. Portanto, objetivou-se através deste trabalho avaliar a composição físico-química e vida de prateleira em diferentes condições de armazenamento (temperaturas ambiente, de refrigeração e de congelamento) em frutos de *Lagenaria siceraria*, após a colheita. As avaliações foram realizadas nos tempos 0, 2,4 e 6 dias e nas temperaturas de -8, 5 e 25°C. A acidez total encontrada variou de 0,04 a 0,07%, no fruto, onde o maior valor foi observado no dia 4 para todas as condições de armazenamento. Entretanto, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os teores encontrados nos diferentes períodos e condições de avaliação. O teor de umidade variou de 91,25 a 93,01 onde o maior teor encontrado foi no armazenamento em temperatura ambiente no dia 6 de armazenamento. O fruto, apresenta um grande potencial para enriquecer a dieta da população tendo em vista o fácil cultivo além de apresentar boa qualidade pós-colheita em relação ao pH, °Brix e acidez total titulável, em diferentes condições de armazenamento.

Palavras-chave: PANC's; umidade; vida de prateleira

Abstract: Caxi (*Lagenaria siceraria*) is an unconventional vegetable little known by the majority of the population. Studies on its nutritional and post-harvest properties are scarce. Therefore, the objective of this work was to evaluate the physical-chemical composition and shelf life under different storage conditions (ambient, refrigeration and freezing temperatures) in *Lagenaria siceraria* fruits, after harvest. The evaluations were carried out at times 0, 2.4 and 6 days and at temperatures of -8, 5 and 25°C. The total acidity found ranged from 0.04 to 0.07% in the fruit, where the highest value was observed on day 4 for all storage conditions. However, there was no significant difference ($p < 0.05$) for the contents found in the different evaluation periods and conditions. Moisture content ranged from 91.25 to 93.01 where the highest content was found in storage at room temperature on day 6 of storage. The fruit has a great potential to enrich the population's diet in view of easy cultivation, in addition to presenting good post-harvest quality in relation to pH, °Brix and titratable total acidity in different storage conditions.

Keywords: UFP's; moisture; shelf life

INTRODUÇÃO

As hortaliças de um modo geral, são os principais fornecedores de vitaminas, sais minerais e fibras, com grande importância na alimentação humana (1). O consumo de forma regular de frutas, verduras e hortaliças proporciona ação benéfica a saúde do homem. Estudos demonstram que o efeito protetor exercido pelo consumo desses alimentos se deve a presença de componentes bioativos como a vitamina C, a vitamina E, e fitoquímicos com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos, β -caroteno e vários outros carotenoides (2, 3, 4, 5, 6 e 7).

Entretanto, com a globalização, a procura e o consumo de alimentos industrializados cresceu muito, e conseqüentemente, houve diminuição do cultivo e o consumo de hortaliças (convencionais e não convencionais) entre todas as classes sociais em decorrência das mudanças significativas no padrão alimentar dos brasileiros (8).

Mesmo sabendo que ainda há uma carência em relação ao estudo das hortaliças não convencionais, sabe-se que essas espécies possuem uma grande importância ecológica, genética, econômica e cultural nas sociedades onde estão distribuídas (9). Em geral, apresentam baixo custo, fácil cultivo e expressivo valor nutricional, são pouco afetadas por pragas e doenças, adequando-se facilmente a cultivos orgânicos e agroecológicos. Além de ser uma alternativa para a melhoria do conteúdo de alguns nutrientes na dieta de pessoas de pouco poder aquisitivo, substituindo alimentos de alto custo (8).

Devido ainda aos limitados estudos em relação as propriedades do Caxi, torna-se necessário conhecer o potencial que esta hortaliça não convencional tem a oferecer. Incentivar o consumo das hortaliças e, particularmente, de variedades locais e não tão comuns é importante para a diversidade e riqueza da dieta das populações e perpetuação de bons hábitos alimentares (8,10).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar os parâmetros físicos e químicos do caxi *in natura* ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

Os frutos da *Lagenaria siceraria* (Caxi) foram cultivados no Instituto Federal Goiano – campus Morrinhos, localizado na região sul do estado de Goiás (17°48'48,93"S, 49°12'15,56"W, 753 m de altitude), no período de 16 de dezembro de 2020 a 17 de março de 2021.

Os frutos foram colhidos e transportados em caixas plásticas para o laboratório de análise de alimentos do Instituto Federal Goiano – campus Morrinhos/GO (Figura 1), onde foram selecionados quanto à ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas, higienizados, armazenados e posteriormente cortados e processados para a realização das análises.



Figura 1. Fruto do caxi (*Lagenaria siceraria*).

Fonte: Imagem do próprio autor (2021).

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no mês de março de 2021 e o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 3 repetições. A parcela experimental foi constituída por 30 frutos.

As amostras foram armazenadas em diferentes temperaturas (-8, 5 e 25°C), ou seja, temperatura de congelamento (TC), de resfriamento (TR) e ambiente (TA), sendo avaliadas aos 0, 2, 4, e 6 dias.

Composição físico-química

Do tempo 0 (dia da colheita) até ao tempo 6 (último dia de armazenamento) as amostras foram analisadas a cada 2 dias em 3 repetições: onde determinou-se umidade em estufa (EL 1.2) a 105 °C, até peso constante; o teor de sólidos solúveis totais (SST) °Brix realizado por medida direta em refratômetro manual (GT427); pH pelo método potenciômetro (mPA210) previamente calibrado com solução padrão; acidez total titulável (ATT) determinada através da solução de hidróxido de sódio 0,1 N até mudança de cor para levemente róseo. Todos os procedimentos citados seguem a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (11).

Análise estatística

Os resultados foram expressos como média \pm desvio-padrão. Para a interação entre as médias, empregou-se a análise de variância ANOVA e quando significativos foram comparados pelo teste de *Tukey*, usando o programa estatístico SISVAR, versão 5,6, onde adotou-se o nível de significância de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Os resultados da composição física e química da polpa do caxi (*Lagenaria siceraria*), estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física e química da polpa do caxi (*Lagenaria siceraria*), avaliados aos 0, 2, 4 e 6 dias: (D0, D2, D4 e D6) e armazenados em temperatura ambiente (TA), temperatura de refrigeração (TR) e temperatura de congelamento (TC).

pH				
	D0	D2	D4	D6
FDC	6,87 ± 0,06	-	-	-
TA	-	5,67 ± 0,02 ^{Aa}	5,03 ± 0,03 ^{Cc}	5,10 ± 0,01 ^{Ab}
TR	-	5,79 ± 0,01 ^{Ba}	5,16 ± 0,01 ^{Bb}	5,18 ± 0,02 ^{Bb}
TC	-	5,78 ± 0,02 ^{Ba}	5,59 ± 0,02 ^{Ab}	5,59 ± 0,02 ^{Cb}
ATT (%)				
	D0	D2	D4	D6
FDC	0,04 ± 0,0	-	-	-
TA	-	0,06 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a
TR	-	0,05 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,00 ^a
TC	-	0,05 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a
SST (%)				
	D0	D2	D4	D6
FDC	0,4 ± 0,1	-	-	-
TA	-	0,3 ± 0 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	0,3 ± 0 ^a
TR	-	0,4 ± 0,1 ^a	0,3 ± 0 ^a	0,4 ± 0,1 ^a
TC	-	0,3 ± 0,1 ^b	0,4 ± 0 ^a	0,2 ± 0 ^b
Umidade (%)				
	D0	D2	D4	D6
FDC	91,25 ± 0,30	-	-	-
TA	-	92,61 ± 0,08 ^a	92,64 ± 0,43 ^a	93,01 ± 0,30 ^a
TR	-	91,65 ± 0,34 ^a	91,22 ± 0,34 ^a	90,91 ± 0,68 ^a
TC	-	92,47 ± 0,13 ^a	91,72 ± 0,12 ^b	91,74 ± 0,50 ^b

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. *FDC: Fruto dia da colheita.

O teor de pH dos frutos *in natura* de *Lagenaria siceraria* são próximos aos encontrado por Pinedo et al. (12) que encontraram valores de 5,93, e superiores aos encontrados por Guerra (13) com valor de 4,46 e Silva; Sousa (14) com valor de 4,03, em frutos *in natura* de maxixe, pertencente à mesma família do caxi. Já em relação ao tempo e temperatura de armazenamento: apenas a amostra armazenada em temperatura ambiente (TA) diferenciou-se das demais no 4º dia (D4) de avaliação.

O teor de sólidos solúveis encontrado foi inferior aos encontrados na literatura para frutos da família das cucurbitáceas, que tiveram valores que variaram entre 1,60 e 7,00 (14, 15 e 16). Sabe-se que espécies cultivadas de cucurbitáceas são bastantes similares no seu

desenvolvimento sobre o solo e hábito radicular, porém possuem alta variabilidade em relação as características de frutos, pois abrigam cerca de 975 espécies que vão desde o caxi até o melão, melancia e abóbora (17). O estágio de maturação do fruto colhido também pode influenciar nos resultados. Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras durante o período avaliação para o teor de sólidos solúveis.

A acidez do fruto não se diferenciou durante o período de avaliação ($p \leq 0,05$). E resultados similares foram observados por Reis et al., (16), em polpa de melão. Guerra, et al., (13) e Almeida, (15), encontraram 0,69 em polpa de maxixe (*Cucumis anguria*) e 0,63 abobora menina brasileira, respectivamente.

Os valores do teor umidade são similares aos encontrados na literatura para espécies da mesma família (12, 14, 16, 18 e 19). Porém, são superiores aos observados por Viana, (20), em outras hortaliças não-convencionais. As avaliações não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o teor de umidade durante o período de avaliação.

CONCLUSÕES

Ao longo do período de armazenamento foi observado que os parâmetros físicos e químicos não tiveram alteração significativa para as diferentes condições de temperatura empregadas. A acidez total titulável aumenta no dia 4, porém no dia 6 ocorre queda garantindo valores semelhantes ao encontrado no fruto no dia da colheita.

Com isso, a qualidade pós-colheita do caxi (*Lagenaria siceraria*) é mantida nas temperaturas ambiente, de refrigeração e de congelamento até o 6º dia de armazenamento, garantindo assim as propriedades físicas e químicas do fruto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus Morrinhos*, pelo apoio no desenvolvimento do projeto e da publicação do trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Ornelas HL. Seleção e preparo de alimentos. 8 ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
2. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free rad biology med.* 1996; 20(7):933-56
3. Wang H, Cao G, Prior RL. Total antioxidant capacity of fruit. *J Agric Food Chem.* 1996; 44(3):701-5.
4. Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *J Agric Food Chem.* 1998; 46(10):4113-17.

5. Vinson JA, Hao Y, Su X, Zubik L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J Agric Food Chem.* 1998; 46(9):3630-34.
6. Aguiar TAE, Gonçalves C, Paterniani MEAGZ, et al. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas 7.^a Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014.
7. Almeida MEF, Junqueira AMB, Simão AA, Corrêa AD. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pronóbis. *Biosc J,* 2014; 30(1):431-39.
8. Brasil. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: secretaria de desenvolvimento agropecuário e cooperativismo. Hortaliças não convencionais: (tradicional), Brasília: MAPA/ACS, 2010.
9. Kinupp VF, Barros IBI. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de porto alegre-rs. *Rev Bras Bioci.* 2020; 5:63-65.
10. Passos MAB. Plantas alimentícias não convencionais (panc) ocorrentes em roraima. *Rev Electr Científ Ens Interdisc.* 2019; 5(14): 388-404.
11. Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4.ed. São paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
12. Pinedo RA, Bertuci ML, Pizato S, Maldonado CAB, Arévalo-Pinedo A, Cortez-Veja WR. Obtaining candied fruit of calabash (*lagenaria siceraria*). *J Bioen Food Science.* 2018; 5(4):119-130.
13. Guerra AMNM, Santos DS, Evangelista RS, Silva MGM. Conservação pós-colheita de maxixe (*cucumis anguria*) sob diferentes condições de armazenamento. *Rev Bras Agropec Sust.* 2020; 10(1):145-154.
14. Silva APF, De Sousa AMP, De Macedo ADB, Dantas DL, Oliveira JAM, De Almeida AF, De Santana RAC, Campos ARN. Obtenção de farinha do fruto do maxixe (*cucumis anguria* l.) por diferentes métodos de secagem. *Braz J Dev.* 2020; 6(7):50983-51000.
15. Almeida JC. Conservação pós-colheita de abobrinha revestida com cobertura comestível de fécula de mandioca. *Nutr Rev Ele.* 2021; 18(3):8930-8934.
16. Reis CG, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Amadeu LTS, De Lima TLB, Costa PS. Geleias de melão com casca e enriquecida com sementes de mandacaru. *Rev Verde Agroec Des Sust.* 2020; 15(4):414-421.
17. Valduga E. caracterização morfológica e análise de compostos bioativos em acessos de variedades crioulas de cucurbitaceae. Dissertação (mestrado em ciências). Pelotas: Universidade federal de pelotas; 2017.

18. Kumar A, Partap S, Sharma NK, Jha KK. Phytochemical, ethnobotanical and pharmacological profile of lagenaria siceraria:-a review. J Pharm Phytochem. 2012;1(3):24-31.
19. Botrel N, Freitas S, Fonseca MJO, Melo RAC, Madeira N. Nutritional value of unconventional leafy vegetables grown in the cerrado biome/brazil. Braz J Food Technol. 2020; 23:1-8.
20. Viana MMS, Carlos LA, Silva EC, Pereira SMF, Oliveira DB, Assis MLV. Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. Hort Bras. 2015; 33(4):504-50



Capítulo 10

DOI: 10.53934/08082023-10

USO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA ATENUAÇÃO DE
PROBIÓTICOS: REVISÃO DE LITERATURACássia Pereira Barros¹*; Roberto Pessanha da Silva Pires^{2,3}; Jonas de Toledo
Guimarães¹; Mônica Queiroz de Freitas¹; Adriano Gomes da Cruz²**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: cassiapbarros@hotmail.com***Afiliações:**¹Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ.²Departamento de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, RJ.³Departmento de Ciência de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP.

Resumo: O interesse por produtos alimentares suplementados com microrganismos probióticos tem crescido substancialmente impulsionado pelos seus potenciais efeitos positivos na saúde humana. No entanto, o metabolismo ativo desses microrganismos resulta na liberação de metabólitos que podem alterar as características físico-químicas e sensoriais da matriz alimentar e, assim, afetar negativamente a aceitação geral do produto. Nesse sentido, o conceito de atenuação tem sido proposto como uma abordagem tecnológica capaz de controlar o desempenho tecnológico microbiano através de tratamentos que irão estimular ou retardar a atividade metabólica, porém sem reduzir a viabilidade celular e propriedades funcionais. Até o momento, inúmeras metodologias foram utilizadas com a finalidade de atenuar culturas iniciadoras ou probióticas. Embora o aquecimento térmico convencional tenha sido a mais usual, tecnologias emergentes em condições subletais, obtiveram ótimos resultados em relação a modulação do metabolismo de células bacterianas ao proporcionar melhorias consideráveis na qualidade do produto final, bem como estender a validade comercial do produto. Diante do exposto, objetivou-se neste capítulo fornecer uma visão geral sobre as diferentes tecnologias emergentes que podem ser aplicadas para atenuação de probióticos com o intuito de estimular o interesse e incentivar o desenvolvimento de produtos funcionais diferenciados.

Palavras-chave: alimentos funcionais; atividade metabólica; desempenho tecnológico; propriedades funcionais; propriedades sensoriais

Abstract: Interest in food supplemented with probiotic microorganisms has grown substantially, driven by their potential positive effects on human health. However, the active metabolism of these microorganisms results in the release of metabolites that can alter the physicochemical and sensorial characteristics of the food matrix and, thus, negatively affect the general acceptance of the product. In this sense, attenuation has been proposed as a technological approach capable of controlling microbial technical performance through treatments that stimulate or delay metabolic activity without reducing cell viability and functional properties. So far, numerous methodologies have been used to attenuate starter or probiotic cultures. Although conventional thermal heating has been the most common, emerging technologies in sublethal conditions have obtained excellent results in the modulation of bacterial cell metabolism by providing considerable improvements in quality and extending the product's commercial shelf life. Given the above, the objective of this chapter is to provide an overview of the different emerging technologies that can be applied to attenuate probiotics to stimulate interest and encourage the development of differentiated products.

Keywords: functional foods; metabolic activity; technological performance; functional properties; sensory properties

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve uma grande mudança nos padrões alimentares em todo o mundo devido à maior conscientização dos consumidores sobre a importância de seguir uma dieta saudável para manutenção do bem-estar e prevenção de determinadas doenças associadas ao estilo de vida da população (1). Para atender tal demanda do consumidor moderno e buscar oportunidade de se destacar num mercado altamente competitivo, cientistas e empresas de alimentos têm se empenhado no desenvolvimento de produtos inovadores que sejam seguros, saborosos e que, além da nutrição básica, forneçam benefícios à saúde do consumidor.

Probióticos foram definidos mais recentemente como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (2). Sabe-se que o consumo de alimentos contendo probióticos tem crescido significativamente impulsionado pelos seus potenciais efeitos positivos na saúde humana. Entretanto, a incorporação desses microrganismos à matriz alimentar representa um grande desafio devido metabolismo ativo do probiótico que resulta na liberação de metabólitos que podem alterar as características físico-químicas, sensoriais e, conseqüentemente, a aceitação geral do produto pelo consumidor (3).

O conceito de atenuação tem sido proposto como uma abordagem tecnológica capaz de controlar o desempenho de células microbianas (4). Foi usado pela primeira vez em culturas iniciadoras com o escopo de acelerar a etapa de maturação na produção de um queijo semiduro sueco (5). Atualmente, diversos estudos também tem aplicado a atenuação para modular o metabolismo de culturas probióticas através de tratamentos que retardam ou evitam efeitos indesejados no sabor e reologia do alimento inerentes a fermentação, como a

acidificação e a pós-acidificação, respectivamente (6, 7, 8), sem reduzir a viabilidade e a funcionalidade probiótica.

Até o momento, inúmeras técnicas foram utilizadas para atenuar cepas bacterianas iniciadoras ou probióticas envolvendo metodologias química, física, mecânica e até mesmo microbiológica (4, 9), como o uso da engenharia genética para seleção de cepas mutantes lactose-negativas, conforme ilustrado na Figura 1. Embora o aquecimento térmico convencional tenha sido a forma de atenuação mais usual, abordagens emergentes como homogeneização de alta pressão e ultrassom, por exemplo, obtiveram ótimos resultados na modulação do metabolismo e desempenho tecnológico microbiano em alimentos (4).

Diante do exposto, objetivou-se neste capítulo revisar de uma forma geral as diferentes tecnologias emergentes que podem ser usadas para atenuação do metabolismo probiótico, ressaltando os seus princípios, vantagens e desvantagens quando comparadas ao tratamento térmico convencional.



Figura 1 – Exemplos de técnicas empregadas para atenuação microbiana.

PROBIÓTICOS: COMO CONTROLAR O METABOLISMO E MELHORAR O DESEMPENHO TECNOLÓGICO?

Os microrganismos probióticos são, em sua maioria, fermentadores (bifidobactérias e lactobacilos) e, portanto, geram ácidos orgânicos como produto do seu metabolismo, o que é desejável para inibir o crescimento de patógenos. Porém, quando adicionados em matrizes alimentares, a metabolização dos açúcares pelo probiótico pode causar uma acidificação exacerbada ou pós-acidificação devido a produção contínua de ácido lático que provoca a queda descontrolada do pH durante o período de armazenamento e, conseqüentemente, resulta em mudanças desfavoráveis nos escores sensoriais do produto (3, 6, 10).

O desempenho dos microrganismos probióticos no alimento pode ser substancialmente melhorado e/ou modulado por meio de estratégias de atenuação que irão estimular ou retardar a atividade metabólica, porém mantendo a viabilidade e propriedades funcionais (11). A atenuação também tem a capacidade de aumentar o pool total de enzimas intracelulares que são liberadas no alimento, o que afeta de forma positiva o sabor e qualidade do produto final (7). Dessa forma, culturas iniciadoras foram, inicialmente, atenuadas para liberar enzimas responsáveis por melhorar de modo considerável a qualidade do queijo ao acelerar a proteólise e, assim, reduzir o tempo do processo de maturação e /ou aumentar os atributos sensoriais em relação à textura, aroma e a intensidade do sabor (5, 12, 13). Além disso, nos últimos anos, culturas iniciadoras ou probióticas atenuadas também têm sido usadas para retardar a fermentação e, conseqüentemente, a acidificação e neutralizar a pós-acidificação em bebidas lácteas ou vegetais (3, 6, 8, 11, 14).

TÉCNICAS DE ATENUAÇÃO ENVOLVENDO METODOLOGIAS EMERGENTES

O uso da refrigeração (2–10 °C) para o armazenamento e transporte de produtos lácteos fermentados tem sido a principal forma de prevenir o processo de pós-acidificação e todos os impactos negativos relacionados (15). Por outro lado, como os custos para manutenção da cadeia de frio são relativamente elevados, principalmente, para locais mais longínquos e de difícil acesso, técnicas alternativas para controle do metabolismo microbiano foram aplicadas (Fig. 1).

Conforme mencionado anteriormente, o calor se destaca como o processo físico mais empregado entre as diferentes estratégias de atenuação. Baseia-se no tratamento térmico da suspensão bacteriana em níveis subletais, uma vez que, o objetivo é postergar a acidificação sem causar a desnaturação enzimática. Nesse sentido, o ponto crítico desta técnica é conseguir determinar com precisão, em uma faixa estreita, o binômio tempo / temperatura ideal para evitar um aquecimento excessivo (4). Em produtos lácteos fermentados é realizado um tratamento térmico suave, conhecido como termização, que geralmente ocorre a 62 e 65 °C por 15–20 segundos após a fermentação para reduzir a pós-acidificação, evitar alterações sensoriais e nutricionais e prolongar a vida útil do produto. Entretanto, é importante ressaltar que as condições operacionais (tempo X temperatura) podem variar de acordo com os requisitos de qualidade do produto (15). Comparou-se o teor de acidez de dois iogurtes, um foi submetido a termização a 75–80 °C por 60 segundos e o outro não. O iogurte termizado obteve menor acidez (2.01%) em detrimento daquele que não recebeu tratamento (2.53%) após 35 dias em temperatura ambiente (16). Em queijos, a temperatura de 59 °C por 15 segundos para atenuar culturas iniciadoras mesófilas e 69 °C por 15 segundos para culturas termofílicas reduziu a produção de ácido lático entre 5 e 10 horas (5).

Mais recentemente, fatores como a alta mecanização dos processos, busca por eficiência energética que é desejável para escala industrial e a pressão dos consumidores por tecnologias mais sustentáveis com nenhum ou mínimo impacto nos principais aspectos nutricionais e de qualidade dos alimentos impulsionaram a potencial aplicação de tecnologias emergentes com ênfase na atenuação de culturas iniciadoras e probióticas. Portanto, nesta seção serão abordadas as principais vantagens e desvantagens de cada metodologia emergente sobre o desempenho e propriedades funcionais de células bacterianas probióticas.

Ultrassom

O ultrassom é uma tecnologia emergente, não térmica, que utiliza ondas sonoras mecânicas com frequência além da audição humana. Em geral, pode ser empregado para diferentes propósitos de acordo com a frequência escolhida, como: diagnóstico médico (5 a 10 MHz), sonoquímica (20 kHz a 2 MHz) e processamento de alimentos (20 a 100 kHz). Além disso, o ultrassom é classificado com base nos parâmetros do processo em relação à frequência e intensidade do tratamento, sendo considerado de alta intensidade e baixa frequência quando compreende intensidades em torno de 10 a 1000 W/cm² e frequências de 20 a 100 kHz. Enquanto, o tratamento de baixa intensidade e alta frequência caracteriza-se por intensidades inferiores a 1 W/cm² e frequência superiores a 100 kHz (17, 18).

O princípio do ultrassom consiste na cavitação e no *streaming* acústicos. Quando as ondas ultrassônicas passam por um meio líquido, criam áreas de compressão e expansão alternadas formando bolhas entre esses ciclos. A aplicação constante de ondas sonoras faz com que as bolhas cresçam até atingir o limite de estabilidade e entrar em colapso causando a cavitação acústica (17, 19, 20). A temperatura e a pressão, dentro das bolhas em implosão, são aumentadas em até 5.000 °C e 1.000 atm, respectivamente (17). Como consequência, são criadas ondas de choque, jatos de água e radicais livres que contribuem fortemente para inativação microbiana. Enquanto o *streaming* acústico ocorre antes da formação e colapso das microbolhas devido a alterações bruscas de pressão pelas ondas sonoras que provocam turbulência e deslocamento de volume responsáveis por carrear partículas, gases ou compostos químicos. No primeiro momento, o efeito da transmissão acústica atua a nível de parede celular, porém sem causar danos à membrana celular dos microrganismos. Entretanto, tratamentos mais longos e com maior intensidade podem provocar a implosão de bolhas com rompimento da membrana e posterior extravasamento de material intracelular (cavitação intracelular). Além disso, a implosão de bolhas também desencadeia um microfluxo capaz de provocar forças de cisalhamento que concomitantemente com o *streaming* contribui para transferência de massa e deslocamento de partículas (20, 21). Os principais efeitos associados ao ultrassom nas células microbianas é a quebra da parede celular pela ação dos microjatos, mudanças na permeabilidade celular, assim como inativação térmica por pontos quentes e formação de espécies reativas e radicais livres que podem afinar ou romper a membrana e causar danos ao DNA (22). Portanto, o processamento por ultrassom pode afetar os microrganismos de formas distintas de acordo com a cavitação e / ou *streaming* acústicos que são diretamente influenciadas pela intensidade / potência / energia e frequência empregada no tratamento (Fig. 2).

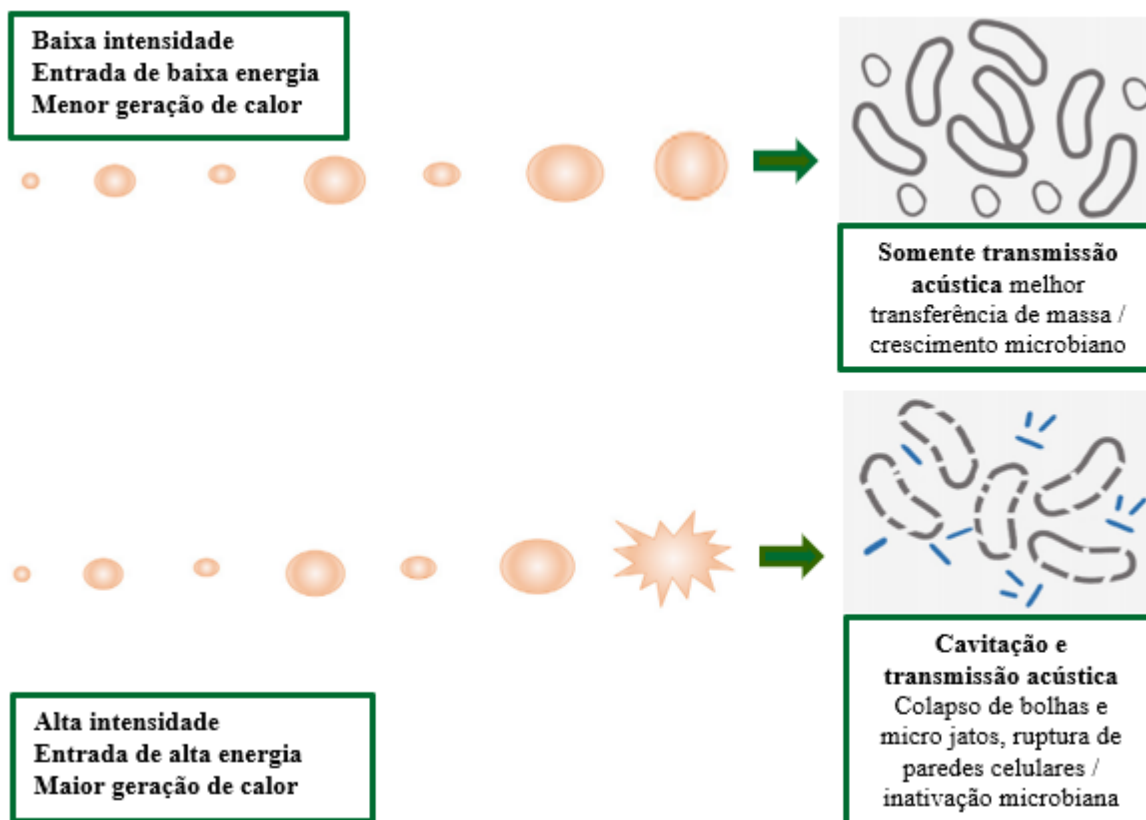


Fig. 2. Representação esquemática dos possíveis efeitos que as ondas ultrassônicas sob diferentes intensidades acústicas podem causar nas células microbianas. Fonte: adaptado de (22).

Em relação às aplicações alimentares, o ultrassom se destaca como uma tecnologia alternativa barata, ecologicamente correta e versátil por ser capaz de exercer múltiplas funções, que incluem desde a extração, preservação e o processamento de alimentos mediante as condições operacionais selecionadas (9), conforme descrito detalhadamente a seguir:

- ✓ Tratamentos com ultrassom de alta intensidade e baixa frequência – caracterizam-se por modificar permanente o meio pelo qual as ondas se propagam, assim o material alimentar atinge um novo estado de equilíbrio (23). São aplicados, principalmente, para obter efeito antimicrobiano, pois os níveis de potência empregados são suficientemente elevados para gerar cavitação acústica com posterior ruptura das células microbianas (18). Além disso, também atuam na inativação enzimática, extração de óleos essenciais e compostos bioativos de células vegetais, remoção de biofilmes de superfícies / equipamentos, alteração da viscosidade, melhora na homogeneização e emulsificação do leite e produtos lácteos (17, 23).
- ✓ Tratamentos de baixa intensidade e alta frequência – a energia é transmitida através do meio sem promover alterações no estado de equilíbrio, ou seja, as ondas sônicas produzem zero ou nenhuma mudança nos materiais por onde passam (17, 23). Em geral, por não causar cavitação, são usados para finalidades não destrutivas, como a caracterização da composição, estrutura ou estado físico dos materiais alimentares. Mais recentemente, o ultrassom também se tornou uma ferramenta eficaz para

umentar o rendimento de processos biotecnológicos sem afetar a viabilidade celular e, assim melhorar a qualidade do produto final devido a modulação do desempenho dos microrganismos (9, 18, 23). Entre as ações positivas induzidas pelo ultrassom, destacam-se: maior atividade enzimática, melhor eficiência da fermentação com consequente redução no tempo de processo, melhoria de propriedades tecnológicas, redução na acidificação e pós-acidificação em bebidas probióticas, melhoria de transferência de massa, entre outras (6, 7, 9, 18, 24, 25, 26).

Na tabela 1, constam alguns exemplos de pesquisas científicas realizadas nos últimos 7 anos que investigaram os principais efeitos causados pelo uso do ultrassom de baixa intensidade e alta frequência com o escopo de atenuar o metabolismo de microrganismos probióticos. De um modo geral, foi possível observar que os tratamentos com ultrassom resultaram em melhorias em relação a: (a) sobrevivência probiótica em ambiente com sais biliares; (b) propriedades de superfície das cepas probióticas (agregação automática, hidrofobicidade e formação de biofilme); (c) neutralização da acidificação e inibição da pós-acidificação, principalmente quando associado a temperaturas de refrigeração e, inclusive sob abuso térmico; (e) escores sensoriais do produto; (f) extensão do prazo de validade comercial do produto. Além disso, na maioria dos estudos, no que diz respeito à cultivabilidade, a contagem de viáveis realizada após os tratamentos confirmou que a viabilidade celular probiótica não foi significativamente afetada pela atenuação ultrassônica. Portanto, o ultrassom demonstrou ser uma ferramenta promissora para controlar o metabolismo probiótico, melhorando o desempenho tecnológico e, conseqüentemente, a qualidade de produtos alimentícios funcionais.

Tabela 1 – Exemplos dos efeitos do tratamento com ultrassom de baixa intensidade e alta frequência sobre as propriedades tecnológicas e funcionais probióticas.

(continua)

Cepa / Matriz alimentícia	Parâmetros operacionais	Principais efeitos observados	Referência
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> 12, <i>Lactocaseibacillus casei</i> LC 01 e <i>B. animalis subsp. lactis</i> BB12 / bebida de arroz orgânica	130 W, potência (60 – 100 ou 80 %) por 4 min, pulso de 2 s	O tratamento (80 % de potência por 4 min) foi eficaz na manutenção da viabilidade e características sensoriais, no controle da acidificação (inclusive por um curto tempo de abuso térmico) e evitou a pós-acidificação por 7 dias.	[6]
<i>Limosilactobacillus reuteri</i> , <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , e <i>Bifidobacterium infantis</i> / -	130 W, 20 kHz, potência (40, 60 e 80%) por 2, 4 e 6 min, pulso de 2 s	O tratamento (60 % de potência por 6 min) evitou a pós-acidificação e obteve efeito positivo sobre a hidrofobicidade e adesão a células Caco-2 de <i>L. reuteri</i> , porém o crescimento em pH 4 foi afetado negativamente. Enquanto nas outras cepas, houve efeito negativo na resistência ácida e biliar.	[7]
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA 5, <i>Bifidobacterium</i>	130 W, 20 kHz, potência líquida (40 e 60%) por 2,	A viabilidade não foi afetada durante o armazenamento. O tratamento (40% de potência por 6 min foi o mais	[8]

Cepa / Matriz alimentícia	Parâmetros operacionais	Principais efeitos observados	Referência
<i>animalis</i> subsp. <i>lactis</i> DSM 10140 e <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> c16 e c19 / bebidas vegetais (amêndoa, aveia, arroz e soja)	4 e 6 min; pulsos de 2 s	eficiente na redução da acidificação; <i>L. acidophilus</i> mostrou melhor capacidade de retardar a acidificação; a bebida à base de soja apresentou a menor acidificação. A bebida de arroz inoculada com <i>L. plantarum</i> c16 e c19 atenuados armazenados sob abuso térmico apresentou retardo na acidificação somente quando houve tratamento combinado com refrigeração.	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (2, 4, 17, 41, 4y, WB, W21, WL43)	130 W, potência líquida (20 %) por 2 – 1- min; pulsos de 2 – 10 s	A viabilidade não foi afetada pelo ultrassom. Quanto às características tecnológicas, o efeito foi cepa-específico. Em algumas cepas, observou-se um efeito positivo do ultrassom, com aumento significativo do crescimento (> 120). O tratamento também aumentou a autoagregação de algumas cepas.	[18]
<i>Limosilactobacillus reuteri</i> DSM / suco de tomate	57, 64 ou 74 W / 4 e 6 min, ciclo de trabalho de 50%	O tratamento (57 W por 6 min) não reduziu a viabilidade celular e modulou transitoriamente a capacidade acidificante probiótica; a viabilidade foi reduzida em ambiente ácido, mas aumentou em solução de sais biliares. O ultrassom mostrou-se eficaz na manutenção do valor do pH do suco de tomate em 4 C. A bebida probiótica apresentou alterações leves em alguns atributos sensoriais.	[14]
<i>Lacticaseibacillus casei</i> ATCC 393 / -	57 W, 20 kHz, ciclo de trabalho de 50% por 6 e 8 min	O tratamento de 6 min causou uma atenuação temporária, enquanto o de 8 min causou maiores efeitos de atenuação. Embora ambos tratamentos tenham afetado negativamente a cultivabilidade e a autoagregação, a hidrofobicidade e a produção de biofilme foram melhoradas.	[9]

Alta pressão hidrostática e Homogeneização de Alta Pressão

A alta pressão hidrostática (APH) é uma tecnologia de conservação de alimentos emergente, não térmica, que utiliza pressão entre 100 e 1000 Mpa, em baixa temperatura, e por um curto período de tempo para inativar microrganismos patogênicos e deteriorantes (27). O tratamento causa a destruição microbiana por promover a separação entre a parede celular e a membrana citoplasmática, desnaturar proteínas e ácidos nucleicos, inativar

enzimas e causar danos à membrana celular. Além disso, por utilizar temperaturas amenas durante o processamento e manter as ligações covalentes, as alterações nas características sensoriais e nutricionais da matriz alimentícia são mínimas (28, 29). Portanto, a APH tem atraído grande interesse dos fabricantes de alimentos devido a sua capacidade de estender a vida útil e melhorar a qualidade do produto final.

Embora a maioria dos estudos envolvam o uso da APH para inativação de microrganismos, alguns autores também aplicaram a tecnologia para modular o metabolismo fermentativo de bactérias probióticas. Nesse caso, as cepas tratadas pela APH, em condições subletais, podem desenvolver mecanismos específicos de resposta ao estresse, como a supressão ou redução de algumas vias metabólicas ou utilização de novas vias. Nesse sentido, é possível conduzir processos fermentativos sob pressão e também desenvolver produtos com propriedades aprimoradas (30).

O efeito preventivo da pós-acidificação em iogurtes pressurizados, por exemplo, pode estar relacionado à inativação de enzimas, principalmente a lactose desidrogenase e β -D-galactosidase, que são responsáveis pelo metabolismo e transporte da lactose. Além disso, a APH também pode inibir a atividade da ATPase e, assim, conseguir evitar o gradiente de prótons e o comprometimento do efluxo de ácido das células bacterianas para o iogurte (31). Porém, quando se trata de iogurtes probióticos, controlar a pós-acidificação é mais difícil devido à alta sensibilidade de bactérias probióticas, como *Bifidobacterium*, ao estresse ácido e a APH. Jankowska *et al.* (32), submetem o iogurte suplementado com as bactérias probióticas *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium* a APH (550 MPa/15 min/18 °C). Os autores reportaram que apesar do iogurte tratado ter apresentado menor acidificação pós-fermentação, as culturas probióticas e iniciadoras foram reduzidas progressivamente durante o período de armazenamento. Em contraste, uma empresa multinacional de laticínios da Nova Zelândia conseguiu mitigar a pós-acidificação sem afetar a viabilidade celular probiótica ao elaborar um iogurte com cepas probióticas selecionadas, ou seja, tolerantes a alta pressão. Posteriormente, combinações distintas de pressão e tempo foram aplicadas até conseguir prolongar a vida útil do iogurte em até 90 dias (33).

A homogeneização de alta pressão (HAP) é uma metodologia que pode ser aplicada para preparação ou estabilização de emulsões e suspensões, criação de mudanças físicas e inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes através da ruptura celular. Trata-se de um processo dinâmico que utiliza fluidos para tempos de processamento curtos e níveis de pressão inferiores àqueles empregados na APH (4, 10, 17). A HAP consiste na capacidade de produzir partículas com tamanho uniforme ao forçar uma suspensão sob pressão através de uma válvula de interrupção, o que provoca a criação de altas forças de cisalhamento que levam à ruptura da parede celular e, conseqüentemente, à inativação das células microbianas (17, 29).

Além dos efeitos antimicrobianos, a HAP também é capaz de controlar de forma positiva a atividade metabólica e as propriedades funcionais probióticas (10). Lanciotti *et al.* (34), investigaram o impacto da HAP, em níveis subletais, nas atividades proteolíticas e metabólicas de diversas cepas bacterianas utilizadas como culturas iniciadoras na elaboração de produtos lácteos. Observou-se que o tratamento com HPH não somente atuou no controle da cinética de fermentação das bactérias tratadas, como também alterou seus perfis metabólicos e aumentou a liberação de enzimas proteolíticas intracelulares de determinadas

cepas, gerando produtos com perfil sensorial diferenciado sem prejudicar a viabilidade celular. Outros estudos também confirmaram o efeito positivo da HAP na modulação de algumas propriedades tecnológicas e funcionais de células bacterianas probióticas, como: maior hidrofobicidade da superfície celular; maior autoagregação automática e adesão; maior resistência a condições ácidas e biliares durante o trânsito para o duodeno; maior imunomodulação ao mudar a interação de lactobacilos com o intestino delgado e induzir uma maior resposta de IgA; alteração no perfil de compostos voláteis com impacto positivo nas características sensoriais; neutralização da acidificação e inibição da pós-acidificação durante o armazenamento do produto sem comprometer a viabilidade probiótica e indução de regulação positiva dos genes de resposta ao estresse (6, 10, 35, 36, 37, 38).

Campo elétrico pulsado

O campo elétrico pulsado (CEP) é outra tecnologia não térmica que consiste na aplicação de pulsos de alto campo elétrico, que variam de 15 a 50 kV/cm por microssegundos, a um produto colocado entre dois eletrodos (29, 39). O fato do tratamento com CEP ocorrer em temperatura ambiente ou ligeiramente superior e os pulsos elétricos curtos em alta tensão causarem mínimas alterações térmicas durante o processo, o que evita efeitos indesejáveis nas propriedades físicas e sensoriais dos alimentos. Pode ser empregado na indústria de alimentos para inativação microbiana, recuperação de compostos bioativos de matrizes vegetais e como um tratamento preliminar para melhorar os processos de congelamento e secagem (29). O CEP induz a quebra das membranas celulares dos microrganismos e a formação de poros no seu interior, fenômeno conhecido como eletroporação, que pode ser reversível ou irreversível de acordo com os parâmetros do processo (intensidade do campo elétrico, duração do pulso, número de pulsos) e propriedades dos alimentos. A eletroporação culmina na perda de permeabilidade mecânica e, conseqüente, morte celular (15).

A aplicação do CEP pode ser controlada para induzir a formação de poros reversíveis, bem como a preservar a viabilidade celular com a finalidade de estimular o aumento da taxa crescimento bacteriano e melhorar a eficiência da fermentação. Em um estudo conduzido com *L. acidophilus* LA-K e *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* LB-12 tratados com CEP com intensidade de campo elétrico leve, as culturas tratadas alcançaram a fase logarítmica de crescimento uma hora antes daquelas que não receberam tratamento. Além disso, as cepas tratadas demonstraram melhor resistência ao ambiente ácido, crescimento exponencial e atividade de protease comparadas ao controle (39). Em relação à acidificação, amostras submetidas ao CEP leve tiveram redução no pH após 70 dias de armazenamento a 22 °C, enquanto amostras não tratadas apresentaram após 14 dias (40), o que indica o potencial uso da tecnologia para controlar a pós-acidificação.

Aquecimento ôhmico

O Aquecimento ôhmico (AO) é uma tecnologia térmica que vem sendo aplicada como uma alternativa aos métodos de tratamento térmico convencionais que se baseiam na transferência de calor por mecanismos de condução e convecção através de superfícies quentes, o que requer tempos de processamento longos com superaquecimento e picos de temperatura indesejados que resultam na deterioração térmica adicional na qualidade do produto (41). Em contraste, o AO não depende de gradientes de temperatura, pois utiliza a resistência elétrica do próprio material que se deseja aquecer para gerar energia dissipada

sob a forma de calor. Logo, o alimento é aquecido internamente permitindo o desenvolvimento de processos mais rápidos, o que torna o tratamento menos agressivo, com maior rendimento e retenção dos benefícios nutricionais e atributos sensoriais (42).

O processamento ôhmico de alimentos tem sido amplamente utilizado para diversas finalidades, como: pasteurização, secagem, concentração, extração e preservação de nutrientes (42). O principal mecanismo de ação envolvido na inativação microbiana é o efeito térmico que causa a destruição da estrutura da membrana celular, danos ao DNA e desnaturação de proteínas, resultando na inativação de enzimas essenciais ao metabolismo bacteriano (43). Porém, também foi relatado à existência de um efeito adicional não térmico, que ocorre quando o campo elétrico aplicado excede a rigidez dielétrica da membrana celular, levando à formação de poros (eletroporação), aumento na permeabilidade da membrana celular e, conseqüentemente, morte celular devido a difusão do material interno por eletro-osmose (44).

Os efeitos do AO na inativação de microrganismos foram extensivamente revisados (41-44). No entanto, estudos que abordem o impacto da tecnologia ôhmica no metabolismo celular e parâmetros de crescimento das culturas probióticas para o desenvolvimento de produtos alimentícios funcionais ainda são escassos. Apesar disso, verificou-se que as variáveis operacionais do AO podem ser ajustadas para aumentar a taxa de crescimento e a atividade da bacteriocina, o que pode levar a melhorias consideráveis em processos biotecnológicos, como a fermentação e a hidrólise enzimática (45). Cho *et al.* (46) investigaram o efeito do AO em diferentes condições de processo (campo elétrico e frequência) na resposta metabólica de *Lactobacillus acidophilus* OSU 133, sobre os parâmetros cinéticos de crescimento, atividade metabólica (atividade da bacteriocina) e pH durante a fermentação em comparação ao aquecimento convencional. De acordo com os autores, o AO provocou uma redução no tempo da fase lag nos estágios iniciais de crescimento, aumento no pH final e redução na atividade da bacteriocina devido ao estresse causado pelo campo elétrico. Portanto, o AO demonstrou ser uma tecnologia alternativa potencialmente útil para uso no desenvolvimento de alimentos fermentados funcionais.

CONCLUSÕES

A atenuação representa uma importante estratégia para controlar a atividade metabólica e melhorar o desempenho tecnológico de culturas iniciadoras e probióticas através de diferentes metodologias que retardam ou evitam efeitos indesejados no sabor e reologia do alimento decorrentes do metabolismo ativo microbiano sem comprometer a viabilidade celular. Apesar, do aquecimento térmico convencional ser o método mais empregado, as tecnologias emergentes demonstraram ser extremamente eficazes na atenuação de microrganismos probióticos para processos biotecnológicos, proporcionando o desenvolvimento de produtos funcionais de alta qualidade.

Entre as melhorias fornecidas pelas tecnologias emergentes nas propriedades funcionais e tecnológicas das células probióticas atenuadas, destacam-se: maior sobrevivência em ambiente ácidos e com sais biliares; melhora nas propriedades de superfície (maior agregação automática, adesão, hidrofobicidade e formação de biofilme), neutralização da acidificação e inibição da pós-acidificação, melhora nos atributos sensoriais (aroma e sabor pronunciados) e extensão da vida útil do produto. Além das vantagens adicionais das metodologias emergentes sobre as convencionais, como sustentabilidade,

processos com temperaturas mais baixas e menor duração, maior rendimento, maior eficiência energética, maior retenção dos benefícios nutricionais e propriedades sensoriais.

Entretanto, são necessárias mais pesquisas que investiguem o impacto das tecnologias emergentes no controle do metabolismo e viabilidade celular de diferentes cepas probióticas, a fim de determinar os parâmetros operacionais mais adequados para otimizar o desenvolvimento de produtos alimentícios funcionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pela bolsa de pós-doutorado concedida à autora Cássia Pereira Barros (260003/019514/2022).

REFERÊNCIAS

1. Neuhouser ML. The importance of healthy dietary patterns in chronic disease prevention. *Nutr Res.* 2018;70:3-6
2. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC, Sanders ME. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2014;11:506–514
3. Han X, Zhang L, Du M, Yi H, LI J, Zhang L. Effects of copper on the post-acidification of fermented milk by *St. thermophilus*. *J Food Sci.* 2012;77:25–28. 2012.
4. Bevilacqua A, Speranza B, Gallo M, Corbo MR. A new frontier for starter cultures: attenuation and modulation of metabolic and technological performance. In: *Starter Cultures in Food Production*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 148–161; 2017.
5. Petterson HE, Sjöström G. Accelerated cheese ripening: a method for increasing the number of lactic starter bacteria in cheese without detrimental effect to the cheese-making process, and its effect on the cheese ripening. *J Dairy Res.* 1975;42:313–326.
6. Bevilacqua A, Casanova FP, Petruzzi L, Sinigaglia M, Corbo MR. Using physical approaches for the attenuation of lactic acid bacteria in an organic rice beverage. *Food Microbiol.* 2016;53:1–6.
7. Racioppo A, Corbo MR, Piccoli C, Sinigaglia M, Speranza B, 6. Bevilacqua A. Ultrasound attenuation of lactobacilli and bifidobacteria: Effect on some technological and probiotic properties. *Int J Food Microbiol.* 2017;243:78–83.
8. Campaniello D, Corbo MR, Speranza B, Sinigaglia M, Bevilacqua A. Ultrasound-Attenuated Microorganisms Inoculated in Vegetable Beverages: Effect of Strains, Temperature, Ultrasound and Storage Conditions on the Performances of the Treatment. *Microorganisms.* 2020;8:1219.
9. Giordano I, Mauriello G. Ultrasound Attenuation Improves Some Surface Properties of the Probiotic Strain *Lacticaseibacillus casei* ATCC 393. *Microorganisms.* 2023;11:142.
10. Bevilacqua A, Racioppo A, Sinigaglia M, Speranza B, Campaniello D, Corbo MR. A low-power ultrasound attenuation improves the stability of biofilm and hydrophobicity of *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii* DSM 20271 and *Acidipropionibacterium jensenii* DSM 20535. *Food Microbiol.*

- 2019;78:104-109.
11. Speranza B, Campaniello D, Petruzzi L, Altieri C, Sinigaglia M, Bevilacqua A, Corbo MR. The Inoculation of Probiotics In Vivo Is a Challenge: Strategies to Improve Their Survival, to Avoid Unpleasant Changes, or to Enhance Their Performances in Beverages. *Beverages*. 2020;6:20.
 12. Klein N, Lortal S. Attenuated starters: An efficient means to influence cheese ripening – a review. *Int Dairy J*. 1999;9:751–762.
 13. El-Soda M, Chen B, Riesterer B, Olson N. Acceleration of low-fat cheese ripening using lyophilised 15 extracts or freeze shocked cells of some cheese related micro-organism. *Milchwissenschaft*. 1991;46:358–360.
 14. Giordano I, Abuqwider J, Altamimi M, Di Monaco RD, Puleo S, Mauriello G. Application of ultrasound and microencapsulation on *Limosilactobacillus reuteri* DSM 17938 as a metabolic attenuation strategy for tomato juice probiotication. *Heliyon*. 2022;8:10969.
 15. Deshwal GK, Tiwari S, Kumar A, Raman RK, Kady S. Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. *Trends Food Sci Technol*. 2021;109:499-512.
 16. Alakali JS, Unwiyi I, Ejiga O. Effect of milk blends and temperature on the quality of thermized yoghurt. *Elec J Env Agricult Food Chem*. 2009;8:2647–2654.
 17. Bevilacqua A, Campaniello D, Speranza B, Altieri C, Sininaglia M, Corbo MR. Two Nonthermal Technologies for Food Safety and Quality –Ultrasound and High Pressure Homogenization: Effects on Microorganisms, Advances, and Possibilities: A review. *J Food Prot*. 2019;82:2049-2064.
 18. Speranza B, Campaniello D, Altieri C, Sininaglia M, Bevilacqua A, Corbo MR. Ultrasonic Modulation of the Technological and Functional Properties of Yeast Strains. *Microorganisms*. 2020;8:1399.
 19. Abesinghe AMNL, Islam N, Vidanarachchi JK, Prakash S, Silva KFST, Karim MA. Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria. *Int Dairy J*. 2019;90:1–14.
 20. Guimarães JT, Scudino H, Ramos GLPA, Oliveira GAR, Margalho LP, Costa LEO, Freitas MQ, Duarte MCKH, Sant’Ana AS, Cruz AG. Current applications of high-intensity ultrasound with microbial inactivation or stimulation purposes in dairy products. *Curr Opin Food Sci*. 2021;38:140-147.
 21. Kentish S, Feng H. Applications of power ultrasound in food processing. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2014;5:263-284.
 22. Chemat F, Zill-e-Huma, Khan MK. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrason Sonochem*. 2011;18:813-835.
 23. Verruck S, Prudencio ES. *Ultrassom na indústria de alimentos: Aplicações no processamento e conservação*. Ponta Grossa: Editora Atena; 2018.
 24. Huang G, Chen S, Dai C, Sun L, Sun W, Tang Y, Xiong F, He R, Ma H. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrason Sonochem*. 2017;37:144–149.
 25. Dahroud BD, Mokarram RR, Khiabani MS, Hamishehkar H, Bialvaei AZ, Yousefi M, Kafil HS. Low intensity ultrasound increases the fermentation efficiency of *Lactobacillus casei* subsp. *casei* ATTC 39392. *Int J Biol Macromol*. 2016;86:462–467.
 26. Wu F, Chao L, Li H, Zhao L, Xu Y, Long Y, Chen Q, Zhang Z. Research progress of applications of ultrasonic technology in food industry. *J Food Saf Qual*. 2017;8:2670–2677.
 27. Li X, Farid M. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies. *J Food Eng*. 2016;182:33-45.

28. Roohinejad S, Koubaa M, Sant'Ana AS, Greiner R. Chapter 4 - Mechanisms of microbial inactivation by emerging technologies. In Barba FJ, Sant'Ana AS, Orlien Koubaa M. (Eds.), *Innovative Technologies for Food Preservation* (pp. 111–132). Academic Press. 2018.
29. Peng K, Koubaa M, Bals O, Vorobiev E. Recent insights in the impact of emerging technologies on lactic acid bacteria: A review. *Food Res Int.* 2020;137:109544.
30. Mota MJ, Lopes RP Delgadillo I, Saraiva JA. Probiotic yogurt production under high pressure and the possible use of pressure as an on/off switch to stop/start fermentation. *Proc Biochem.* 2015;50:906-911.
31. de Ancos B, Cano MP, Gomez R. Characteristics of stirred low-fat yoghurt as affected by high pressure. *Intl Dairy J.* 2000;10:105-111.
32. Jankowska A, Wisniewska K, Rejs A. Application of probiotic bacteria in production of yoghurt preserved under high pressure. *High Press Res.* 2005;25:57-62.
33. Carroll T, Chen P, Harnett M, Harnett J. Pressure treating food to reduce spoilage. U. S. Patent and Trademark Office., Washington, DC (2010). U.S. Patent No. 7,854,950
34. Lanciotti R, Patrignani F, Iucci L, Saracino P, Guerzoni ME. Potential of high pressure homogenization in the control and enhancement of proteolytic and fermentative activities of some *Lactobacillus* species. *Food Chem.* 2007;102:542–550.
35. Tabanelli G, Patrignani F, Vinderola G, Reinheimer JA, Gardini F, Lanciotti R. Effect of sub-lethal high pressure homogenization treatments on the in vitro functional and biological properties of lactic acid bacteria. *LWT - Food Sci Technol.* 2013;53:580-586.
36. Tabanelli G, Burns P, Patrignani F, Gardini F, Lanciotti R, Reinheimer J, Vinderola G. Effect of a non-lethal High Pressure Homogenization treatment on the in vivo response of probiotic lactobacilli. *Food Microbiol.* 2012;32:302-307.
37. Tabanelli G, Vernocchi P, Patrignani F, Del Chierico F, Putignani L, Vinderola G, Reinheimer JA, Gardini F, Lanciotti R. Effects of sub-lethal high-pressure homogenization treatment on the outermost cellular structures and the volatile molecule profiles of two strains of probiotic lactobacilli. *Front. Microbiol.* 2015;6:1006.
38. Braschi G, D'Alessandro M, Gottardi D, Siroli L, Patrignani F, Lanciotti R. Effects of Sub-Lethal High Pressure Homogenization Treatment on the Adhesion Mechanisms and Stress Response Genes in *Lactobacillus acidophilus* 08. *Front Microbiol.* 2021;12:2021.
39. Najim N, Aryana KJ. A mild pulsed electric field condition that improves acid tolerance, growth, and protease activity of *Lactobacillus acidophilus* LA-K and *Lactobacillus delbrueckii* subspecies bulgaricus LB-12. *J Dairy Sci.* 2013;96:3424-3434
40. Yeom HW, Evrendilek GA, Jin ZT, Zhang QH. Processing of yogurt-based products with pulsed electric fields: Microbial, sensory and physical evaluations. *J Food Process Preserv.* 2004;28:161-178.
41. Jaeger H, Roth A, Toepfl S, Holzner T, Engel K-H, Dietrich K, Vogel R, Bandick N, Kulling S, Heinz V, Steinberg P. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. *Trends Food Sci Technol.* 2016;55:84-97.
42. Alkanan ZT, Altemimi AB, Al-Hilphy ARS, Watson DG, Pratap-Singh A. Ohmic Heating in the Food Industry: Developments in Concepts and Applications during 2013–2020. *Appl Sci.* 2021;11:2507.
43. Müller WA, Marczak LDF, Sarkis JR. Microbial inactivation by ohmic heating:

- Literature review and influence of different process variables. Trends Food Sci Technol. 2020;99:650-659.
44. Shao L, Liu Y, Tian X, Yu Q, Wang H, Li X, Dai R. Inactivation and recovery of *Staphylococcus aureus* in milk, apple juice and broth treated with ohmic heating. LWT. 2021;139:110545.
 45. Pereira RN, Teixeira JA, Vicente AA, Cappato LP, Ferreira MVS, Rocha RS, Cruz AG. Ohmic Heating for the dairy industry: a potential technology to develop probiotic dairy foods in association with modifications of whey protein structure. Curr Opin Food Sci. 2018;22:95-101.
 46. Cho HY, Yousef AE, Sastry SK. Growth kinetics of *Lactobacillus acidophilus* under ohmic heating. Biotechnol Bioeng. 1996;49:334-40.



Capítulo 11

DOI: 10.53934/08082023-11

SOBREMESA LÁCTEA: ASPECTOS REGULATÓRIOS E
NUTRICIONAIS

Gabriela Rodrigues Alves Silva *; Wanessa Pires da Silva ; Mônica Marques Pagani ; Elson Rodrigues Tavares Filho ; Eliane Teixeira Mársico ; Adriano Gomes da Cruz ; Erick Almeida Esmerino 

**Gabriela Rodrigues Alves Silva - grodriguesas@gmail.com.br*

Resumo: As sobremesas lácteas são derivados lácteos que têm apresentado destaque no setor, com um aumento em sua participação de mercado, especialmente entre crianças e idosos devido a sua praticidade, aspectos sensoriais e físico-químicos. Adicionalmente, expande-se também a oferta de versões funcionais que agregam benefícios à saúde, como sobremesas probióticas, prebióticas e adicionadas de outros compostos funcionais. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo retratar o cenário mercadológico atual deste derivado lácteo abordando seus aspectos nutricionais, sensoriais e funcionais, além de sua recente regulamentação no Brasil. Após o levantamento, nota-se que a diversificação sensorial e o uso de ingredientes funcionais têm auxiliado as indústrias no desenvolvimento de novos produtos e impulsionado o mercado de sobremesas lácteas, atendendo assim consumidores que buscam na versatilidade destes produtos alcançarem hábitos alimentares mais saudáveis. Ressalta-se ainda o avanço na fixação da identidade e das características mínimas de qualidade para a categoria com a publicação recente de seu Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade.

Palavras-chave: Derivados lácteos; regulamentação; sobremesa láctea; probióticos

Abstract: Dairy desserts are milk derivatives that have been prominent in the sector, with an increase in their market share, especially among children and the elderly due to their practicality, sensory and physical-chemical aspects. Additionally, the offer of functional versions that add health benefits, such as probiotic and prebiotic desserts and added with other functional compounds, is also expanded. In this sense, the present work aimed to portray the current market scenario of this dairy product, addressing its nutritional, sensory and functional aspects, in addition to its recent regulation in Brazil. After the survey, it is noted that sensory diversification and the use of functional ingredients have helped industries in the development of new products and boosted the dairy dessert market, thus serving consumers who seek healthier eating habits in the versatility of these products. It is also worth mentioning the progress in establishing the identity and minimum quality characteristics for the category with the recent publication of its Technical Regulation on Identity and Quality.

Keywords: Milk derivatives. Regulatory. Dairy desserts. Probitics.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as sobremesas lácteas prontas para consumo têm apresentado importante crescimento devido a sua praticidade, versatilidade de sabores e opções atreladas à crescente demanda dos consumidores do produto, como versões funcionais e até com reduzido teor de gordura (1). Entende-se por sobremesa láctea, o produto lácteo composto pronto para o consumo, elaborado a partir da mistura de leite, em suas diversas formas, padronizado ou não em seu teor de gordura, proteína, ou ambos, com derivados lácteos ou substâncias alimentícias, ou ambos, podendo ser adicionada de amidos, amidos modificados e maltodextrina (2).

A sobremesa láctea é basicamente constituída por: leite, amido, açúcar, flavorizantes, estabilizantes, emulsificantes, geleificantes, espessantes, corantes, aromatizantes, ovos, polpas de frutas ou chocolate e conservantes, com formulações variáveis em função das combinações dos ingredientes utilizados (3). Até 2020, ¹ no Brasil não havia nenhuma legislação regulamentando o produto no que tange à formulação, padrões de qualidade, classificação do produto, critérios específicos de rotulagem entre outros temas, contudo, após amplo debate e consulta pública, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa n. 84, que dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade, que deve apresentar o produto denominado sobremesa láctea (2).

Destaca-se que as condições de processamento têm importância fundamental na preparação das sobremesas e devem ser estabelecidas de acordo com a formulação. O processo de fabricação é constituído basicamente das etapas de preparo da mistura, tratamento térmico, homogeneização, resfriamento parcial e estocagem sob refrigeração (4).

Com as novas tendências de mercado e seguimentação do consumo, as indústrias têm buscado estratégias criativas para diferenciar seus produtos com base na funcionalidade e qualidade superior (5). As sobremesas lácteas prontas para o consumo têm ganhado mercado por serem opções interessantes do ponto de vista funcional, nutritivo e sensorial, servindo ainda como matrizes para incorporação de culturas probióticas e outros compostos funcionais, como apontam os estudos científicos e as opções recentes da indústria alimentícia (6).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo retratar o cenário atual de sobremesas lácteas abordando seus aspectos tecnológicos, nutricionais, sensoriais e funcional, abordando ainda sua regulamentação no Brasil.

METODOLOGIA

A busca pelos trabalhos científicos e o levantamento de dados foram realizados através de busca em bases de dados nacionais e internacionais como Periódicos Capes, *Science Direct* e *Pubmed*, utilizando-se os seguintes termos: “sobremesa láctea”, “funcional” e “probióticos”, além de legislações nacionais que tratam sobre o tema.

¹ Comunicação pessoal de Gabriela Alves, em 02 de agosto de 2022, durante desenvolvimento do trabalho. Niterói - RJ

REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo das últimas décadas, a comercialização de sobremesas lácteas prontas para o consumo tem apresentado considerável crescimento. Os ingredientes inovadores e as tecnologias aplicadas nas indústrias de laticínios têm proporcionado novas alternativas às sobremesas clássicas preparadas em casa, permitindo a produção de sobremesas com novos sabores, com maior digestibilidade, maior valor nutritivo e funcional. Embora a produção industrial de sobremesas lácteas seja delicada, seu valor nutricional e suas características sensoriais favorecem o seu consumo por grupos de consumidores como crianças e idosos (7).

No momento do desenvolvimento de um produto é necessária a busca por seu Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) ², onde são fixados a identidade e os padrões de qualidade do mesmo. A primeira regulamentação de sobremesa láctea foi publicada em 2020 através da Instrução Normativa n° 72, de 24 de julho de 2020 (8), que, após meses de vigência, foi revogada pela Instrução Normativa n. 84, de 17 de agosto de 2020 (2), trazendo como alteração a contagem de microrganismos específicos presentes nas sobremesas lácteas fermentadas, que passaram do mínimo de cento e seis unidades formadoras de colônia por grama (10^6 UFC/g) no produto final para um milhão de unidades formadoras de colônia por grama (mínimo de 10^6 UFC/g) para todos os cultivos lácticos específicos empregados, durante todo o prazo de validade.

De acordo com o regulamento (2) são ingredientes obrigatórios da sobremesa láctea: leite, leite reconstituído ou leite concentrado, isolado ou em combinação, padronizados ou não em seu teor de gordura, proteína ou ambos. Para as sobremesas fermentadas os cultivos de microrganismos específicos ou leites fermentados, isolados ou em combinação também fazem parte deste grupo (2). Na Tabela 1 são descritas as classificações das sobremesas lácteas.

Tabela 1: Classificação das sobremesas lácteas.

Classificação das Sobremesas Lácteas	
Sem adição	Sobremesa láctea sem a adição de ingredientes não lácteos.
Com adição	Sobremesa láctea adicionada de ingredientes não lácteos.

² Comunicação pessoal de Gabriela Alves, em 02 de agosto de 2022, durante desenvolvimento do trabalho. Niterói - RJ

Fermentada	Sobremesa láctea fermentada mediante a ação de cultivo de microrganismos específicos ou adicionado de leites fermentados, isolado ou em combinação, e que não poderá ser submetida a tratamento térmico após a fermentação, podendo ser com ou sem adição.
Tratada termicamente após fermentação	Sobremesa láctea fermentada, posteriormente submetida a tratamento térmico adequado, podendo ser com ou sem adição.
De soro de leite	Sobremesa láctea cuja base láctea for composta preponderantemente de soro de leite, em suas diversas formas, podendo ser com ou sem adição.
De soro de leite fermentada	Sobremesa láctea de soro de leite, fermentada mediante a ação de cultivo de microrganismos específicos ou adicionada de leites fermentados, isolado ou em combinação e que não poderá ser submetida a tratamento térmico após a fermentação, podendo ser com ou sem adição.
De soro de leite tratada termicamente após fermentação	Sobremesa láctea de soro de leite fermentada e posteriormente submetida a tratamento térmico adequado, podendo ser com ou sem adição.

Fonte: Instrução Normativa n°84, de 17 de agosto de 2020 (2).

Destacam-se ainda dentro do segmento as versões funcionais do produto. Alimentos funcionais são definidos como “alimentos naturais ou processados que contêm compostos biologicamente ativos conhecidos, que quando dosados em quantidades qualitativamente e quantitativamente definidas, fornecem benefícios à saúde, clinicamente comprovados e documentados, sendo assim, uma importante fonte na prevenção, gestão e tratamento de doenças crônicas da era moderna” (9). É estimado que 60 a 70% do mercado de alimentos funcionais seja dominado pelos produtos probióticos. O sucesso desses produtos é significativo e pode ser observado pela grande variedade existente, dentre eles leites fermentados, sorvetes, vários tipos de queijo, alimentos para bebês, leite em pó, creme de leite e soro de leite coalhado. Pode-se observar o predomínio dos produtos de base láctea disponíveis contendo micro-organismos probióticos (10).

Os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro. Como características principais de um verdadeiro probiótico, deve estar vivo quando administrado, ter um benefício para a saúde e ser entregue em uma dose eficaz (11).

Os benefícios relacionados aos probióticos são: alívio dos sintomas de intolerância à lactose, atividades antimutagênicas e anticarcinogênicas, estímulo do sistema imunológico, melhora da saúde urogenital, alívio da constipação (12), redução do pH do intestino,

produção de vitaminas e enzimas, produção de antimicrobianos, equilíbrio da microflora intestinal e reconstrução após diarreias, redução do colesterol sérico, modulação do sistema imunológico, atividade antioxidante atividade, redução das respostas de alérgenos alimentares, aumento da absorção de cálcio e antibioticoterapia (13).

Em relação a essas funcionalidades, as pessoas estão interessadas em consumir produtos que contenham probióticos. Dentre os produtos cujas alegações de saúde têm sido desenvolvidas e divulgadas na mídia nos últimos anos, destacam-se os produtos contendo probióticos (14).

Recentemente, o amido resistente (AR) ganhou atenção como ingrediente funcional devido aos seus potenciais benefícios à saúde (15), contudo, quando adicionado em sobremesas láctea com sabor de baunilha, observou-se que foram detectados off-flavors oriundos de sua adição que não puderam ser mascarados pela baunilha (16).

As sobremesas lácteas de chocolate são amplamente consumidas em todo o mundo, por consumidores de diferentes faixas etárias, despertando atenção devido as suas características sensoriais como cor, sabor e aroma. Diante disso, são promissores exemplos de matriz alimentar para culturas probióticas, já que possuem condições favoráveis ao desenvolvimento desses micro-organismos, uma vez que apresentam pH maior que 6,0, umidade superior a 70%, não são fermentados, portanto, não possuem culturas “starter” para competir com os micro-organismos probióticos (17).

O desenvolvimento das sobremesas lácteas com probióticos resultou em produtos com adequada qualidade higiênico-sanitárias e bons atributos sensoriais durante toda a estocagem (18).

Mediante ao exposto, nota-se que as sobremesas lácteas são produtos lácteos apreciados pelos consumidores sendo então uma opção atrativa por incorporar ingredientes que agreguem valor sensorial e funcional, que interagem, resultando numa grande variedade de texturas e sabores que, por sua vez, influenciam as características físicas e sensoriais do produto, com efeitos diretos sobre a aceitação dos consumidores. Portanto, são opções viáveis e promissoras para o desenvolvimento de produtos inovadores (19).

CONCLUSÃO

Conclui-se que é notório o crescimento do mercado de sobremesas lácteas no Brasil, visto se tratar de um produto com diversos aspectos – nutricionais, sensoriais e funcionais - que se alinham às demandas do consumidor. Nota-se que a regulamentação deste derivado lácteo tem auxiliado as indústrias na fixação da identidade e das características mínimas de qualidade, permitindo a incorporação de ingredientes que diversificam sua oferta, como por exemplo, o uso de probiótico, prebióticos, edulcorantes, entre outros ingredientes, e ampliam sua aceitabilidade e valor funcional. Sendo assim, ressalta-se que, apesar dos desafios atuais da indústria laticinista, são inúmeras as oportunidades de destaque com o desenvolvimento de novos produtos dentro do segmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONZÁLEZ-TOMÁS, L.; *et al.* Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 858-866, 2008.

2. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n° 84, de 17 de agosto de 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade, que deve apresentar o produto denominado sobremesa láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 de agosto de 2020, edição 161, secção 1, p.8, 2020a.
3. NUNES, M.C.; *et al.* Avaliação das sobremesas lácteas: características que podem comprometer a garantia de qualidade. **Higiene Alimentar**, v.12, n 58, p. 41-48, 1998.
4. NIKAEDO, P. H. L; *et al.* Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas carragena e guar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 397 – 404, 2004.
5. BURITI, F. C. A; *et al.* Chilled milk-based desserts as emerging probiotic and prebiotic products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, p.139-150, 2014.
6. BURITI, F. C. A.; *et al.* Probiotic and Prebiotic Dairy Desserts.In: WATSON, R. R.; PREEDY, V. R. **Probiotics, Prebiotics and Synbiotics**. Amsterdam: Elsevier, 2016. p. 345-360.
7. VALENCIA, M. S. Desenvolvimento de sobremesa láctea cremosa de chocolate adicionada de fruto-oligossacarídeo e *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*. **Dissertação (Mestrado em Nutrição) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife**, 69f. 2015.
8. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n° 72, de 24 de julho de 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade, que deve apresentar o produto denominado sobremesa láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 de julho de 2020, edição 144, secção 1, p.8, 2020b.
9. SAAD, S. M. I.; BEDANI, R. Alimentos funcionais probióticos e prebióticos. **Nutrição e Aspectos Atuais - Atheneu**, São Paulo, v.3, p. 241 – 356, 2013.
10. TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. **Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage**. Journal of Functional Foods, v. 9, p. 225 – 241, 2014.
11. HILL, C; GUARNER, F; REID, G; GIBSON, G. R; MERENSTEIN, D. J; POT, B; MORELLI, L; CANANI, R. B; FLINT, H. J; SALMINEN, S; CALDER, P. C; SANDERS, M. E. **Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic**. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, v. 11, p. 506-14, 2014.

12. NAGPAL, R.; YADAV, H.; PUNIYA, A.K.; SINGH, K.; JAIN, S.; MAROTTA, F. **Potential of probiotic and prebiotics for synbiotic functional dairy foods: an overview.** *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, v. 2, p. 75-84, 2007.
13. KUMAR Y.; SINGH L. **Health benefits of fermented and functional foods.** *JPDS*, 1:151-155,2009.
14. TSILINGIRI K.; RESCIGNO M. **Postbiotics: what else?** *Benef Microbes*, 4:101-107, 2012.
15. SAJILATA, M.G; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R.; **Amido resistente – uma revisão.** *Revisões Abrangentes em Ciência de Alimentos e Segurança Alimentar*, v.5(1): p.1–17,2006.
16. ARES G; et al; **New functional fibre in milk puddings: Effect on sensory properties and consumers' acceptability.** *LWT- Food Science and Technology*, v.42(3): p.710–716, 2009.
17. SILVA, A. S.; *et al.* **Viability of Lactobacillus casei in chocolate flan and its survival to simulated gastrointestinal conditions.** *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, p. 3163 – 3170, 2012.
18. VALENCIA, M.S.; **Desenvolvimento de sobremesa láctea cremosa de chocolate adicionada de frutooligossacarídeo e lactobacillus paracasei subsp. paracasei lbc 81.** Disponível em:< <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14037>> Acesso em: 15 ago. 2022
19. MORAIS, E. C.; *et al.* **Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners.** *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 5, p. 2600 – 2609, 2014.



Capítulo 12

DOI: 10.53934/08082023-12

CINÉTICA DE SECAGEM DO BROTO DE BAMBU GIGANTE

Isabelly Mayumi Odahara ; Fabiano Ostapiv ; Bruna Niedo Gerolim ; Edimir
Andrade Pereira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: edimir@utfpr.edu.br

Resumo: Perdas relevantes pós-colheita de produtos de origem vegetal ocorrem principalmente devido a técnicas inadequadas de conservação. Nesse sentido, a secagem destaca-se por ser um método simples e eficaz no controle da deterioração de alimentos. A cinética de secagem tem sido de grande importância para a modelagem matemática, que promove análises da transferência de calor e massa, no decorrer da secagem da amostra. Neste estudo o bambu gigante (*Dendrocalamus asper*), foi submetido a secagem em três temperaturas diferentes (60, 80 e 100 °C). Os modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados experimentais foram os de Lewis e de Henderson e Pabis. Observou-se, que com o aumento da temperatura, houve uma maior taxa de perda de água e conseqüente redução no tempo de secagem da amostra, sendo que, o melhor ajuste foi obtido utilizando o modelo de Henderson e Pabis. Conclui-se que a temperatura influencia diretamente sobre a redução da umidade durante a secagem, sendo uma boa alternativa para o consumidor, com potencial de ser utilizada no preparo de alimentos, a exemplo de farinhas, por poder agregar valor nutricional e contribuir com a redução do desperdício de produtos agroindustriais.

Palavras-chave: Conservação; *Dendrocalamus asper*; Modelos matemáticos

Abstract: Relevant post-harvest losses of products of plant origin occur mainly due to inadequate conservation techniques. In this sense, drying stands out as a simple and effective method to control food deterioration. Drying kinetics has been of great importance for mathematical modeling, which promotes the analysis of heat and mass transfer during sample drying. In the following study, giant bamboo (*Dendrocalamus asper*), it was subjected to drying at three different temperatures (60, 80, and 100 °C). The mathematical models used to adjust the experimental data were those of Lewis and Henderson and Pabis. It was observed that with the increase in temperature, there was a higher rate of water loss and a consequent reduction in the drying time of the sample, and the best fit was obtained using the model by Henderson and Pabis. It is concluded that the temperature directly influences the reduction of moisture during drying, being a good alternative for the consumer, with the potential to be used in the preparation of foods, such as flour, as it can add nutritional value and contribute to the reduction of waste of agro-industrial products.

Keywords: Conservation; *Dendrocalamus asper*; mathematical models

INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta que pertence à família das gramíneas (Poaceae) e a subfamília Bambusoideae, e está presente na cultura e alimentação da população asiática, além disso, é um material versátil, de fácil cultivo e manejo, que possui fácil crescimento e acesso, assim como, também é rico em nutrientes como vitaminas, minerais, proteínas e fibras, mas possui também componentes que podem ser tóxicos, como os compostos cianidrícos (Amaral et al, 2021), estes podem ser eliminado completamente sob a ação do calor onde ocorre a hidrólise, em glicose, hidroxibenzaldeído e ácido cianídrico (Azzini *et al.*, 1995).

Existe entre 50 a 60 espécies de bambu, nas quais, o broto que possuem são comestíveis, sendo utilizada também para construção civil e para a obtenção de antioxidantes que estão presentes no óleo do bambu. Atualmente os seus benefícios e usos, ainda não são muito conhecidos fora dos países asiáticos, mas ainda está no processo de familiarização e consumo, em outros países (Watanabe, 2016).

Essa vasta produção permite que o bambu tenha diversos destinos de uso, sem comprometer sua reprodução e produção, incluindo desde o mercado de construção até o de alimentação. A utilização do broto de bambu como ingrediente alimentício, poderá contribuir no desenvolvimento de produtos menos calóricos e com maior aporte de fibras (vantagens nutricionais) e na maior diversidade de produtos alimentícios no mercado (Profeta *et al.*, 2023).

A cinética de secagem fornece informações sobre o comportamento da transferência de calor e massa entre o produto e o agente de secagem, normalmente o ar, e pode ser descrita por modelos matemáticos, que possibilitam a obtenção de estimativas do tempo necessário para redução do teor de água do produto, em diferentes condições de secagem (Guedes *et al.*, 2000; Sousa *et al.*, 2011).

Deste modo, se faz importante entender a cinética de secagem, por meio do estudo da transferência de calor e massa, bem como, analisar o produto desidratado e direcionar a aplicação do mesmo para o desenvolvimento de novos produto alimentícios.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram adquiridas na estação experimental da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) em Dois Vizinhos (UTFPR-DV) e o estudo foi realizado no *campus* de Pato Branco (UTFPR-PB).

Foi realizada a determinação do teor de umidade inicial na amostra de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

O broto de bambu foi descascado e cortado em tamanhos similares, com aproximadamente 0,5 x 0,5 x 0,2 cm e foram cuidadosamente espalhadas em bandejas e levadas em estufa de circulação forçada de ar (Desidratador Pardal PE15) à temperaturas de 60, 70 e 80 °C. O estudo da cinética de secagem foi estabelecido para as amostras submetidas às condições descritas, mediante acompanhamento da perda de umidade registrada através da variação da massa das amostras em intervalos de tempo predefinidos. As perdas de massa durante a secagem foram obtidas com o auxílio de uma balança semi-analítica. Os ensaios foram prolongados até que atingissem condições de equilíbrio (massa constante). A razão de umidade (RU) foi determinada conforme a Equação 1.

$$RU = \frac{(U-U_e)}{(U_i-U_e)} \quad (1)$$

Onde:

RU é a razão de umidade;

U é o teor de água do produto (decimal b.s.);

U_i é o teor de umidade inicial do produto (decimal b.s.);

U_e é o teor de água de equilíbrio do produto (decimal b.s.).

A partir dos dados de perda de massa ao longo da secagem foi determinada a curva de secagem, por meio da avaliação do comportamento da perda de umidade ao longo do tempo, onde foram utilizados modelos semi-empíricos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 4 – Modelos matemáticos para ajuste de dados da secagem

Designação do modelo	Equações
Lewis	$RU = \exp(-k.t)$ (2)
Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k.t)$ (3)

Onde:

RU: Razão de umidade do produto (adimensional);

k: coeficiente de secagem;

t: tempo de secagem; e

a: constante do modelo.

Para a construção dos gráficos foi utilizado o programa statistic 12.0, a partir dos dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados da cinética de secagem, foram obtidos os ajustes dos modelos matemáticos, bem como os valores do coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2), nas diferentes temperaturas estudadas (Tabela 2).

Tabela 2- Valores do ajuste de dados da cinética de secagem do bambu, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2), em temperatura de 60, 80 e 100 °C.

Modelo	Temperatura (°C)	k	R^2	χ^2	
Lewis	60	0,0060	0,9870	0,0314	
	80	0,0101	0,9887	0,0196	
	100	0,0136	0,9918	0,0142	
Modelo	Temperatura (°C)	a	k	R^2	χ^2
Henderson & Pabis	60	1,035	0,0141	0,9934	0,0115
	80	1,023	0,0104	0,9895	0,0182
	100	1,034	0,0141	0,9934	0,0115

Observou-se que em todos os modelos estudados os valores de R^2 estão acima de 0,98 e o qui-quadrado próximos a 0,0 (zero) e podem ser utilizados adequadamente para descrever a secagem do bambu. De acordo com o modelo de Lewis os valores do coeficiente de difusão aumentaram com o incremento da temperatura do ar de secagem o que favorece a redução do tempo de secagem, resultando em curvas mais inclinadas devido a maior quantidade de calor transferido do ar para o material.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pode-se concluir que o modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor representou a cinética de secagem das amostras de bambu, por apresentar o maior índice de correlação e menor qui-quadrado.

A temperatura foi o fator controlador do processo de secagem, pois quanto maior a temperatura de secagem, mais rápido o produto atinge seu equilíbrio termodinâmico.

Devido ao menor tempo de processamento, os resultados do presente trabalho indicam a utilização de temperaturas de secagem de 100 °C, apesar de que estudos de perdas nutricionais se fazem necessários.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UTFPR e a Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS

Amaral, A.M.P.; Rigol, E.; Sehn, G.A.R.; Cavalheiro, D.; Perin, L. Caracterização da farinha do broto do bambu (*Dendrocalamus asper*). Santa Catarina, 2021. In: 31º Seminário de inicialização científica, UDESC.

Azzini A.; leme, P. R.; carvalho, C. L. R.; salgado, A. L. D. B.; Ferreira, V. L. P. Caracterização Bromatológica e Mineral dos resíduos de Broto de Bambu, Visando a sua utilização como Alimento Animal. Nota Instituto Agrônomo. Bragantia, Campinas. 1995, v. 54, n. 2, p. 257-261.

Echeverri, L. A. S.; García, M. E. R. Caracterização morfológica e estrutural da fibra de bambu em colmo - *Guadua angustifolia* Kunth. Ciência florestal, Santa Maria. 2018, v. 28, p. 1676-1687.

Felisberto, M. H. F. Caracterização e avaliação da farinha e amido dos colmos jovens de *Dendrocalamus asper*, *Bambusa tuldoides* e *Bambusa vulgaris* para aplicação em biscoito tipo cookie. Campinas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2018.

Guedes, A. M. & Faria, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2000, v.2, n.1, p.73-86.

Goetz, N. M.; Kunst, S. R.; Morisso, F. D. P.; Oliveira, C. T.; Machado, T. C. Estudo da eficiência do uso de bambu como bioadsorvente na remoção de azul de metileno. Revista Matéria. 2022, v. 27, p 1517-7076.

Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo. 4ª Edição, 1ª Edição Digital, 2008. 1020p.

Lazarotto, R.; Molina C. H. A.; Scope, B. C.; Rigo E.;Cavalheiro D.; Sehn G. A. R. Preparação e caracterização do broto de bambu em pó para aplicação como espessante em bebida láctea. Santa Catarina. 2022. In: 32º Seminário de inicialização científica UDESC.

Marinho, N. P. Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média de densidade (MDF). 2012. Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Curitiba.

Profeta, J. R., Viana, L. M., Batista, J. I. L. F., & Felisberto, M. H. F. Efeito da adição de fibra de broto de bambu em formulação de pão francês. 2023. Brazilian Journal of Development, v.9, n.3, p.10761–10782.

Sousa, F. C., Sousa, E. P., Silva, L. M. M., Martins, J. J. A., Gomes, J. P., & Rocha, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem de polpa de oiti. Campina Grande. Revista Educação Agrícola Superior, 2011, v.26, n.2, p.108-112.

Scurlock, J. M. O., Dayton, D. C., Hames, B. Bamboo: an overlooked biomass resource? Biomass & Bioenergy. 2000, v.19, p 229-244.

Watanabe, L.B. Desenvolvimento e caracterização de pasta de broto de bambu (*Dendrocalamus asper*). Pós-graduação em ciência dos alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016



Capítulo 13

DOI: 10.53934/08082023-13

ACEITAÇÃO DE BARRAS DE CEREAIS DESENVOLVIDAS COM
FARINHA ORIUNDA DO RESÍDUO DO ABACAXIVitor Emanuel de Souza Gomes *; Anna Júlia Weltri de Andrade ; Alba Regina
Pereira Rodrigues ; Gaspar Dias Monteiro Ramos **Autor correspondente (Corresponding author) – Email: gomesvitor209@gmail.com*

Resumo: O Brasil é um dos países que mais desperdiça frutas e hortaliças, podendo chegar a 50% de todo o alimento produzido. Além desse aspecto, uma das grandes preocupações atuais na indústria alimentícia é a gestão adequada dos resíduos gerados em processos industriais ou mesmo sua minimização, visto que seu potencial para a utilização na alimentação é viável, devido seu alto valor nutritivo. Nesse contexto, objetivou-se elaborar barras de cereais com adição da farinha proveniente do resíduo sólido do abacaxi. Para isso, foram desenvolvidas três formulações de barras de cereais (convencional, com adição de 15% da farinha do resíduo e com adição de 25% da farinha do resíduo). Os resultados obtidos nas análises microbiológicas das três formulações encontraram-se dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, apresentando-se, portanto, seguras do ponto de vista microbiológico. Além disso, realizou-se a análise de atividade de água e pH, onde foi encontrado um valor mais alto que o desejado, variando entre 0,633 a 0,641 na atividade de água e pH de 4,39 a 4,48. As formulações foram avaliadas sensorialmente quanto aos atributos: sabor, aroma, consistência e aceitação global, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos. As três formulações obtiveram resultados satisfatórios, visto que foram bem aceitas pelo público que compôs o grupo de provadores. As médias variaram de 6 “Gostei ligeiramente” até 7 “Gostei Regularmente. Com isso, concluiu-se que o aproveitamento de resíduos agroindustriais permite o desenvolvimento de projetos sustentáveis com uso da prática de aproveitamento integral de alimentos.

Palavras-chave: aproveitamento de resíduos; barra de cereal; farinha da casca do abacaxi; redução do desperdício.

Abstract: Brazil is one of the countries that wastes most fruits and vegetables, reaching 50% of all food produced. In addition to this aspect, one of the major current concerns in the food industry is the proper management of waste generated in industrial processes or even its minimization, since its potential for use in food is viable, due to its high nutritional value. In this context, the objective was to prepare cereal bars with the addition of flour from pineapple solid waste. For this, three formulations of cereal bars were developed (conventional, with the addition of 15% of the residue flour and with the addition of 25% of the residue flour). The results obtained in the microbiological analyzes of the three formulations were within

the microbiological standards established by the current legislation, presenting themselves, therefore, safe from the microbiological point of view. In addition, the analysis of water activity and pH was performed, where a higher value than desired was found, ranging from 0.633 to 0.641 in water activity and pH from 4.39 to 4.48. The formulations were sensorially evaluated regarding the attributes: flavor, aroma, consistency and overall acceptance, using a 9-point hedonic scale. The three formulations obtained satisfactory results, since they were well accepted by the public that made up the group of tasters. The averages ranged from 6 “I liked it slightly” to 7 “I liked it Regularly. With this, it was concluded that the use of agro-industrial waste allows the development of sustainable projects using the practice of full use of food.

Keywords: use of waste; cereal bar; pineapple peel flour; waste reduce.

INTRODUÇÃO

Segundo indicadores da Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento – UNCTAD (1), o Brasil será o maior país agrícola do mundo em dez anos. Tal posição está relacionada com características climáticas que corroboram para o cultivo de diversas frutas e hortaliças, garantindo uma posição de destaque para o cenário do país nesse setor, além disso, dispõe de uma enorme expansão territorial que contribui para o desenvolvimento da atividade agrícola (2). Porém, com o avanço da produção industrial de alimentos, vem crescendo a preocupação com a ausência de estratégias para o aproveitamento de resíduos que acarreta problemas ambientais, fator esse que além de grande impacto negativo, vem sendo pauta de discussão na atualidade (3).

Uma estratégia viável para assegurar a redução do descarte de resíduos é o aproveitamento de forma integral de frutas e hortaliças, usando partes desses vegetais que não são utilizadas, com o intuito de elaborar novos produtos (4). Nesse contexto, destaca-se o abacaxi, visto que o Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de abacaxi, tendo uma produção de 1.545.036 milhão de frutos em 2021 (5). Assim, uma das consequências enfrentadas é o aumento dos resíduos que são gerados no processamento dessa fruta para a elaboração de produtos que tem sua polpa como base. Os resíduos gerados são: as cascas, bases, coroas, cilindros centrais e bagaços, representando 40 a 70% dos resíduos. O aproveitamento de resíduos do processamento do abacaxi é uma estratégia que visa, além da diminuição dos resíduos gerados, agregar valor aos seus subprodutos (6). Atualmente, a busca por alimentos de consumo facilmente disponíveis para refeições rápidas no mercado vem ganhando a preferência dos consumidores.

Preparadas a partir de frutas desidratadas e de cereais como a aveia, trigo, soja, milho e arroz, as barras de cereais ganharam grande destaque no mercado devido à sua praticidade, aos seus valores nutricionais e ao seu sabor (7). Os principais aspectos considerados na elaboração de barras de cereais incluem: a escolha do cereal, a seleção do carboidrato apropriado (de forma a manter o equilíbrio entre o sabor e a vida de prateleira), o enriquecimento com vários nutrientes e sua estabilidade no processamento. Considerando o valor nutricional, as barras com alto teor de fibras e baixo teor ou isentas de gordura são as

preferidas do consumidor, porém com alto poder energético (8). Os cereais em barras são multicomponentes e podem ser combinados de modo complexo em sua formulação. Os ingredientes devem ser escolhidos de forma adequada para garantir que se complementam mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades físicas, mantendo o equilíbrio da atividade de água (8).

As barras de cereais consistem em produtos que, atualmente, possuem elevado potencial para a adição de novos ingredientes e atendem a vários segmentos de consumidores comumente preocupados com a saúde alimentar. Essa diversidade de atributos sensoriais, relacionados, principalmente, a percepção de sabor, possibilita a realização de estudos com novos ingredientes alimentícios nutritivos e até funcionais, como a produção de barras multicomponentes (9), bem como aquelas preparadas com resíduos agroindústrias (10) (11).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi utilizar a farinha, proveniente do resíduo sólido do abacaxi, na elaboração de diferentes formulações de barras de cereais e, avaliar, sensorialmente, a aceitabilidade das barras elaboradas, como uma maneira de contribuir para a diminuição dos impactos provocados pelos resíduos no meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

ELABORAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DO ABACAXI

O processamento da farinha proveniente do resíduo sólido da casca do abacaxi foi realizado no Laboratório de Produtos de Origem Vegetal, pertencente ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), *Campus Valença*. Inicialmente, as frutas foram lavadas em água corrente para retirar as sujidades mais grossas da superfície do produto, depois efetuou-se a limpeza e sanitização dos abacaxis em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm de cloro livre, durante 20 minutos. Posteriormente, os abacaxis foram descascados manualmente com auxílio de uma faca de aço inoxidável, com intuito de separar a casca da polpa. As cascas do abacaxi foram colocadas em bandejas e submetidas à desidratação em uma secadora, à temperatura de 65°C, por 28 horas. As cascas desidratadas passaram pelo moinho do tipo martelo e foram peneiradas para manter somente as partículas com menor granulometria, possibilitando a sua adição nos ingredientes secos das barras de cereal.

FORMULAÇÃO E OBTENÇÃO DAS BARRAS DE CEREAL

Para o desenvolvimento das barras de cereais, as seguintes formulações foram elaboradas: convencional (sem resíduo), adição de 15% e 25% de resíduo oriundo da casca do abacaxi em forma de farinha. A diferença entre a formulação convencional para a formulação com 15% de resíduo e formulação com maior concentração de resíduo (25%), foi o balanceamento da quantidade de aveia em flocos, flocos de arroz, abacaxi desidratado e gotas de chocolate de acordo com a proporção da quantidade farinha do resíduo. A junção de todos esses ingredientes constituiu a parte seca da barra de cereal. As três formulações de barras de cereais que foram elaboradas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingredientes que constituem a parte seca das três formulações de barras de cereais.

	Convencional (%)	15% de resíduo	25% de resíduo
Aveia em flocos	44	40	35
Flocos de arroz	23	20	15
Abacaxi desidratado	18	20	20
Chocolate	15	5	5
Farinha do resíduo	0	15	25

Convencional: barra de cereal padrão; 15% de resíduo: barra de cereal adicionada de 15% de farinha de resíduo de abacaxi; 25% de resíduo: barra de cereal adicionada de 25% de farinha de resíduo de abacaxi.

Para a aglutinação homogênea entre todos os ingredientes fez-se necessário a realização de uma solução ligante (xarope), no qual o processo se dá pela mistura de xarope de glicose de milho, açúcar, margarina, lecitina de soja e sal. Em seguida, foram aquecidas a mistura a 105°C sob agitação, até completa homogeneização, antes de iniciar a fervura, adicionou-se 50 mL de água potável para facilitar a dissolução dos ingredientes, no preparo de um xarope para uma formulação de 1Kg de barra de cereal. Na Tabela 2 encontram-se as porcentagens de cada ingrediente que foi utilizado na elaboração da solução ligante.

Tabela 2 - Porcentagem dos ingredientes necessários no preparo de xarope para elaboração de 1Kg de barra de cereal.

Ingredientes (%)	
Xarope de glicose de milho	88
Açúcar	3,8
Margarina	7
Lecitina de soja	0,7
Sal	0,5

Depois que o xarope atingiu a temperatura de 105°C, foi retirado do fogo, vertido sobre a parte seca da barra de cereais, em um recipiente de aço inoxidável, e foram misturadas as duas frações até a formação de uma massa homogênea. No mesmo recipiente,

a massa foi prensada para a obtenção do formato retangular da barra, e, após descanso de aproximadamente 10 minutos, até a barra atingir temperatura ambiente, foram realizados os cortes. Por fim, foram embaladas e acomodadas em sacos plásticos selados, sendo mantidas sob temperatura ambiente (em torno de 26°C).

ANÁLISE SENSORIAL

Para avaliar a aceitação das três formulações de barras de cereais, 120 provadores não treinados, sendo alunos, professores e servidores devidamente registrados na instituição de ensino CEFET/RJ, *Campus Valença*, foram convidados. O teste de aceitação foi avaliado através de escala hedônica de nove pontos, variando de: 1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo. Os julgadores receberam uma porção de cada amostra (aproximadamente 10g), em guardanapos descartáveis brancos, codificados com números de três dígitos, de forma casualizada e balanceada, acompanhada de um copo de água para realização da limpeza do palato e uma ficha para a avaliação. As formulações foram oferecidas aos julgadores de forma monádica sequencial. A análise sensorial foi realizada após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFAA, sob o número CAAE: 34717620.3.0000.5246, número do parecer: 4.307.234, conforme a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (12).

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w)

A determinação da atividade de água foi através da leitura direta da amostra no aparelho AquaLab Lite.

DETERMINAÇÃO DE pH

Para a determinação do pH foi pesada e homogeneizada de 1 a 5 gramas de amostra em um béquer segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (13), e então realizada a leitura no pHmetro digital de bancada da marca Lab1000, modelo mPA 210, previamente calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7.

AVALIAÇÕES MICROBIOLÓGICAS

A qualidade microbiológica das formulações das barras de cereais foi avaliada de acordo com o determinado pela Instrução Normativa N° 161, de 01 de julho de 2022 para cereais compactados (14), em barra ou outras formas, com ou sem adição de outros ingredientes, onde são necessárias as análises de *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Bolores e*

leveduras, utilizando a metodologia proposta pela Instrução normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003 (15).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos na análise sensorial (escala hedônica) foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), com nível de 5% de significância, com comparação das médias através do teste de Tukey, utilizando o programa STATISTICA 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE SENSORIAL

Participaram dos testes 120 provadores não treinados, sendo 76 do sexo feminino e 44 do sexo masculino. De acordo com os valores encontrados na análise sensorial, nota-se que as três formulações foram bem aceitas pelo público que compôs o grupo de provadores. As médias variaram de 6 “Gostei ligeiramente” até 7 “Gostei Regularmente”, conforme mostrado na Tabela 3. Além disso, pode-se observar que as amostras que continham 15% e 25% de farinha do resíduo em sua composição não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre si em relação aos atributos sabor, aroma e avaliação global, indicando que a quantidade de farinha do resíduo de abacaxi não altera essas características sensoriais quando adicionada entre 15% e 25%.

Tabela 3 - Média das notas obtidas para o teste de aceitação sensorial das barras de cereais elaboradas com resíduos de abacaxi.

	Convencional (%)	15% de resíduo	25% de resíduo
Sabor	7,72 ^a	6,92 ^b	6,58 ^b
Aroma	7,05 ^a	6,95 ^{ab}	6,67 ^b
Consistência	7,41 ^a	7,30 ^a	6,81 ^b
Avaliação Global	7,75 ^a	7,15 ^b	6,82 ^b

Convencional: barra de cereal padrão; 15% de resíduo: barra de cereal adicionada de 15% de farinha de resíduo de abacaxi; 25% de resíduo: barra de cereal

adicionada de 25% de farinha de resíduo de abacaxi. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para o atributo sabor, a amostra convencional apresentou maior valor de média (7,72) e diferença significativa quando comparada com as amostras de 15% e 25% de resíduo, podendo ser explicado pelo fato de a adição da farinha oriunda do resíduo do abacaxi alterar o sabor de outros ingredientes presentes na formulação da barra de cereal. Vieira et. al. (16), elaboraram e avaliaram barras de cereais produzidas utilizando okara e farelo de casca de abacaxi, onde obtiveram médias mais baixas em relação ao atributo sabor para amostras que continham maiores porcentagens de resíduo em sua formulação, conforme no presente estudo.

Já em relação ao aroma, observa-se que o houve diferença significativa perceptível com a adição da farinha do resíduo, uma vez que as amostras com 15% e 25% não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, mas se diferem em relação a amostra convencional. Segundo Neres (17), os consumidores tendem a relacionar o aroma do produto diretamente com a matéria-prima utilizada em sua produção, sendo assim, em seu estudo, objetivou-se elaborar e caracterizar físico-química e sensorialmente um iogurte adicionado da farinha da casca de abacaxi, e foi encontrada média mais baixa para o atributo aroma na amostra que continha a farinha do resíduo.

Ademais, percebe-se que a consistência diferiu-se ($p > 0,05$) entre as amostras contendo 15% e 25%, mas observa-se uma avaliação mais baixa na nota atribuída para a amostra de 25% de resíduo (6,81). Esse resultado pode ser pelo fato dessa farinha apresentar alto teor de fibra em sua composição, ocasionando uma maior força requerida para fratura da barra. Amorim (18) avaliou e caracterizou a farinha obtida dos resíduos de abacaxi, apresentando aproximadamente 55,7% de fibras totais em sua composição. Selani et. al. (19) também encontrou elevados teores de fibras em carne de hambúrguer com farinha de resíduos do abacaxi em substituição a gordura.

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w)

Era esperado um valor abaixo de 0,6 para a atividade de água, pois nessa faixa é possível afirmar que o produto é um alimento com baixo teor de água, logo, de menor suscetibilidade à ação microbológica, assim, apresentando um menor risco microbológico e maior duração da *shelf-life* (20).

Tabela 4 - Resultados da atividade de água (A_w).

	Convencional (%)	15% de resíduo	25% de resíduo

A_w	0,641 ± 0,003	0,633 ± 0,002	0,636 ± 0,001
----------------------	---------------	---------------	---------------

Convencional: barra de cereal padrão; 15% de resíduo: barra de cereal adicionada de 15% de farinha de resíduo de abacaxi; 25% de resíduo: barra de cereal adicionada de 25% de farinha de resíduo de abacaxi. Médias ± desvio padrão.

Os valores encontrados foram na faixa de 0,633 a 0,641, acima do desejado, porém, pode ser explicado pela adição de determinados ingredientes, como o chocolate ao leite e o xarope, na barra de cereal com uma atividade de água maior, portanto, uma possível solução pode ser a diminuição desses ingredientes na receita; apesar de não ser exatamente o valor esperado, ainda pode ser considerada uma atividade de água baixa por estar bem próxima de 0,6, portanto, oferece riscos baixos de contaminação microbiológica.

Comparando esse resultado com outros trabalhos utilizando barras de cereais com resíduo, Herculano (21), obteve valor de atividade de água de 0,2932 para a amostra padrão, 0,3185 para a amostra com 20% da farinha do resíduo de manga e 0,3142 para a amostra com 30% da farinha do resíduo de manga; valores consideravelmente mais baixos do encontrado, sendo explicado pela formulação com ingredientes de baixa atividade de água.

Porém, no estudo de Vieira et. al. (20) foram encontrados valores mais próximos em suas barras com adição de farinha mista de resíduo de abacaxi e caju, com 0,62 no padrão, 0,61 para a amostra com adição de 10% da farinha mista e 0,61 para a amostra com adição de 20% da farinha mista, corroborando com os resultados do presente trabalho.

DETERMINAÇÃO DE pH

Pode-se considerar que o pH ótimo para o crescimento de microrganismos é em torno de 7, portanto, era esperado também valores com uma diferença significativa desse. A partir da tabela 5, é possível perceber que o produto é um alimento de alta acidez, indicando a característica de reduzir a possibilidade de ataque microbiano, devido ao seu pH baixo ser considerado benéfico para conservação do alimento.

Tabela 5 - Resultados da análise de pH.

	Convencional (%)	15% de resíduo	25% de resíduo
pH	4,48 ± 0,091	4,44 ± 0,025	4,39 ± 0,042

Convencional: barra de cereal padrão; 15% de resíduo: barra de cereal adicionada de 15% de farinha de resíduo de abacaxi; 25% de resíduo: barra de cereal adicionada de 25% de farinha de resíduo de abacaxi. Médias \pm desvio padrão.

Percebe-se que ao aumentar o teor de resíduos da barra, seu pH também diminui, fato que também ocorreu no trabalho de Herculano (21), onde a barra de cereal padrão tinha um pH de 3,7 e as formulações com adição de resíduo tinham pH de 3,6.

AVALIAÇÕES MICROBIOLÓGICAS

De acordo com o proposto pela Instrução Normativa Nº 161, de 01 de julho de 2022 (14), eram esperados os seguintes valores representados na Tabela 5.

Tabela 6 - Resultados esperados pela Instrução normativa Nº 161.

		n	c	m	M
Cereais compactados, em barra ou outras formas, com ou sem adição de outros ingredientes.	Salmonella/25g	10	0	Aus.	-
	Escherichia coli/g	5	2	10	10 ²
	Bolores e leveduras	5	1	10 ³	10 ⁴

n= Unidades retiradas do lote para análise; c= Número máximo aceitável de unidades com contagem acima do limite mínimo (m) e abaixo do limite máximo (M); m= limite mínimo; M= limite máximo.

Os resultados obtidos estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira vigente, sendo próprias para o consumo e seguras do ponto de vista microbiológico; isso provavelmente se explica devido a aplicação de Boas Práticas de Fabricação durante o processamento do alimento, escolha de ingredientes saudáveis, principalmente, o abacaxi; além de baixa atividade de água nas três formulações e pH ácido, o que desfavorece o crescimento microbiano.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, pode-se observar que o resíduo proveniente da casca de abacaxi apresenta resultados notórios quando adicionado em forma de farinha na barra de cereal,

sendo um meio exequível para destinar os resíduos das indústrias e torna-se uma proposta sustentável para o meio ambiente.

Apesar de a formulação convencional ter apresentado notas maiores em todos os quesitos sensoriais analisados, a formulação contendo 15% de farinha do resíduo de abacaxi foi bem aceita pelos provadores, com médias entre 6 “Gostei ligeiramente” até 7 “Gostei Regularmente”. A atividade de água encontrada ficou acima do limite para multiplicação microbiana, indicando a necessidade de substituir alguns ingredientes para redução dos valores obtidos. Em contrapartida, o pH ficou dentro do desejado para o produto e a análise microbiológica indicou que as mesmas se encontram de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira vigente, sendo seguras para o consumo.

A adição da farinha de resíduo do abacaxi poderá resultar em um produto mais nutritivo, agregar valor a esses subprodutos e reduzir o desperdício desses alimentos, além de ser mais uma alternativa que evita o descarte destes resíduos no ambiente. Por fim, observou-se que o aproveitamento de resíduos agroindustriais permite o desenvolvimento de projetos sustentáveis com o uso da prática de aproveitamento integral dos alimentos.

REFERÊNCIAS

1. USDA Agricultural Projections to 2030. Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. Long-term Projections Report OCE-2021-1 [Internet]. 2021 [acesso em 2023 Abr 30]. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/100526/oce-2021-1.pdf?v=9199.4>.
2. Crizel T M. Aproveitamento de resíduos da indústria alimentícia e nutracêutica no desenvolvimento de ingredientes ativos para aplicação em filmes biodegradáveis [Tese de doutorado]. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2017.
3. IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>.
4. AMBIPAR GROUP. Conheça os 5 Principais Objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos [Internet]. 2020 [acesso em 2023 Abr 28]. Disponível em: <https://ambipar.com/noticias/conheca-os-5-principais-objetivos-da-politica-nacional-de-residuos-solidos/>.
5. Mandioca e Fruticultura. Produção Brasileira de Abacaxi em 2021 – Tabela [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Mai 02]. Disponível em:

http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b1_abacaxi.pdf.

6. Amorim Q S. Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais [Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais]. UESB; 2016. 89p.
7. Oliveira C F P, et al. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. 2013; v.7: n. 1.
8. Gutkoski L C, et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2007; v. 27: 355-363P.
9. Prazeres I C, Carvalho A V, Domingues A F N. Elaboração e avaliação sensorial de barras multicomponentes. *Congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos*. 2016.
10. Ambrosio-ugri, M C B, Ramos, A C H. Elaboração de barra de cereais com substituição parcial de aveia por farinha da casca de maracujá. *Revista Tecnológica*. 2012; v. 21: 69-76p.
11. Nunes J S, et al. Produção, análise sensorial e físico-química de barra de cereal produzida com derivados do caju. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2013; v.8: 178-182p.
12. BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretriz e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. *Diário Oficial da União, Brasília- DF*, 2012.
13. IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos. 2008; 4ed. IAL, 1020p.
14. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 161 de 01 de Julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2.
15. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais de Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília*, 2003. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html>.
16. Vieira D A P, et al. Aceitabilidade de barra de cereal com adição de okara e farelo de casca de abacaxi. *ScientiaTec*. 2019; v.6: ed.2. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/view/3153/2549>.

17. Neres, J. P. G, Souza R L. A, Bezerra, C. F. Iogurte com polpa e farinha da casca do abacaxi. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes. 2016; v.70: ed. 5.
18. Amorim Q S. Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. [Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais]. UESB; 2016.
19. Selani M M, et al. Effects of pineapple by product and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. Meat Science. 2016; v.112: 69-76p.
20. Vieira D M, et al. Elaboração de barra de cereal com resíduos secos de abacaxi e caju. II Congresso Paraibano de Agroecologia & IV Exposição Tecnológica. Anais... Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2019; v.9: n.7, e-6839, Disponível em: <https://doi.org/10.18378/cvads.v9i7.6839>.
21. Herculano L F. Elaboração e análise físico-química de barra de cereal com resíduo de manga [Trabalho de conclusão de curso de nutrição]. Cuité-PB: Universidade Federal de Campina Grande; 2022.



Capítulo 14

DOI: 10.53934/08082023-14

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SAL ROSA DO HIMALAIA E
SAL DE PARRILLA, COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE
NITERÓI- RJ: RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Marcelo da Silva Reis *; Rafaela Pena Santos ; Anderson de Araújo Rocha 
Kelly Alencar Silva 

*Autor correspondente (Corresponding author) – E-mail: marcelo_reis@id.uff.br

Resumo: O sal é um importante ingrediente na culinária, pois além de realçar o sabor dos alimentos pode cumprir diversas outras funções na indústria de alimentos. Atualmente, é possível encontrar no mercado várias opções de sal como sal rosa do Himalaia e sal de Parrilla temperado, entretanto, o Padrão de Identidade e Qualidade do sal para consumo humano no Brasil é antigo, não constando sal rosa do Himalaia e de Parrilla temperado. Nesse sentido, torna-se relevante fazer a avaliação dos parâmetros físico-químicos desses sais a fim de tentar comparar com a legislação brasileira. Cinco marcas de sal rosa do Himalaia e cinco de sal de Parrilla foram analisadas no laboratório de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da UFF, por meio de técnicas gravimétricas como os teores de umidade, insolúveis totais e inorgânicos, e volumétricas como os teores de iodo e cloreto e dos minerais cálcio e magnésio. Os resultados de ambos os sais apontaram diferenças para os teores de insolúveis totais e inorgânicos e diferença no teor de cálcio, para sal rosa e iodo para o sal de Parrilla. Logo, torna-se evidente, a necessidade de revisão dos padrões e parâmetros analíticos para sais de consumo humano, dada as diferentes composições de sais comercializados.

Palavras-chave: bromatologia; controle de qualidade; cloreto de sódio; química de alimentos.

Abstract: Salt is an important ingredient in cooking, because in addition to enhancing the flavor of food, it can fulfill several other functions in the food industry. Currently, it is possible to find several salt options on the market, such as Himalayan pink salt and seasoned Parrilla salt, however, the Standard of Identity and Quality of salt for human consumption in Brazil is old, and does not include pink and Parrilla salt seasoned. In this sense, it becomes relevant to evaluate the physical-chemical parameters of these salts in order to try to compare them with Brazilian legislation. Five brands of pink Himalayan salt and five brands of Parrilla salt were analyzed in the Bromatology laboratory of the Faculty of Pharmacy at UFF, using gravimetric techniques such as moisture content, total and inorganic insolubles, and volumetric such as the levels of iodine and chloride and of the minerals calcium and magnesium. The results of both salts showed differences for the total and inorganic insoluble contents and difference in calcium content for pink salt and iodine for parrilla salt. Therefore, it becomes evident the need to update standards and analytical parameters for salts for human consumption, given the different compositions of salts marketed.

Keywords: bromatology; food chemistry; quality control; sodium chloride

INTRODUÇÃO

O sal utilizado no consumo humano é o cloreto de sódio cristalizado, extraído de fontes naturais, adicionado obrigatoriamente de iodo. Existem diversos tipos de sal como: sal marinho, sal rosa do Himalaia e sal de Parrilla. Assim, torna-se imprescindível a avaliação da qualidade da composição físico-química dessas novas opções disponíveis para compra, uma vez que em algumas preparações, a população tem preferido a utilização desses sais ao invés do sal marinho refinado e além disso, a legislação estabelece que o sal deve conter um teor de iodo igual ou superior a 15 mg até o limite máximo de 45 mg/ kg do produto (Brasil, 2013) para prevenção da deficiência de iodo na população.

O sal de Parrilla (SP) tem origem de uma zona desértica da Argentina além de possuir uma granulometria que está entre o sal refinado e o sal grosso, tornando-o mais indicado no preparo de carnes para churrascos, por salgar de maneira mais uniforme carnes mais grossas sem que as estas percam sua umidade. Enquanto que o sal rosa do Himalaia (SRH) é extraído de camas cristalizadas de sal cobertas com lava vulcânica. Sendo mantido nesse ambiente, o sal rosa do Himalaia é isento de agentes poluentes e pode possuir uma quantidade menor de sódio por porção do que o sal refinado.

Um ponto importante está relacionado a possíveis fraudes no sal rosa do Himalaia e sal temperado como o de Parrilla, principalmente se for considerado que a legislação atual (Decreto nº 75.697 de 1975) para sal de consumo humano não especifica um padrão de identidade qualidade para esses tipos de sal comercializados no Brasil. Diante da importância quanto à frequência do uso desses sais na alimentação humana, a pouca literatura sobre o tema e a legislação antiga foi observada a relevância de se analisar a conformidade da qualidade desses produtos. Por isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade físico-química de marcas de sal temperado de Parrilla e sal rosa do Himalaia comercializadas na cidade de Niterói – RJ e relatar os principais resultados e sugestões para esse tipo de alimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas cinco marcas de sal temperado de Parrilla e cinco de sal rosa do Himalaia, todos adquiridos em supermercados na cidade de Niterói - RJ, no segundo semestre de 2022. Estes foram analisados no laboratório de Bromatologia da faculdade de Farmácia, da Universidade Federal Fluminense - UFF, campus Niterói, em triplicata quanto: umidade à 150°C em estufa; insolúveis (totais e inorgânicos) em água por método gravimétrico; teores de cálcio, magnésio, cloreto e iodo por método titulométrico de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os resultados foram submetidos ao teste t - Student, considerando a probabilidade de 5% e utilizou-se o software IBM® SPSS Statistics.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo da qualidade dos sais realizados em triplicata, foram escolhidas cinco marcas de sal rosa do Himalaia (denominadas de A, B, C, D e E) e cinco marcas de sal

temperado de Parrilla (denominadas de F, G, H, I e J). Os temperos descritos no rótulo do sal de Parrilla eram diferentes, onde o sal F continha lemon pepper, o sal H, ervas finas e os sais G, I e J, chimichurri.

Análise de Umidade, Insolúveis totais em água e insolúveis inorgânicos em água.

A análise de umidade possui importância na avaliação do sal já que é um indicador da pureza, pois esse produto tem, em sua composição, sais higroscópicos de magnésio e de cálcio. Além disso, o teor de insolúveis totais em água permite avaliar impurezas existentes na amostra analisada, como resquícios de areia ou pequenas rochas, carvão ou fragmentos conchas principalmente em sal refinado.

Quanto ao teor de umidade (tabela 1), existe uma variação de 0,18% a 0,56% de umidade para sal rosa, e 0,39% a 1,61% de umidade para sal de Parrilla. De acordo com o rótulo, o sal A continha antiúmectante, o que contribuiu para o menor teor de umidade dentre os demais do mesmo grupo de sal (0,18%). No grupo de sal de Parrilla (tabela 2), tal informação também é descrita no sal I, apresentando um teor de umidade de 0,41%. Entretanto, o sal F que apresentou menor teor de umidade (0,39%). Essa diferença pode estar relacionada ao tipo de sal, já que, pela rotulagem o sal I, declarou na lista de ingredientes, sal marinho ao invés de Parrilla como no rótulo do sal F.

De acordo com o decreto 75.697 de 1975, para sal comum fino e grosso (Tipo I) é exigido umidade máxima de 2,5% e para sal refinado extra fino 0,1% e, para refinado fino e grosso, máximo de 0,2%. Considerando que os sais rosas analisados variaram em fino, moído, triturado e grosso, e que o sal de Parrilla variou entre grosso / granulado, talvez possa-se atribuir estarem na classe do Tipo I da legislação brasileira, respeitando o máximo de 2,5% de umidade.

No que se refere ao teor de insolúveis totais, a legislação brasileira estabelece um limite máximo de 0,100% (m/m) para o sal tipo I, e todas as amostras de sal analisadas apresentaram valores acima do indicado pela legislação. Esse fato pode decorrer da metodologia não ser a mais adequada ou pode ser que, estes sais contivessem componentes de baixa solubilidade em água.

Tabela 1. Análises gravimétricas em sal rosa do Himalaia: umidade, insolúveis totais em água (I.T.) e insolúveis inorgânicos em água (I.I).

SRH	Umidade %(m/m) ± dp	I.T. %(m/m) ± dp	I.I. %(m/m) ± dp
A	0,18 ± 0,05	0,58 ± 0,09	0,53 ± 0,08
B	0,26 ± 0,00	3,95 ± 1,15	3,72 ± 1,09
C	0,38 ± 0,06	1,49 ± 1,16	1,29 ± 1,00
D	0,56 ± 0,34	1,94 ± 0,00	1,75 ± 0,00
E	0,20 ± 0,07	2,44 ± 0,00	2,24 ± 0,00

Os valores obtidos expressam resultados semelhantes ao descrito por Borges et al (2022), que também avaliou o sal rosa e encontrou teores de 2,7% (m/m), valor acima do descrito pela legislação vigente. Não foram encontrados estudos desse índice para o sal temperado denominado de Parrilla.

O teor de insolúveis inorgânicos em água (tabela 2) foi menor (variando de 0,53 a 3,72% para os sais rosa, e entre 0,68 a 1,46% para os sais de Parrilla) do que a fração de insolúveis totais (variando de 0,58 a 3,95%, no caso de sais rosa, e entre 2,79 a 8,42% para sais de Parrilla). Percebeu-se que não houve uma homogeneidade nos resultados, principalmente pela difícil solubilização do sal rosa em água e pela presença de diferentes temperos no sal de Parrilla, uma vez que o sal não foi separado dos temperos para serem analisados. Talvez isso possa ter contribuído, principalmente para as amostras que apresentaram valores elevados de desvio padrão, já que alguns valores de triplicatas precisaram ser excluídos, dificultando a realização da análise estatística dos dados referentes aos métodos gravimétricos. Ressalta-se a necessidade do uso de outros métodos e/ou adaptações do desenvolvimento de métodos que sejam mais assertivos para sais com composições diferentes do sal marinho.

Tabela 2. Análises gravimétricas em sal de Parrilla: umidade, insolúveis totais em água (I.T.) e insolúveis inorgânicos em água (I.I).

SP	Umidade %(m/m) ± dp	I.T. %(m/m) ± dp	I.I. %(m/m) ± dp
F	0,39 ± 0,15	3,68 ± 0,74	1,23 ± 0,86
G	1,36 ± 0,14	8,42 ± 0,02	1,46 ± 0,01
H	0,47 ± 0,01	2,79 ± 0,39	0,70 ± 0,19
I	0,41 ± 0,15	3,34 ± 0,86	1,24 ± 0,48
J	1,61 ± 0,00	3,37 ± 0,12	0,68 ± 0,21

Análise de Cálcio, Magnésio, Cloretos e Iodo por titulometria

Para avaliação da presença de cálcio, magnésio, cloretos e iodo nas amostras de sais rosa do Himalaia (tabela 3) e de Parrilla temperado (tabela 4), utilizou-se das técnicas titulométricas descritas por IAL (2008). Vale ressaltar que, dado às características próprias e composição diferente, foi necessário adaptar alguns desses métodos.

A avaliação dos teores de cálcio e magnésio, são indicadores da pureza do sal, de tal forma que, quanto menor a quantidade determinada experimentalmente, maior é a qualidade do sal. Conforme descrito na legislação brasileira, no que se refere ao sal comum tipo I, o teor estipulado de cálcio é de 0,07% e magnésio é de 0,05% e, na falta de regulamento mais específico para os tipos de sais estudados, foi utilizado este para fins comparativos.

Os cinco sais rosa apresentaram valores superiores para o cálcio em relação ao descrito na legislação para sal de consumo humano do tipo I (tabela 3). Os valores de magnésio observados em todas as amostras de sais rosa estavam adequados. Todas as

amostras de sal de Parrilla temperado apresentaram teores dentro do limite indicado para ambos os minerais (tabela 4).

Quanto ao teor de cálcio foi possível observar que houve diferença significativa entre as amostras de sal rosa B, D e E, sendo B o valor mais expressivo (0,41%); entre as amostras de sal de Parrilla apenas a amostra G apresentou diferença estatística significativa. Já na avaliação dos teores de magnésio, a análise estatística demonstrou diferença significativa apenas na amostra A, enquanto que, nenhuma das amostras de sal de Parrilla apresentou diferença estatística significativa.

Tabela 3. Análises titulométricas em sal rosa do Himalaia: Cálcio, magnésio, iodo e cloretos.

SRH	Cálcio %(m/m) ± dp	Magnésio %(m/m) ± dp	Cloretos %(m/m) ± dp	Iodo %(m/m) ± dp
A	0,12 ± 0,00 ^a	0,007 ± 0,00 ^a	101,94 ± 0,91 ^a	1,94 ± 0,16 ^a
B	0,41 ± 0,00 ^b	0,010 ± 0,00 ^b	94,46 ± 0,10 ^b	5,33 ± 0,79 ^b
C	0,13 ± 0,00 ^a	0,024 ± 0,01 ^c	98,46 ± 0,12 ^c	0,76 ± 0,12 ^a
D	0,23 ± 0,00 ^c	0,022 ± 0,00 ^c	96,33 ± 0,35 ^c	1,84 ± 0,09 ^a
E	0,30 ± 0,00 ^d	0,015 ± 0,00 ^b	97,03 ± 0,35 ^c	2,67 ± 0,42 ^a

Letras diferentes na coluna indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre as médias da análise.

Sendo o cloreto de sódio um dos principais caracterizantes do sal, a determinação de cloretos, assim como descrito por Borges et al. (2022), é um parâmetro importante para a garantia da qualidade deste produto. Quanto maior for o teor de cloretos, mais puro pode ser considerado o sal analisado. Assim, de acordo com a tabela 3 apenas o sal F que, pela rotulagem é considerado de Parrilla, apresentou o menor valor. Os outros sais denominados de Parrilla que foram analisados, foram descritos na lista de ingredientes como sal marinho, assim a composição do sal F pode ser diferente fazendo com que a análise realizada tenha sido inadequada para esse sal.

Tabela 4. Análises titulométricas em sal de Parrilla: Cálcio, magnésio, iodo e cloretos.

SP	Cálcio %(m/m) ± dp	Magnésio %(m/m) ± dp	Cloretos %(m/m) ± dp	Iodo %(m/m) ± dp
F	0,04 ± 0,00 ^a	0,001 ± 0,00 ^a	86,27 ± 0,59 ^a	* ^a
G	0,06 ± 0,00 ^b	0,003 ± 0,00 ^a	93,85 ± 0,00 ^b	0,04 ± 0,01 ^a
H	0,04 ± 0,00 ^a	0,001 ± 0,00 ^a	93,61 ± 0,35 ^b	0,40 ± 0,22 ^a

I	0,04 ± 0,00 ^a	0,001 ± 0,00 ^a	91,30 ± 0,00 ^c	0,04 ± 0,00 ^a
J	0,03 ± 0,00 ^a	0,002 ± 0,00 ^a	93,01 ± 0,00 ^b	0,07 ± 0,01 ^a

Letras diferentes na coluna indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre as médias da análise. * Resultados inconclusivos.

Conforme Borges et al. (2022), a legislação brasileira determina a porcentagem mínima de 98,92% de cloretos na composição dos sais brancos refinados e, embora esse teor não seja o mais adequado para ser aplicado aos sais rosa do Himalaia e de Parrilla temperado, dado a variação de sua composição, o valor foi utilizado para avaliação das amostras e todos os sais apresentaram valores maiores que 90%, exceto para o sal F, como já informado. Por outro lado, o resultado obtido para o sal A, pode estar associado a incertezas no procedimento experimental na amostra.

Em relação ao teor de cloretos nas amostras, os sais rosa A e B apresentaram diferença estatística. Quanto aos sais de Parrilla houve diferença estatística significativa entre os sais F e I. Em relação a análise de iodo, foi possível observar experimentalmente, o mesmo que Borges et al. (2022), que os métodos analíticos descritos para sal não são eficazes para detecção de iodo no sal rosa, por iodometria, na forma de iodato, sendo necessário realizar adaptações.

Já quanto aos sais de Parrilla, apenas o sal F continuou sendo não detectável, lembrando que esse sal não possui indicação de iodação em seu rótulo, o que pode explicar o resultado obtido. Portanto, mesmo com a mudança para a observação da viragem titulométrica, os valores se apresentaram inferiores, sugerindo que a detecção deva ser realizada por outros métodos analíticos para sais rosa e de Parrilla temperado.

A presença do valor de iodo no rótulo dos sais foi identificado apenas nas amostras de sal rosa B e sais de Parrilla I e J os demais, apenas declararam ser iodados. Os sais que atenderam a faixa estipulada para iodo foram os sais rosas A, D e E. Por outro lado, o sal B apresentou valor acima da faixa máxima de 45 mg/Kg e o sal C, valor abaixo dos 15 mg/Kg, faixa mínima. Todos os sais denominados de Parrilla apresentaram valores abaixo da faixa.

CONCLUSÕES

Após análise dos resultados obtidos na avaliação físico-química das amostras de sal rosa do Himalaia e dos sais de Parrilla temperados, tornou-se evidente, a necessidade de revisão dos padrões e parâmetros analíticos para sais de consumo humano, que abordem todos os tipos de sais comercializados os quais vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado e podem possuir características e composição diferentes do sal marinho refinado/grosso.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal Fluminense (Programa de Fomento à Pesquisa (FOPESQ-2022)).

REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução RDC n°23, 24 de abril de 2013. Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil 25 de abril de 2013.
2. Brasil. Decreto n° 75697, de 06 de maio de 1975. Aprova padrões de identidade e qualidade para o sal destinado ao consumo humano. Diário Oficial da União 07 de maio de 1975.
3. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4a ed. [1° ed. Digital]. São Paulo (SP): Instituto Adolfo Lutz; 2008. p. 1020.
4. Borges, A.M; Rodrigues, L.F.R; Silva, MGF. Análise e comparação físico-química do sal branco refinado com o sal rosa do himalaia. Faculdade Multivix, Vitória.



Capítulo 15

DOI: 10.53934/08082023-15

AVALIAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO LIMÃO DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM COM REVESTIMENTO DE GOMA GUAR CONTENDO NANOESTRUTURA DE QUITOSANA INOCULANDO OS FUNGOS *PHOMOPSIS CITRI* E *PENICILLIUM*

Marcos Silva de Sousa¹ ; Raysa Vitoria Siqueira dos Santos¹ ; Igor José Boggione Santos^{1*} 

1 - Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos (DQBIO),
Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Campus Alto Paraobepa (CAP),
MG443, km 7, 36420-000, MG, Brasil.

*Prof. Dr. Igor José Boggione Santos – igorboggione@ufsj.edu.br

Resumo: Limão Tahiti é um importante fruta tropical cultivada e exportada pelo Brasil. A preservação da qualidade e a prolongação da vida útil desses frutos são desafios enfrentados pelos produtores. Nesse contexto, o uso de nanorevestimentos à base de goma guar com nanoquitosana incorporada tem surgido como uma estratégia promissora para o controle de fungos e a redução da deterioração pós-colheita. Para tanto, o seguinte estudo apresentou como objetivo avaliar a eficácia do nanorevestimento na inibição dos fungos *Phomopsis citri* e *Penicillium*, além de analisar seus efeitos na perda de massa e no índice de cor do limão Tahiti. Os resultados obtidos demonstraram que o nanorevestimento de quitosana apresentou atividade antifúngica significativa contra os fungos testados, inibindo seu crescimento in vitro. Além disso, o nanorevestimento promoveu uma redução na perda de massa dos frutos, prolongando sua vida útil. Houve também uma influência positiva no índice de cor, permitindo controlar o estágio de maturação dos limões. A determinação da concentração inibitória mínima confirmou a eficácia dos nanorevestimentos como agentes antifúngicos. Esses resultados sugerem que o uso de nanorevestimentos pode ser uma alternativa viável para a preservação pós-colheita do limão Tahiti, contribuindo para a redução de perdas e o aumento da qualidade dos frutos.

Palavras-chave: embalagem; nanorevestimento; goma guar; vida útil.

Abstract: The Tahiti lime is an important tropical fruit cultivated and exported by Brazil. Preserving the quality and extending the shelf life of these fruits are challenges faced by producers. In this context, the use of nanocoatings based on guar gum with incorporated nano-chitosan has emerged as a promising strategy for controlling fungi and reducing post-harvest deterioration. Therefore, the present study aimed to evaluate the efficacy of the nanocoating in inhibiting the growth of *Phomopsis citri* and *Penicillium* fungi, as well as

analyzing its effects on the fruit's weight loss and color index. The results obtained demonstrated that the chitosan nanocoating exhibited significant antifungal activity against the tested fungi, inhibiting their growth in vitro. Additionally, the nanocoating promoted a reduction in fruit weight loss, thus extending its shelf life. There was also a positive influence on the color index, allowing for the control of the lime's ripening stage. The determination of the minimum inhibitory concentration confirmed the effectiveness of the nanocoatings as antifungal agents. These findings suggest that the use of nanocoatings can be a viable alternative for the post-harvest preservation of Tahiti limes, contributing to the reduction of losses and enhancement of fruit quality.

Keywords: packaging; nanocoating; guar gum; shelf life.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil tem se destacado como um importante produtor e, frequentemente, exportador de frutas tropicais e subtropicais, dentre essas frutas, a citricultura ganha destaque, com a produção de laranjas, tangerinas, limas e limões (1). No segmento de frutas para consumo *in natura*, são os pequenos e médios agricultores que se destacam, enquanto que para a indústria, as frutas são provenientes de pomares de grandes produtores ou diretamente da própria indústria (2).

O Brasil se destaca como um dos principais produtores e exportadores de limão Tahiti, uma variedade de limão amplamente cultivada no país(3). A cadeia produtiva do limão Tahiti envolve tanto pequenos e médios agricultores, que fornecem para o mercado de consumo direto, como grandes produtores e indústrias que o utilizam na fabricação de sucos concentrados, óleos essenciais e outros produtos derivados(4). A demanda tanto no mercado nacional quanto no internacional impulsiona o setor citrícola brasileiro, contribuindo significativamente para a economia agrícola do país(5).

A baixa durabilidade de frutos *in natura* é uma característica comum em muitas variedades de frutas, incluindo o limão Tahiti(6). Uma das principais razões para a baixa durabilidade dos frutos *in natura* é o processo natural de amadurecimento e deterioração. A baixa durabilidade dos frutos *in natura* representa um desafio significativo para a exportação(7). Quando se trata de frutas tropicais e subtropicais, como o limão Tahiti, a necessidade de manter a qualidade e a frescura durante o transporte de longa distância pode ser especialmente desafiadora(8).

Os fungos podem ser um problema comum em frutos, causando doenças que afetam a qualidade, a aparência e a durabilidade dos produtos(9). Essas infecções fúngicas podem ocorrer durante o crescimento dos frutos no pomar ou após a colheita, durante o armazenamento e o transporte. Diversos tipos de fungos podem afetar os frutos, incluindo os gêneros *Botrytis*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis citri* e *Penicillium*(10).

A nanotecnologia tem se mostrado uma alternativa promissora no tratamento de fitopatógenos em frutos. A utilização de materiais nano sintetizados oferece propriedades distintas e potencializadas em relação aos seus equivalentes em escala macro estrutural(11). Isso inclui maior atividade antimicrobiana, o que pode ajudar a combater microrganismos causadores de doenças em frutos(12). Assim, a aplicação de nanomateriais com propriedades

antimicrobianas pode oferecer benefícios significativos na proteção dos frutos contra patógenos.

Dessa forma, o propósito deste estudo foi avaliar a capacidade antifúngica *in vitro* e *in vivo* das embalagens feitas de goma guar com nanoestrutura de quitosana para o limão Tahiti, utilizando os fungos *Phomopsis citri* e *Penicillium* como agentes infecciosos.

MATERIAL E MÉTODOS

Produção Nanoestrutura:

Nanoestrutura de quitosana foi obtida, com modificações, de acordo com Mountrichas & Pispas, (2007). Uma solução de 70 mL com $1,5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de quitosana foi dissolvida em ácido acético a $4,5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ sob agitação de 500 rpm a 25°C por 24h. Então, 20,0 mL de uma solução de $2,0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de tripolifosfato de sódio foi gotejada com o auxílio de uma bomba peristáltica, a $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ em solução de quitosana sob agitação de 2500 rpm a 25°C . Após a formação da nanoestrutura, esta foi centrifugada a 20000 rcf por 10 min, o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi seco em estufa a 40°C por 4 dias. Após a secagem a nanoquitosana foi triturada com almofariz e então armazenada à 25°C .

Determinação da concentração inibitória mínima (CIM)

A determinação da concentração inibitória mínima (CIM) foi obtida segundo a metodologia Oliveira Junior et al., (2012) com modificações. O Teste ocorreu em triplicata, onde em cada poço de uma placa de 96 poços foi adicionado 115 μL de meio Sabouraud estéril e concentração de nanoestrutura de quitosana variando de 0,2% a 0,8% por linha, 10 μL da solução de esporos das cepas dos fungos fitopatógenos *Penicillium* e *Phomopsis citri* no controle positivo e água destilada estéril para completar o volume de 200 μL por poço. A placa foi mantida na estufa incubadora BOD (Marconi/MA 415) a 28°C e 35% de umidade relativa com os fungos inoculados no fruto. Realizadas leituras da placa por densidade óptica, para obter os dados a serem analisados, em 450 nm, a cada 24h por 5 dias, para análise de inibição de crescimento fúngico.

Preparo dos frutos

Os limões selecionados foram submetidos a um processo de sanitização, utilizando uma solução de hipoclorito de sódio 2% (v/v) por 15 minutos, seguido por enxágue com água corrente. Em seguida, foram escolhidos 48 limões com base em critérios como cor da casca, tamanho padrão e ausência de doenças ou patógenos, a fim de obter frutas padronizadas. Os limões foram divididos em 4 grupos, cada um contendo 12 frutas. Dentro de cada grupo, foram estabelecidos três subgrupos: um grupo controle, um grupo tratado com goma guar e um grupo tratado com goma guar contendo nanoestrutura de quitosana

0,8% (m/m). O objetivo era acompanhar o processo de maturação das frutas ao longo dos dias. Os limões foram mantidos em temperatura ambiente, sobre a bancada do laboratório. As análises foram realizadas em cinco momentos distintos: aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias, com intervalos de tempo que correspondiam a diferentes estágios de amadurecimento das frutas.

Produção de revestimentos de Goma Guar com nanoestrutura de quitosana:

O revestimento foi produzido a partir de solução de goma guar preparada utilizando o método descrito por Antoniou et al. (2015) com algumas modificações. A goma guar 1% m/v foi dissolvida em água destilada, sob agitação a 25°C por 24 horas até obter uma solução homogênea. Nanoestrutura de quitosana com concentração de 0,8% g.g⁻¹ foi adicionada ao revestimento de goma guar e este agitado por 12h.

Coloração

Os limões foram fotografados com câmera fotográfica (Realme C11), e seus dados tratados com Adobe Photoshop para análise do sistema CIELAB, e com esses dados conforme Mazzuz. (1996) calculou o índice de cor pela equação (1):

$$IC = \frac{1000 \times a}{L \times b} \quad (1)$$

Perda de massa

Os limões foram pesados em balança analítica (Professional Digital Table Top Scale, China). A perda de massa foi calculada com a diferença de massa inicial e do dia dos testes, essa sendo expressa em porcentagem e considerando a massa inicial como 100%.

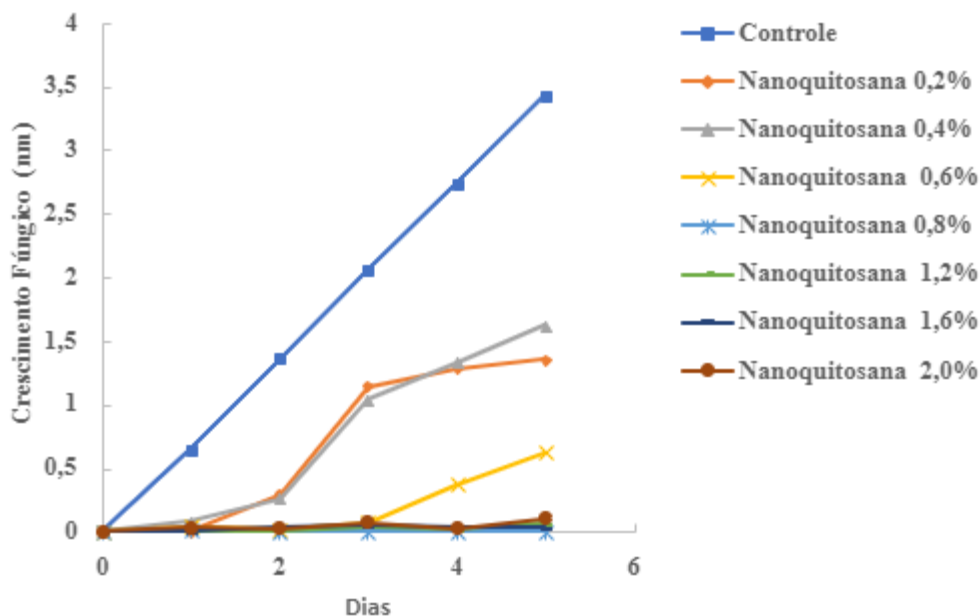
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras (1) e (2) representam a análise de absorbância a 450 nm da placa de 96 poços utilizada na determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) para os fungos *Phomopsis citri* e *Penicillium*, respectivamente. Observa-se que o aumento da concentração de nanoestrutura de quitosana resulta em uma diminuição no crescimento microbiano durante a fase lag em ambos os gráficos. A partir de uma concentração de 0,8% (m/v) de nanoestrutura de quitosana, é observada a concentração mínima necessária para inibir o crescimento dos fungos.

A partir dos resultados de CIM, foi determinado a menor concentração do composto testado no qual é capaz de inibir o crescimento dos fungos. Através da determinação da CIM, é possível obter informações importantes sobre a eficácia do composto e auxiliar no

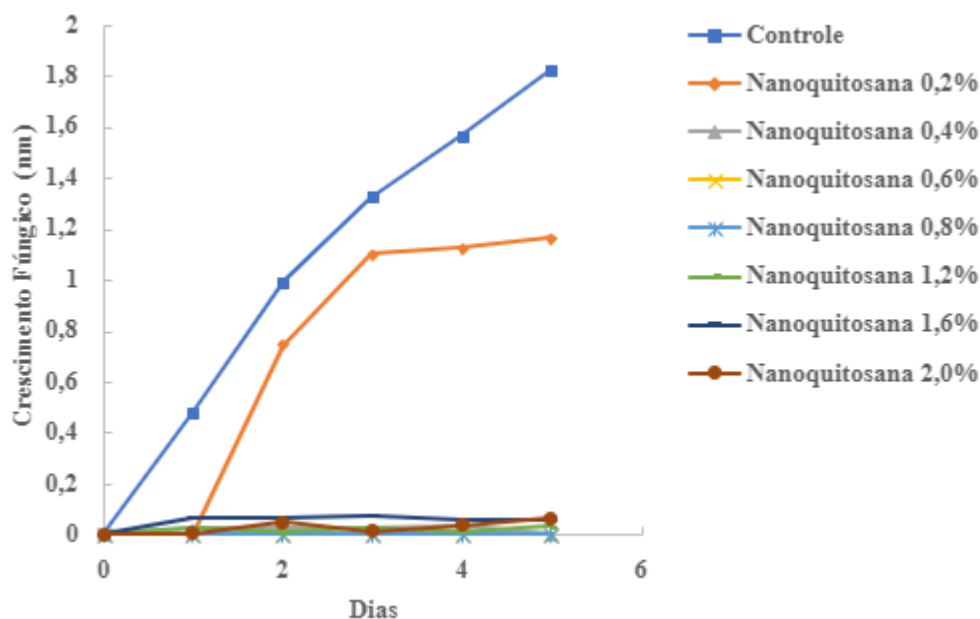
desenvolvimento de estratégias de controle de doenças fúngicas nos limões, contribuindo para a preservação da qualidade e da durabilidade pós-colheita.

Figura 5: Atividade antimicrobiana da quitosona nano e a relação entre absorbância \times dias: *Phomopsis citri*. *Concentração de quitosona nano dada em \times mg·mL⁻¹.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 6: Atividade antimicrobiana da quitosona nano e a relação entre absorbância \times dias: *Penicillium*. *Concentração de quitosona nano dada em \times mg·mL⁻¹.



Fonte: Próprio autor, 2022.

A Figura 3 apresenta a coloração da casca dos limões, revelando que todas as amostras, no início do experimento, estavam no estágio de maturação inicial, caracterizado pela tonalidade verde claro. No entanto, à medida que o tempo avançou, diferenças significativas puderam ser observadas entre os grupos. Notavelmente, os limões tratados com nanoquitosana mostraram uma conservação mais acentuada em comparação com os demais. A coloração da casca nesses limões permaneceu mais vibrante e menos propensa a alterações indesejáveis, como escurecimento ou perda de brilho.

Figura 7: Análise de cor de limões em diferentes coberturas e estágios de maturação



Fonte: Próprio autor, 2022.

Os valores do índice de cor (IC) foram apresentados na Tabela 1, utilizando a Equação 1. Esse índice pode variar aproximadamente de -20 a +20, onde valores mais positivos indicam um fruto mais amarelo e valores mais negativos indicam um fruto mais verde, refletindo diferentes estágios de maturação do fruto, de acordo com o estudo de Jimenez-Cuesta et al. (1983). No dia 10, foi observada uma diferença significativa entre os grupos, em que o grupo com nanorevestimento apresentou um IC menor ($-19,67 \pm 5,01$). Isso indica que, nessa etapa do experimento, os frutos tratados com nanorevestimento exibiram uma coloração mais verde em comparação aos demais grupos analisados.

Tabela 5: Média do índice de coloração da casca do limão.

Sistema	Dias				
	0	5	10	15	20
Controle	$-20,47 \pm 3,32$ ^{b,B}	$-16,13 \pm 4,44$ ^{a,AB}	$-16,93 \pm 9,88$ ^{b,A}	$-11,60 \pm 1,44$ ^{a,A}	$-9,54 \pm 3,75$ ^{a,A}
Goma Guar + 0,8% nano	$-35,09 \pm 11,16$ ^{a,B}	$-25,87 \pm 8,50$ ^{a,A}	$-26,20 \pm 9,43$ ^{a,A}	$-19,67 \pm 5,01$ ^{a,A}	$-14,30 \pm 3,5$ ^{a,A}
Goma Guar	$-25,44 \pm 6,19$ ^{ab,A}	$-20,28 \pm 8,45$ ^{a,AB}	$-21,81 \pm 6,38$ ^{ab,A}	$-19,58 \pm 6,39$ ^{a,A}	$-14,80 \pm 11,02$ ^{a,A}

Diferentes sobrescritos diferem significativamente a $p \leq 0,05$ de acordo com o teste de Tukey. ^{a-b}
Coluna. ^{A-B} Linha.

Fonte: Próprio autor, 2022.

A perda de massa (PM) está diretamente relacionada ao estado de maturação do fruto e sua deterioração, como evidenciado na Tabela 3. Conforme os dias de teste avançam, observa-se um aumento na perda de massa. O grupo com nanorevestimento apresenta uma menor porcentagem de perda de massa de $16,65 \% \pm 6,41$, enquanto o grupo sem revestimento exibe uma perda maior de $21,19 \% \pm 4,17$ e apenas com o a goma guar apresentou uma perda de $18,60 \pm 5,10$.

Tabela 6: Média da perda de massa dos limões revestidos.

Sistema	Dia			
	5	10	15	20
Controle	$9,52 \pm 2,63$ ^{a,A}	$15,60 \pm 3,64$ ^{a,A}	$18,58 \pm 3,99$ ^{a,A}	$21,19 \pm 4,17$ ^{a,A}
Goma Guar + 0,8% nano	$6,05 \pm 2,67$ ^{a,A}	$11,82 \pm 4,83$ ^{a,AB}	$14,73 \pm 5,36$ ^{a,AB}	$16,65 \pm 6,41$ ^{a,B}
Goma Guar	$6,99 \pm 2,40$ ^{a,B}	$12,83 \pm 3,90$ ^{a,AB}	$15,35 \pm 4,33$ ^{a,A}	$18,60 \pm 5,10$ ^{a,A}

Diferentes sobrescritos diferem significativamente a $p \leq 0,05$ de acordo com o teste de Tukey. ^{a-b}
Coluna. ^{A-B} Linha.

Fonte: Próprio autor, 2022.

Esses resultados indicam que a aplicação do nanorevestimento nos frutos foi eficaz em reduzir a perda de massa em comparação com o grupo com revestimento convencional. Essas informações reforçam a capacidade do nanorevestimento em retardar o processo de deterioração e perda de massa dos frutos, contribuindo para a conservação e prolongamento da vida útil deles.

Esses resultados estão de acordo com o estudo de pesquisa realizado por (15), no qual foi observado que revestimentos de nanoquitosana foram capazes de reduzir significativamente a perda de água em maçãs durante o armazenamento, alcançando uma redução de até 59%. Os revestimentos à base de quitosana têm sido amplamente empregados como uma abordagem eficaz para preservar o teor de água em diversas frutas, incluindo morangos (16), bananas e mangas (17). No entanto, ao reduzir o tamanho das partículas de quitosana para a escala nano, é possível melhorar ainda mais as propriedades e funcionalidades desse material, permitindo seu uso em concentrações mais baixas, conforme evidenciado por Eshghi et al., (2014). Essa abordagem de nanoquitosana oferece novas perspectivas promissoras para o desenvolvimento de embalagens ativas com propriedades de conservação aprimoradas para frutos cítricos e outros produtos perecíveis.

CONCLUSÕES

As análises realizadas neste estudo destacaram que o revestimento com nanoestrutura de quitosana proporcionou um aumento na vida útil pós-colheita do limão Tahiti. Os parâmetros de perda de massa e índice de cor foram particularmente significativos e perceptíveis, demonstrando que o revestimento com nanoestrutura de quitosana incorporada à Goma Guar foi eficaz em prolongar a vida útil do limão Tahiti em comparação ao grupo controle durante os 20 dias de teste.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CAPES, CNPq e UFSJ pelo investimento concedido a este artigo. Seu apoio financeiro foi fundamental para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Oliveira IM, Pereira LAG. O FLUXO DO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE FRUTAS NO BRASIL: ANÁLISE DOS ANOS 2000 A 2017. OKARA: Geografia em debate [Internet]. 20 de fevereiro de 2019 [citado 3 de junho de 2023];173–93. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339613409_O_FLUXO_DO_COMERCIO_INTERNACIONAL_DE_FRUTAS_NO_BRASIL_ANALISE_DOS_ANOS_2000_A_2017
2. Muniz J, Molina AR, Muniz J. Physalis: Panorama produtivo e econômico no Brasil. Hortic Bras [Internet]. 2015 [citado 3 de junho de 2023];33(2):00–00. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/cBsng9ScdytCSXFr4Gy3BQg/?lang=pt>
3. Sousa AM de. Análise do comportamento dos preços das principais frutas e hortaliças-fruto comercializados na CEASA-CE. 2015 [citado 3 de junho de 2023]; Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/36607>
4. Harati JB, Tanaka). Estudo da secagem do resíduo do limão tahiti (Citrus latifolia Tanaka). 3 de maio de 2021 [citado 3 de junho de 2023]; Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/25764>
5. Souza CD de. Análise da pesquisa científica no setor citrícola a partir de indicadores bibliométricos. 21 de junho de 2013 [citado 3 de junho de 2023]; Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1119>
6. Perumal AB, Huang L, Nambiar RB, He Y, Li X, Sellamuthu PS. Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review. Food Chem. 1º de maio de 2022;375:131810.
7. Jafarzadeh S, Mohammadi Nafchi A, Salehabadi A, Oladzad-abbasabadi N, Jafari SM. Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. Adv Colloid Interface Sci. 1º de maio de 2021;291:102405.
8. Weber L, Bartek L, Brancoli P, Sjölund A, Eriksson M. Climate change impact of food distribution: The case of reverse logistics for bread in Sweden. Sustain Prod Consum. 1º de março de 2023;36:386–96.



9. Wan C, Kahramanoğlu I, Okatan V. Application of plant natural products for the management of postharvest diseases in fruits. *Folia Horticulturae*. 1º de junho de 2021;33(1):203–15.
10. Zacarias L, Cronje PJR, Palou L. Postharvest technology of citrus fruits. *The Genus Citrus*. 1º de janeiro de 2020;421–46.
11. Dey K, Mohata S, Banerjee R. Covalent Organic Frameworks and Supramolecular Nano-Synthesis. *ACS Nano* [Internet]. 24 de agosto de 2021 [citado 3 de junho de 2023];15(8):12723–40. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsnano.1c05194>
12. Bhat MP, Kumar RS, Rudrappa M, Basavarajappa DS, Swamy PS, Almansour AI, et al. Bio-inspired silver nanoparticles from *Artocarpus lakoocha* fruit extract and evaluation of their antibacterial activity and anticancer activity on human prostate cancer cell line. *Applied Nanoscience (Switzerland)* [Internet]. 1º de abril de 2022 [citado 3 de junho de 2023];13(4):3041–51. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13204-022-02381-1>
13. Mountrichas G, Pispas S. Novel double hydrophilic block copolymers based on poly(p-hydroxystyrene) derivatives and polyethylene oxide. *J Polym Sci A Polym Chem*. 15 de dezembro de 2007;45(24):5790–9.
14. Oliveira Junior EN, El Gueddari NE, Moerschbacher BM, Franco TT. Growth rate inhibition of phytopathogenic fungi by characterized chitosans. *Brazilian Journal of Microbiology* [Internet]. abril de 2012 [citado 3 de junho de 2023];43(2):800–9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/kwLjsBtCmNFn57NZdkk4LbC/abstract/?lang=en>
15. Sahraei Khosh Gardesh A, Badii F, Hashemi M, Ardakani AY, Maftoonazad N, Gorji AM. Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of apple cv. Golab Kohanz. *LWT*. 1º de julho de 2016;70:33–40.
16. Ribeiro C, Vicente AA, Teixeira JA, Miranda C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biol Technol*. 1º de abril de 2007;44(1):63–70.
17. Kittur FS, Saroja N, Habibunnisa, Tharanathan RN. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *European Food Research and Technology* [Internet]. 5 de março de 2001 [citado 3 de junho de 2023];213(4–5):306–11. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002170100363>
18. Eshghi S, Hashemi M, Mohammadi A, Badii F, Mohammadhoseini Z, Ahmadi K. Effect of Nanochitosan-Based Coating With and Without Copper Loaded on Physicochemical and Bioactive Components of Fresh Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne) During Storage. *Food Bioproc Tech* [Internet]. 26 de fevereiro de 2014 [citado 3 de junho de 2023];7(8):2397–409. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-014-1281-2>



Capítulo 16

DOI: 10.53934/08082023-16

USO DO LÚPULO NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA: REVISÃO DE
LITERATURA

Anna Júlia Weltri de Andrade¹ *; Vitor Emanuel de Souza Gomes¹ ; Juliana Rangel e Silva¹ ; Márcia Oliveira Terra Rocha¹ ; Alba Regina Pereira Rodrigues² 

¹Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – CEFET-RJ

²Dra. Alba Regina Pereira Rodrigues/pesquisadora do Depto de Engenharia de Alimentos – CCEAL-VA - CEFET-RJ, campus Valença.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: annaweltri@gmail.com

RESUMO

O lúpulo é uma planta trepadeira, dioica e perene, cultivada em países do hemisfério norte, com grande importância para as indústrias cervejeiras e medicinal. Possui difícil adaptação para climas com altas temperaturas e pouco tempo de exposição à luz, porém, devido ao desenvolvimento de tecnologias, o plantio de lúpulo está em crescimento em países do hemisfério sul, como o Brasil. O presente trabalho é uma revisão acerca de tópicos relevantes do lúpulo, como plantio, seus processamentos de beneficiamento e o cenário de produção atual, além de ter como destaque sua utilização na indústria cervejeira. Para a execução do trabalho foi realizada uma pesquisa em plataformas on-lines especializadas, como Periódicos CAPES, Scielo e Google Acadêmico. Na fabricação de cerveja representa um ingrediente essencial, pois influencia nas propriedades organolépticas da cerveja, devido suas propriedades de sabor, amargor e aroma característico, sendo o processamento do lúpulo em pellets mais vantajoso e mais utilizado; assim como atua como conservante natural da mesma devido a sua função bacteriostática garantindo vantagens na conservação, estabilidade microbiológica, e entre outras. Além disso, destaca-se a necessidade de um maior número de pesquisas científicas acerca do assunto, visando o desenvolvimento de novas tecnologias e melhorias nesse segmento, principalmente no Brasil, que se destaca como terceiro maior produtor mundial de cerveja, porém, ainda está evoluindo na questão de produção e processamento do lúpulo.

Palavras-chave: Amargor; Aroma; Cerveja; Lúpulo; Plantio

Abstract:

Hops is a climbing, dioecious, perennial plant cultivated in countries of the northern hemisphere, with great importance for the brewing and medicinal industries. It is difficult to adapt to climates with high temperatures and limited exposure to light. However, due to the development of technologies, hop cultivation is growing in southern hemisphere countries

like Brazil. This study is a review of relevant topics related to hops, such as cultivation, processing methods, current production scenario, and its prominent role in the brewing industry. To conduct this work, research was carried out on specialized online platforms such as CAPES Journals, Scielo, and Google Scholar. In beer production, hops are an essential ingredient as they influence the organoleptic properties of beer, including its flavor, bitterness, and distinctive aroma. The processing of hops into pellets is more advantageous and widely used. Hops also act as a natural preservative, thanks to their bacteriostatic function, ensuring advantages in terms of conservation, microbiological stability, and more. Furthermore, there is a need for more scientific research on this subject, aiming at the development of new technologies and improvements in this sector, particularly in Brazil, which stands as the world's third-largest beer producer. However, the country is still evolving in terms of hop production and processing.

Keywords: Bitterness; Aroma; Beer; Hops; Cultivation.

INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus*), pertencente à ordem Rosales e à família Cannabaceae, sendo uma planta nativa do hemisfério norte, classificada botanicamente como trepadeira, perene, decídua e dióica, ou seja, sexos separados em indivíduos diferentes (1). Documenta-se, desde o século VIII na Baviera, o uso do *H. lupulus*, como aditivo aromatizante e medicinal (2).

Os dois principais produtores mundiais de lúpulo são os Estados Unidos e a Alemanha, com produção anual de 47,3 mil toneladas e 32,6 mil toneladas, respectivamente, seguidos pela República Tcheca e China (3).

O lúpulo possui importante impacto na indústria cervejeira, visto que é um dos principais ingredientes utilizados na fabricação da cerveja. O sabor característico do lúpulo influencia totalmente as propriedades sensoriais da cerveja, além de proporcionar estabilidade do sabor e retenção da espuma (4).

Assim como na indústria cervejeira, o lúpulo também possui significativa importância na história da medicina através de seus compostos que apresentam características anti-inflamatórias, sedativas, estomacais, antissépticas, entre outras (5).

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, produzindo 14,1 bilhões de litros em 2020, no entanto, a matéria-prima lúpulo é praticamente toda importada, sendo o insumo mais caro do processo da cerveja; também em 2020, estima-se que foi importado o equivalente a 57 milhões. Assim, verifica-se a importância de estudos, desde a escolha de mudas à comercialização e uso do lúpulo no Brasil, com o intuito de reduzir o custo da cerveja, utilizar um produto mais fresco e produzir uma cerveja totalmente com insumos nacionais (1; 6; 7).

Porém, já é produzida no Brasil uma variedade própria do lúpulo, e sua produção da mesma e de outros cultivares aumenta mais no país a cada ano, apesar de alguns obstáculos. Considerando a adaptação dos cultivares ao clima do Brasil e a produção e qualidade do lúpulo significativa, é possível afirmar o potencial que o país tem de produção de lúpulo (8).

Diante do exposto, essa revisão bibliográfica tem por objetivo apresentar estudos referentes às principais características do lúpulo, plantio mundial e nacional, fabricação e aplicação na indústria, dando destaque a indústria cervejeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Pesquisou-se em plataformas on-lines especializadas, como: Periódicos CAPES, Scielo e Google Acadêmico. As pesquisas nas plataformas foram realizadas usando os seguintes termos: Plantio do lúpulo, Lúpulo no Brasil, uso do lúpulo em cervejas e hops. As pesquisas foram realizadas no período de 01 de agosto de 2022 até 15 de abril de 2023, escolhendo-se as que foram consideradas mais relevantes ao tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

HISTÓRIA DO LÚPULO

De acordo com dados históricos, o lúpulo foi retratado pela primeira vez entre os anos de 23 e 79 d.C., no Império Romano, pelo autor Plínio, o Velho (Pliny the Elder), que o catalogou como *Lupus salictarius* e o mencionou em seu livro como “lobo dos arbustos”. Conforme registros históricos, a planta de lúpulo foi cultivada pela primeira vez no ano de 736 d.C., na região de Hallertau, na Alemanha, e o primeiro registro de sua utilização na produção de cerveja aparece no estatuto do abade Adalhard, de Corvey, em um mosteiro beneditino de Weser, em Westphalia, na Alemanha, porém, nele não está descrito a sua utilização, podendo ser tanto para preservar a cerveja ou com intuito de aromatizar. No século XV, a prática da adição de lúpulo na cerveja na Inglaterra era motivo de morte, durante o reinado de Henrique VI, pois foi decretado a proibição do cultivo do lúpulo. No reinado de Henrique VIII, em 1509, os lúpulos podiam ser cultivados, mas não podiam ser usados no processo de fabricação da cerveja, visto que a utilização do lúpulo era descrente para a população inglesa, onde denominavam como uma “erva má” (3).

O uso do lúpulo na produção de cerveja tomou força quando na Alemanha, em 1516, foi decretada a “Lei da Pureza”, em que apenas o lúpulo poderia ser usado como aditivo para conferir o aroma e amargor das cervejas. No ano de 1520, os holandeses se estabeleceram em Kent, Inglaterra, e levaram com eles novas variedades de lúpulos, o método de cultivo e o conhecimento de como usá-los na produção de cerveja. Desse modo, ocorreu uma mudança no método de produção da cerveja inglesa, uma vez que eles tinham conhecimento sobre as características sensoriais oferecidas à cerveja e uma forma de conservação do produto (3). Além disso, as folhas e flores do lúpulo eram empregadas como um ingrediente fundamental em outros usos, dependendo da região e partes da planta, como é visto na Tabela 1, de acordo com Korpelainen; Pietiläinen (9)

Tabela 1: Usos tradicionais do lúpulo.

Uso tradicional	Parte do lúpulo	Principal região
Aromatizante, conservador e clarificador de cerveja	Cones	-
Vegetal	Folhas novas	Mediterrâneo, Reino Unido, Bélgica
Panificação (para cultivar fermento)	Cones	Europa, África Oriental
Conservante em salsichas	Cones	Alemanha
Água aromatizada, assados, tabaco	Cones	América
Forragem para gado, preparação de estrume	Planta inteira	Europa
Cama de gado	Haste	Reino Unido
Fibras (cordas)	Haste	Reino Unido
Tecido	Haste	Suécia
Papel	Haste	-
Embalagem de carga frágil	Inflorescência	-
Material de cama para falecidos	Planta inteira	-
Isolamento	Haste	-
Lavagem de cabelo para morenas	Flores, folhas	Rússia
Desodorante	Cones	-
Perfumes, loções para a pele	Cones	-
Tintura (amarelo e marrom)	Flores, folhas	-
Óleo (alimento)	Cones	-
Plantas ornamentais	Planta inteira	Europa, Estados Unidos
Antibiótico, anti-inflamatório	Cones	-
Sedativo, distúrbios do sono	Cones	-
Dor de cabeça, inquietação	Cones	China
Sensibilidade dos membros	Cones	-

Olhos turvos	Cones	-
Problemas gástricos, indigestão, apetite	Cones	Índia, China
Dor de dente, dor de ouvido, neuralgia	Cones	América
Leprose, tuberculose, asbestose, silicose	Cones	China
Anti-helmíntico, antiparasitário	Cones	Norte da Europa
Tosse, espasmos, febre, ansiedade	Cones	
Limpeza de sangue, flatulência	Cones	-
Tremores, bexiga irritável, dores	Cones	-
Diurese	Cones	-
Distúrbios do fígado (porfiria)	Cones	Reino Unido

Fonte: Korpelainen; Pietiläinen (9)

BOTÂNICA DO LÚPULO

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) está classificado dentro do reino *Plantae*, ordem *Rosales* e família *Cannabaceae*. A família *Cannabaceae* possui apenas quatro gêneros, porém, o gênero de maior interesse é o gênero *Humulus*, nativo do hemisfério norte e de clima temperado, é composto por três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Dentre essas espécies, destaca-se a *H. lupulus*, visto que possui grande importância para o mercado cervejeiro, sendo muito utilizada pela humanidade há séculos (10).

Ademais, o lúpulo é uma trepadeira, angiosperma, herbácea e de florescência anual. Possui características específicas, como seu crescimento, que pode chegar até 10 metros de altura em poucos meses (11). As raízes podem atingir mais de 1,5 metros, possuindo raízes de acumulação de reservas e absorção de nutrientes, além disso, são também responsáveis por emitirem gemas que serão as brotações na próxima safra. Já a parte aérea da planta do lúpulo é formada por ramos, folhas e inflorescências. O caule é formado pelo ramo principal, que é segmentado por nós e entrenós, onde cada nó há a formação de um par de folhas (3).

Como é uma planta dióica, existem plantas que produzem somente flores masculinas e plantas que produzem somente flores femininas. As flores masculinas são responsáveis pela reprodução, já as flores femininas, demonstradas na Figura 1, são denominadas de cones, possuem glândulas chamadas de lupulinas, onde há a biossíntese de metabólitos secundários, como terpenóides (12), compostos fenólicos, alfa- e beta-ácidos, entre outros. Esses compostos são acumulados durante a maturação, mesmo estando desde o início da formação do cone (11). As flores femininas do lúpulo são o ingrediente primordial na elaboração da cerveja, sendo de grande relevância para as indústrias cervejeiras, por fornecerem as características de amargor, aroma e sabor na fabricação da cerveja, além de melhorar sua estabilidade microbiológica e espuma (13). As flores femininas apresentam um

perianto em forma de taça, rodeado por pequenas brácteas, que protegem a base dos estigmas. Os estigmas são proeminentes, com papilas adaptadas para captura do pólen, proveniente da planta masculina (14).

Figura 1: Inflorescências das plantas femininas



Fonte: Spósito *et al.* (3).

PRODUÇÃO MUNDIAL

Atualmente, a produção mundial do lúpulo, como mostrado na Figura 2, concentra-se em locais de clima temperado, destacando-se o hemisfério norte, com os EUA e a Alemanha, sendo os maiores produtores; em outras regiões no hemisfério sul, tem a Austrália e Nova Zelândia como maiores produtores (8; 15).

Sobre a produção em si da cerveja, considera-se que nos Estados Unidos e na Alemanha, os dois maiores produtores mundiais de lúpulo e de cerveja, produzem mais de 40.000 toneladas de cerveja anualmente, vindo logo atrás a China e República Tcheca, com 7 mil toneladas, a Polônia e Eslovênia com 3 mil toneladas e Inglaterra e Áustria com mil toneladas (16).

Figura 2: Relação entre plantio de lúpulo e produção mundial de cerveja em 2017.

País	Estados unidos	Alemanha	China	República Tcheca	Polônia	Eslovênia	Inglaterra	Austrália	França	Nova Zelândia
Lúpulo	48190	41556	7044	6796	2993	2766	1780	1438	763	760
Cerveja	217753	93013	440150	20322	40500	1550	43300	15950	21300	2886
L/Kg	452	224	6249	299	1353	56	2433	1109	2792	380

PLANTIO DO LÚPULO NO BRASIL

A história do plantio do lúpulo no Brasil teve um começo lento devido às condições climáticas, começando em, aproximadamente, 1860 no Rio Grande do Sul, e depois em 1868 em Petrópolis-RJ, onde grande parte morreu devido à seca e ao calor no país (8).

Iniciou-se, de maneira mais relevante, na região da Serra da Mantiqueira (RJ), pelo biólogo Rodrigo Veraldi, que recebeu sementes de lúpulo de um amigo do Canadá, e, em 2005, iniciou-se as tentativas de plantio. Logo, as plantas que acabaram mortas por intensas chuvas foram descartadas, e tempos depois foi observado por Veraldi que uma das plantas conseguiu, por mutação espontânea no campo, completar seu ciclo produtivo (15; 16; 17).

Essa variedade é conhecida como lúpulo ‘Mantiqueira’, sendo considerada essa mutação genética uma variedade inédita, por ser obtida a partir de sementes que germinaram no solo e que apresentaram resistência às condições climáticas do Brasil (16; 18).

A situação do plantio do lúpulo no Brasil está aumentando a cada ano, em 2021 havia 48 cultivares livres de patentes e registrados no MAPA, e em 2018 foi fundada a Associação Brasileira dos Produtores de Lúpulo (APROLÚPULO), que realizou um levantamento, demonstrado na Figura 3, sobre os estados com produtores de lúpulo; além disso, estima-se que, também em 2021, havia cerca de 50 hectares de lúpulo, com produção estimada em 20 toneladas (19).

Figura 3: Estados com produtores de lúpulo no último levantamento da APROLÚPULO.



Fonte: Gonsaga (17)

O plantio do lúpulo no Brasil apresenta boas perspectivas futuras, observando-se que o mercado cervejeiro, responsável por 97% do consumo de lúpulo, se encontra em constante expansão e a espécie plantada no Brasil apresenta uma vantagem sobre os dois maiores produtores mundiais de lúpulo, pois enquanto na Alemanha e nos Estados Unidos a floração ocorre apenas uma vez ao ano, no Brasil já foram relatadas até três florações em algumas regiões; isso mostra o potencial que o Brasil possui de, com mais pesquisas e incentivo na área, se tornar autossuficiente nesse insumo (15; 19).

Segundo o MAPA (8), os 48 cultivares registrados no Brasil, indo do ano de 2018 até 2020, tem um bom desenvolvimento em diferentes tipos de solos férteis, que retem umidade, e em temperaturas entre 20° e 30° C.

ANÁLISES E CARACTERÍSTICAS

O lúpulo é responsável por conferir as características de amargor, sabor e aroma à cerveja. Sua resina apresenta dois compostos que são essenciais para a qualidade do lúpulo, os alfas e beta-ácidos (10).

O alfa-ácido é comercializado globalmente como um único produto, mas se refere a diversos alfa-ácidos. Os alfa-ácidos de maior importância são a humulona, cohumulona e adhumulona. Eles são isomerizados pelo aquecimento da solução e cada um é transformado em duas formas, o resultado são seis iso-alfa-ácidos (cis-iso-humulona e trans-iso-humulona, cis-iso-cohumulona e trans-iso-cohumulona, cis-iso-adhumulona e trans-iso-adhumulona). Os alfa-ácidos não são amargos e são pouco solúveis em soluções, como a cerveja. Os iso-alfa-ácidos são intensamente amargos (quatro vezes mais que o alfa-ácido) e muito mais solúveis (10; 20).

Os beta-ácidos não são solúveis, nem isomerizam a compostos mais solúveis durante o aquecimento. O beta-ácido de maior destaque é a lupulona, que colabora para a formação de aromas (21). Firjan (22) apresenta a seguinte composição do lúpulo (Tabela 2).

Tabela 2: Composição do lúpulo.

Substâncias	Quantidades
Resinas totais (alfa + beta)	15 - 40%
Polifenóis	2 - 5%
Óleos e ácidos gordos	0 - 25%
Proteínas	Aprox. 15%
Celulose	40 - 50%
Água	5 - 12%
Pectinas	Aprox. 2%
Cinzas	Aprox. 10%

Fonte: Firjan (22).

PROCESSAMENTO PARA USO NA CERVEJA

Atualmente, o lúpulo apresenta diferentes formas comercialização, assim como de utilização. Comercialmente, o lúpulo pode ser encontrado em forma de flor, plug, pellets, líquido e extrato. Palmer (20) apresenta as vantagens e desvantagens dentre as formas mais relevantes, sendo essas flores, pug e pellets (Tabela 3)

Tabela 3: Aspectos do lúpulo.

Formas	Vantagens	Desvantagens
Flor	Elas boiam, e são fáceis de serem retiradas do mosto. Melhoram características de aroma quando frescas. Boa forma para <i>dry hopping</i> (adição de lúpulo após o resfriamento da cerveja).	Elas absorvem o mosto, resultando em um pouco de perda do mosto após a fervura. O volume os torna difíceis de pesar e armazenar.
Plug	Permanecem frescos por mais tempo que as flores. Medidas convenientes de 15g. Comportam-se como lúpulos inteiros na fervura. Boa forma para <i>dry hopping</i> .	Difíceis de usar fora de incrementos de 15g. Eles absorvem mosto assim como em flor.
Pellets	Fáceis de pesar. Pequeno aumento na isomerização devido à moagem. Não	Formam um “lodo” de lúpulo na panela de fervura. Difícil

absorvem o mosto. Melhor estocagem.
O mais utilizado nas fabricações

dry hopping. O conteúdo de aroma tende a ser menor que em outras formas devido ao processamento.

Fonte: Palmer (2006).

Devido a facilidade de manuseio e por apresentar bons resultados, o lúpulo em pellets é utilizado pela maioria das cervejarias e outras indústrias que trabalham com lúpulo. A peletização ocorre quando o lúpulo é moído em um moinho de martelo, sob refrigeração, para reduzir as perdas de alfa-ácidos e óleos essenciais. O pó de lúpulo é acumulado em um recipiente para mistura, e, então, paletizado (23).

APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Segundo a legislação brasileira, a definição de cerveja é “(...) a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro.” (24). Logo, obrigatoriamente, é necessária a presença do lúpulo ou de seu extrato para a fabricação da cerveja, onde ele terá função de garantir o sabor, amargor e aroma característico da cerveja, vantagens na conservação, estabilidade microbiológica, estabilidade coloidal da espuma e antioxidante (16; 25).

Contudo, em 1516, já era imprescindível o uso do lúpulo em cervejas devido à lei da pureza alemã, chamada Reinheitsgebot, que indicava os ingredientes obrigatórios da cerveja, tais como: cevada, lúpulo e malte (18).

O lúpulo é indispensável na indústria cervejeira, estima-se que 97% de sua plantação mundial seja destinada para o setor de cerveja, resultando em um cultivo majoritariamente exclusivo para sua fabricação (19). Utilizando-se sua inflorescência feminina, por conter maior teor de lupulina, na forma fresca, seca, extrato e em pellets (17).

Porém, destaca-se que a questão antibacteriana do lúpulo se tornou gradualmente menos importante por volta do final do século XX, devido a melhoria de métodos de fabricação, pasteurização, assim como condições de armazenamento, com temperatura e umidade uniformes e controladas, logo, a adição de lúpulo se deve, principalmente, pelo sabor, amargor e aroma característico (9).

APLICAÇÃO EM OUTRAS INDÚSTRIAS

Apesar de grande parte da produção mundial de lúpulo ser destinada à indústria cervejeira, considera-se o potencial do lúpulo também para outras áreas, como a farmacêutica, cosmética e medicinal (19; 26).

Segundo Machado *et al* (26) e Guimarães (6), tal possibilidade se deve ao fato dos componentes químicos do lúpulo, α e β ácidos, possuírem ação bacteriostática, propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, além da presença de estradiol e polifenóis. Como cosmético seu uso pode ser empregado em tratamentos de pele e produtos de cabelo, para redução de queda ou crescimento capilar, na medicina no tratamento da menopausa, como repositor hormonal, e, em tratamentos terapêuticos contra o câncer.

Além disso, outras utilizações seriam na indústria de tabaco, como aromatizante, e, em produtos de artesanato, devido seu caule rico em fibras, logo, é possível sua utilização em cestos, artigos em vime e produção de biomassa (17).

CONCLUSÕES

O lúpulo é uma das principais matérias-primas para a fabricação de cerveja, sendo sua presença obrigatória pela legislação brasileira, devido suas propriedades de sabor, amargor e aroma característicos da cerveja, além de vantagens na conservação, estabilidade microbiológica, entre outras.

Com diversas formas de processamento possíveis é importante conhecer e entender as vantagens e desvantagens de cada uma para saber qual será a melhor escolha para determinadas cervejas produzidas, otimizando processos, tanto da fabricação da cerveja em si, quanto do armazenamento e transporte do insumo.

Do presente trabalho, é possível concluir acerca da importância das propriedades químicas do lúpulo e o cuidado necessário para que atenda aos parâmetros desejados de amargor, sabor e aroma, dependendo qual o destino e finalidade desse lúpulo, e tais propriedades apenas são alcançadas com os manejos corretos no campo até o transporte do produto final, seja ele em forma de flor até o pellet.

Ainda, conclui-se que o lúpulo é uma matéria-prima de grande potencial e importância para diversas áreas, destacando-se a indústria cervejeira, portanto, faz-se necessárias pesquisas e publicações científicas para o desenvolvimento de novas tecnologias e melhorias nesse segmento; principalmente, para o Brasil, que, apesar de apresentar grande potencial para a produção de lúpulo, ainda está em estágio inicial de produção e testando diferentes técnicas e manejos, logo, não apresenta muitos estudos, mostrando a necessidade de um investimento maior nessa área.

REFERÊNCIAS

1. GUTIERREZ C, GÁRCIA M T, ALVÁREZ I, GRACIA I, RODRIGUES J F. Lúpulo: Aplicación industrial de la tecnología de gases comprimidos. RODRIGUES, M.A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio: livro de atas. Bragança: Instituto Politécnico, CIMO. (2015). ISBN 978-972-745-202-6. p.101-111.
2. MARCOS J A M, NADAL J L O, ANDIÓN J P, ALONSO J V, PEDREIRA J M G, PAZ J F. Guia del cultivo del lúpulo. Galicia: [s.ed.], 2011.

3. SPÓSITO M. B, ISMAEL R V, BARBOSA C M A, TAGLIAFERRO A L. A cultura do lúpulo. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019.
4. ROSA N A, AFONSO J C. A Química da Cerveja Química e Sociedade. Química Nova Escola, v. 37, p. 98–105, 2015.
5. ARAÚJO L C, BARBOSA S D, GUERREIRO D, FARIAS J P. Importância econômica e medicinal de *Humulus lupulus*: Uma revisão. Revista das Ciências da Saúde e Ciências aplicadas do Oeste Baiano-Higia. v. 5, n. 1, p. 428–444. 2020.
6. GUIMARÃES B P. Avaliação do lúpulo (*Humulus Lupulus L.*) cultivado no distrito federal para uso cervejeiro. [Dissertação] Instituto de Química. Brasília, DF. 2021.
7. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada. 2020 [Acesso em 15 de abril de 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>.
8. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lúpulo no Brasil: Perspectivas e realidades. Brasília: MAPA/SAF 2022.
9. KORPELAINEN H, PIETILÄINEN M. Hop (*Humulus lupulus l.*): Traditional and present use, and future potential. *Economic Botany*. p. 302–322, 2021.
10. SILVA P H A, FARIA F C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 4, p. 902–906, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400021>
11. BOCQUET L, SAHPAZ S, HILBERT J L, RAMBAUD C, RIVIÈRE C. *Humulus lupulus L.*, a very popular beer ingredient and medicinal plant: overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochemistry Reviews*, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 1047-1090, 31 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-018-9584-y>.
12. DENBY C M, LI R A, VU V T, COSTELLO Z, LIN W, CHAN L J G, WILLIAMS J, DONALDSON B, BAMFORTH, C W, PETZOLD C J. Industrial brewing yeast engineered for the production of primary flavor determinants in hopped beer. *Nature Communications*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-10, 20 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-03293-x>.
13. FERREIRA C S, CHANVALON E T, BODART E, COLLIN S. Why Humulinones are Key Bitter Constituents Only After Dry Hopping: comparison with other belgian styles. *Journal Of The American Society Of Brewing Chemists*, [S.L.], v. 76, n. 4, p. 236-246, 2 out. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03610470.2018.1503925>.
14. FARAG M A, WESSJOHANN L A. Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus L.* (hop) preparations – In comparison to its metabolomic fingerprint. *Journal of*

Advanced Research, Cairo, v. 4, n. 4, p. 417–421, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.07.006>

15. GUIMARÃES B P, WERNEBURG R B E, GHESTI G F. Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus Lupulus L.*) E Suas Aplicações Com Ênfase No Mercado Cervejeiro Brasileiro. Cadernos De Prospecção 14.3 (2021). <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.33059>

16. MARCUSSO E F, MÜLLER C V. A Economia e o Território do Lúpulo: a história, análise mercadológica e o desenvolvimento do lúpulo no Brasil e no mundo. Revista Latino-Americana da Cerveja, Blumenau, v. 2, n. 2, p. 1-20, 2019. Faculdade Épica.

17. GONSAGA R F. Desenvolvimento de híbridos de lúpulo adaptados às condições tropicais. Tese - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp. Jaboticabal, SP. 2021.

18. SILVA C T D. Caracterizações químicas dos primeiros cultivares de lúpulo (*Humulus Lupulus L.*) produzidos no Brasil. Dissertação. Universidade Federal do Espírito Santo-Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde. Alegre, ES, 2019.

19. ALMEIDA A B C. Efeitos biológicos do lúpulo: Resultados de ensaios clínicos em humanos. 2017. 28 p. Revisão Temática. Ciclo de estudos: 1.º Ciclo em Ciências da Nutrição. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto. Porto, 2017.

20. PALMER J J. How to Brew: Everything you need to know to brew beer right the first time. Brewers Publications, 2006.

21. JORGE K. TRUGO L C. Discrimination of different hop varieties using headspace gas chromatographic data. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 14, n. 3, p. 411–415, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000300012>

22. FIRJAN, Sistema. Cervejeira. Rio de Janeiro - RJ, 2014.

23. HIERONYMUS S. Lúpulo guia prático para aroma, amargor e cultivo de lúpulos. Belo Horizonte: Editora Krater. 2019.

24. BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de julho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União. Brasília, 2009.

25. DURELLO R S, SILVA L M, BOGUSZ S. Química do lúpulo. Química Nova Vol 42, Nº 8. 2019

26. MACHADO W A C, SARNIGHAUSEN V C R, PAI A D, GROTTO R M T, RODRIGUES S A. Avaliação do efeito bacteriostático das folhas do lúpulo para tratamento de dejetos bovinos. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.5, p.140-148, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0015>



Capítulo 17

DOI: 10.53934/08082023-17

**PARÂMETROS RELEVANTES RESPONSÁVEIS PELA
DURABILIDADE DE LINGUIÇA COZIDA EMBALADA A VÁCUO:
CARGA MICROBIANA INICIAL, ATIVIDADE DE ÁGUA E
TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO**Letícia Guimarães de Oliveira Alves *; Carlos Alberto Guerra ; Breno Pereira de Paula ; Erick Almeida Esmerino ; André Fioravante Guerra 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: leticia.guimaraes@aluno.cefet-rj.br

Resumo: Este estudo teve como objetivo investigar os parâmetros microbiológicos relevantes que podem causar deterioração de linguiças cozidas embaladas a vácuo: temperatura de armazenamento, carga microbiana inicial e atividade de água (A_w). O crescimento da microbiota natural foi induzido pela incubação, em pares, das linguiças em diferentes temperaturas. O método preditivo MicroLab_ShelfLife foi usado para plotar a curva de crescimento microbiano e estimar a durabilidade dos grupos amostrais. Além disso, a Análise de Múltiplos Fatores (AMF) e a Clusterização Hierárquica Aglomerativa (CHA) foram aplicadas para avaliar os efeitos das variáveis sobre a durabilidade das linguiças. Conforme indicado pelos coeficientes RV, obtidos do AMF, a durabilidade das linguiças cozidas embaladas a vácuo foi afetada principalmente pela temperatura de armazenamento (0,906), seguida pela carga microbiana inicial (0,755) e A_w (0,624), respectivamente. Assim, os resultados demonstram a relevância do gerenciamento da cadeia de frio durante a distribuição dos produtos, destacando a temperatura de armazenamento como um parâmetro crucial. No entanto, nenhum dos parâmetros avaliados pode ser negligenciado, pois os esforços para melhorar as formulações e o controle do processo de fabricação não são suficientes para conservar as linguiças cozidas embaladas a vácuo se a gestão da cadeia de frio for subestimada.

Palavras-chave: deterioração; barreiras; microrganismos; produtos cárneos; shelf life;

Abstract: This study aimed to investigate relevant microbiological parameters that may impact cooked sausage spoilage, such as storage temperature, initial microbial load, and water activity (a_w), under vacuum packaging conditions. The natural microbiota growth was induced by pair incubation of sausages at different temperatures. The microbial growth predictor MicroLab_ShelfLife was used to obtain the kinetic growth curves. Moreover, Multiple Factor Analysis (MFA) and Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) were applied to evaluate those variables' effects on sausages' durability. As indicated by the RV coefficients obtained from the MFA, the durability of vacuum-packaged cooked sausages was mainly affected by the storage temperature (0.906), followed by the initial microbial load (0.755) and a_w (0.624), respectively. Thus, the results demonstrate the relevance of

cold chain management during the distribution of sausages, highlighting the storage temperature as a crucial parameter. However, none of the evaluated parameters should be neglected since the efforts to improve sausage recipes and process control cannot be enough for preserving vacuum-packaged cooked sausages if cold chain management is underestimated.

Keywords: meat product; microorganism; hurdle; shelf life; spoilage

INTRODUÇÃO

O crescimento de bactérias formadoras de limosidade superficial é um defeito comum em produtos cárneos. Assim, o aspecto visual criado e a perda das características típicas podem impactar a aceitação do consumidor e ocasionar a rejeição do produto antes do prazo de validade indicado pelo fabricante (1). Aproximadamente 1 milhão de toneladas (equivalente em peso de carcaça) de carne e produtos cárneos são desperdiçados anualmente (2). Portanto, considerando a recomendação da FAO para consumo de carne por dia (71 g por adulto saudável), essa quantidade seria suficiente para alimentar cerca de 14 milhões de pessoas por ano. As estações quentes, como o verão, são consideradas críticas para essas perdas. Além disso, linguiças cozidas embaladas a vácuo são tradicionalmente vendidas em temperatura ambiente em vários países, inclusive no Brasil. Como resultado, os fabricantes devem recolher os produtos deteriorados nos mercados e descartá-los, contribuindo para perdas econômicas, desperdício alimentar e prejuízo a marca (3).

Como estratégia para mitigar o evento, as indústrias alimentícias adicionam conservantes e/ou alteram a formulação e/ou utilizam parâmetros mais severos no cozimento com o objetivo de obter maior letalidade microbiana. Tratamento pós-embalagem com o objetivo de eliminar microrganismos reminescentes também pode ser aplicado pelos produtores (4). No entanto, grupos resistentes ao calor, como *Clostridium* e *Bacillus*, permanecem no produto (1,2). Assim, uma melhoria modesta na durabilidade é observada, além de aumentar o custo da formulação.

Numerosos fatores influenciam o crescimento microbiano nos alimentos. Os parâmetros intrínsecos podem ser afetados por diversos aspectos, como processo de produção, formulação, ingredientes, presença natural ou adição direta de conservantes, microrganismos competitivos, temperatura e tempo de armazenamento, atmosfera da embalagem, potencial redox, entre outros (5). Carga microbiana inicial, temperatura de armazenamento e A_w estão entre os fatores críticos que afetam o crescimento microbiano em produtos cárneos. Além disso, representam parâmetros que podem ser gerenciados pelo produtor para melhorar a durabilidade de linguiças cozidas embaladas a vácuo (6).

Embora seja conhecido o papel da temperatura, A_w e contaminação no processo de deterioração de linguiças cozidas embaladas a vácuo, o nível de relevância de cada um destes fatores ainda precisa ser elucidado. Portanto, esse tipo de informação é particularmente útil para orientar produtores que visam traçar estratégias para aumentar a durabilidade desses produtos nos mercados. Assim, o controle adequado desses parâmetros é crucial para impedir o crescimento microbiano e obter melhorias no que diz respeito à retenção dos atributos sensoriais do produto (7).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo investigar o impacto de três fatores importantes na deterioração de linguças cozidas embaladas a vácuo: temperatura, carga microbiana inicial e A_w .

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras, totalizando 115 embalagens ($n = 5$ embalagens por grupo) para ensaio microbiológico e 69 embalagens ($n = 3$ embalagens por grupo) para análises físico-químicas, foram obtidas de frigoríficos ($N = 23$) localizadas na região sudeste do Brasil. As produções foram realizadas no período de junho de 2022 a julho de 2022, de acordo com os procedimentos padrão de produtos cárneos: recebimento de matérias-primas, descongelamento ou trituração em quebrador de blocos, moagem em moedor industrial de faca (orifício 8–12 mm diâmetro (\emptyset) da placa), mistura e adição de ingredientes alimentares (carne magra, gordura de porco, especiarias), aditivos alimentares (cloreto de sódio, temperos, tripolifosfato de sódio, eritorbato de sódio, sais de cura contendo nitrito e nitrato) e água potável, embutimento em tripa natural suína de 15 e 250 mm (diâmetro x comprimento), cozimento até atingir 72 °C no ponto frio, resfriamento por imersão em banho de água fria e embalagem a vácuo em filme de poliamida e polietileno (16 x 25 cm) com 2 peças por embalagem. Os produtores foram instruídos a fornecer amostras sem nenhum conservante. As amostras foram acondicionadas em caixas com gelo reutilizável e enviadas ao laboratório de microbiologia (CEFET/RJ, Valença, Brasil), imediatamente após a fabricação. As amostras foram codificadas pela ordem de recebimento no laboratório. O critério de aceitação ou rejeição foi determinado com base na carga microbiana inicial. Amostras com carga microbiana inicial abaixo de 6,0 log UFC/g (unidades formadoras de colônias por grama) foram incluídos no estudo. Os grupos amostrais com carga microbiana inicial acima de 6,0 log UFC/g foram descontaminados em autoclave a 121 °C por 15 minutos e descartados.

O equipamento AcquaLab Lite (Decagon, Washington, EUA), equipado com sensor dielétrico de umidade e temperatura por infravermelho, foi usado para medições de A_w . Antes da medição, o equipamento foi calibrado com duas soluções padrão: K_2SO_4 (A_w 0,973, CAS 7778–80–5) e KCl (A_w 0,843, CAS 7447–40–7), fornecidas pelo fabricante. Para obter uma amostra uniforme, uma peça de linguça foi moída em um moedor elétrico de carne (Centrífuga 1000, Britânia, Brasil). Imediatamente após a moagem, uma alíquota de ensaio foi retirada o mais rápido possível para minimizar a exposição ao ambiente. Uma cápsula de plástico, com capacidade de 7 mL, foi preenchida com $\frac{1}{3}$ de amostra, de modo que o fundo da cápsula estivesse totalmente preenchido. Durante a série analítica, a estabilidade da medição foi verificada usando soluções padrão. Foi estabelecido um tempo de espera de, aproximadamente, 15 minutos entre cada medição após a abertura da tampa do equipamento. O procedimento foi realizado em triplicata.

Uma medição não destrutiva de pH foi realizada em um pHmetro portátil para carne (pH-1900, Instrutherm, Brasil), equipado com eletrodo tipo faca (EPC-50, Instrutherm, Brasil) e compensação automática de temperatura. As linguças foram retiradas aleatoriamente das embalagens, e o valor do pH foi determinado pela fixação direta do eletrodo em 5 posições diferentes da linguça, incluindo as extremidades e a parte central das peças. Antes da medição, o equipamento foi calibrado com soluções tampão, pH 4,00 e

pH 6,88, a 20 °C. Um erro máximo de $\pm 0,01$ foi considerado como precisão. O procedimento foi realizado em triplicata.

O método preditivo de crescimento microbiano MicroLab_ShelfLife foi usado para realizar o estudo de durabilidade e avaliar a influência dos fatores carga microbiana inicial, temperatura de estocagem e A_w sobre a durabilidade de linguiças cozidas embaladas a vácuo. Um pacote por grupo foi analisado logo após o recebimento no laboratório para determinar a carga microbiana inicial (tempo zero). O crescimento da microbiota natural nas embalagens foi estimulado pela incubação, em pares, das amostras nas temperaturas de 7 e 36 °C. Incubadoras tipo B.O.D. foram usadas para obter um controle preciso da temperatura. No quarto dia de incubação, uma embalagem incubada a 4 °C e uma embalagem incubada a 36 °C foram retiradas para determinar o número total de microrganismos. Este procedimento foi repetido no oitavo dia de incubação. O método pour-plate foi realizado para determinar o número total de bactérias viáveis, e os resultados (UFC/g) foram calculados usando pelo menos dois níveis de diluição sucessivos, de acordo com a Equação 1.

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1+0,1n_2)d} \quad \text{Equação 1}$$

Em que, $\sum C$ - soma das colônias contadas nas duas placas retidas de duas diluições sucessivas (pelo menos uma das quais com, no mínimo, 10 colônias); V- volume de inóculo semeado em cada poço (mL); n1 e n2- número de poços selecionados na primeira diluição e número de poços selecionados na segunda diluição, respectivamente; e d- nível da primeira diluição retida.

O número de UFC por placa foi inserido no aplicativo MicroLab_ShefLife para obter informações sobre os parâmetros da curva de crescimento microbiano em um perfil dinâmico de temperatura, escolhido de acordo com a previsão do AccuWeather para 2022. As coordenadas de latitude e longitude (-22.246, 22° 14' 46" Sul; -43.7031, 43° 42' 11" Oeste; Valença, Rio de Janeiro, Brasil) foram considerados como localização climática para as simulações. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima de Valença é do tipo subtropical úmido (Cfa) (8) (Figura 1). A entrada da microbiota natural na fase estacionária foi considerada como o limite superior do método, o qual está relacionado com a retenção das propriedades originais dos produtos.

Os resultados de A_w e pH foram apresentados como Média \pm Erro Padrão (EP) a partir de triplicatas. A durabilidade das amostras foi descrita usando o MicroLab_ShelfLife. Os fatores carga microbiana natural, temperatura e A_w foram inseridos no modelo como efeitos fixos e os lotes como termos aleatórios. Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). A Análise de Múltiplos Fatores (AMF) foi usada para avaliar simultaneamente os efeitos das variáveis (carga microbiana inicial, perfil dinâmico de temperatura para cada estação do ano e A_w) na durabilidade das linguiças. As semelhanças e discrepâncias entre os grupos amostrais foram agrupadas por Clusterização Hierárquica Aglomerativa (CHA), usando o software XLSTAT (Addinsoft, Boston, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos N = 23 grupos amostrais, N = 12 cumpriram o critério de aceitação considerado neste estudo (#1, #2, #7, #8, #9, #12, #13, #14, #15, #16, #17 e #18). Os grupos #8 e #17 apresentaram carga microbiana inicial abaixo de 3 log UFC/g. Os grupos #1, #3, #9, #13 e #15 apresentaram carga microbiana intermediária de 3 a 5 log UFC/g, enquanto os grupos #7, #12, #14, #16 e #18 apresentaram carga microbiana inicial de 5 a 6 log UFC/g. Em relação as medições de A_w , os grupos #7, #8, #9, #15, #16 e #17 apresentaram valores abaixo de 0,95. Os grupos #3, #14 e #18 apresentaram valores variando de 0,95 a 0,97, enquanto resultados acima de 0,97 foram observados para os grupos #12 e #13. Os valores de pH não diferiram significativamente entre os grupos, variando de 6,31 (#12) a 6,52 (#9) (Tabela 1).

Tabela 1: Medição da carga microbiana inicial, pH e atividade de água (A_w) de linguças cozidas embaladas a vácuo (Média \pm Erro Padrão).

Carga microbiana inicial					
Grupo Amostral	(log ufc/g)	A_w	pH	Critério	
#1	3.76	0.975 \pm 0.002 ^a	6.36 \pm 0.04	Aceita	
#2	8.27	0.957 \pm 0.005 ^b	6.34 \pm 0.02	Eliminada	
#3	3.55	0.962 \pm 0.001 ^b	6.46 \pm 0.08	Aceita	
#4	8.88	0.972 \pm 0.001 ^{ab}	6.37 \pm 0.12	Eliminada	
#5	8.81	0.968 \pm 0.002 ^{ab}	6.42 \pm 0.04	Eliminada	
#6	7.25	0.935 \pm 0.003 ^d	6.42 \pm 0.08	Eliminada	
#7	5.25	0.946 \pm 0.002 ^{cd}	6.39 \pm 0.04	Aceita	
#8	2.23	0.940 \pm 0.001 ^c	6.34 \pm 0.00	Aceita	
#9	3.75	0.943 \pm 0.003 ^c	6.52 \pm 0.02	Aceita	
#10	8.48	0.973 \pm 0.001 ^a	6.44 \pm 0.06	Eliminada	
#11	7.75	0.947 \pm 0.003 ^{cd}	6.29 \pm 0.01	Eliminada	
#12	5.75	0.973 \pm 0.003 ^a	6.31 \pm 0.07	Aceita	
#13	4.76	0.973 \pm 0.003 ^a	6.32 \pm 0.15	Aceita	
#14	5.99	0.956 \pm 0.003 ^b	6.32 \pm 0.09	Aceita	
#15	4.01	0.944 \pm 0.001 ^c	6.34 \pm 0.04	Aceita	
#16	5.01	0.945 \pm 0.003 ^c	6.40 \pm 0.05	Aceita	
#17	2.35	0.942 \pm 0.002 ^c	6.45 \pm 0.04	Aceita	
#18	5.62	0.969 \pm 0.001 ^{ab}	6.50 \pm 0.08	Eliminada	
#19	7.65	0.953 \pm 0.001 ^b	6.42 \pm 0.03	Eliminada	
#20	9.14	0.975 \pm 0.002 ^a	6.38 \pm 0.01	Eliminada	
#21	9.31	0.979 \pm 0.002 ^a	6.39 \pm 0.01	Eliminada	

#22	7.23	0.972 ± 0.004 ^a	6.30 ± 0.06	Eliminada
#23	6.54	0.970 ± 0.005 ^a	6.42 ± 0.05	Eliminada

Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Fisher (LSD) ($P < 0,05$).

A influência dos fatores combinados (temperatura, carga microbiana inicial e A_w) no estudo de durabilidade está demonstrada na Figura 2. Conforme indicado pelos coeficientes RV, obtidos da AMF, a durabilidade das linguças cozidas embaladas a vácuo foi afetada, principalmente, pela temperatura (0,906), seguida por carga microbiana inicial (0,755) e A_w (0,624), respectivamente (Figura 2A). Três grupos de similaridade foram clusterizados, os quais foram estatisticamente (CHA) classificados como C1 (grupos #1, #3, #12, #13 e #18), C2 (grupos #8 e #17) e C3 (grupos #7, #9, #14, #15 e #16) (Figuras 2B e 2C).

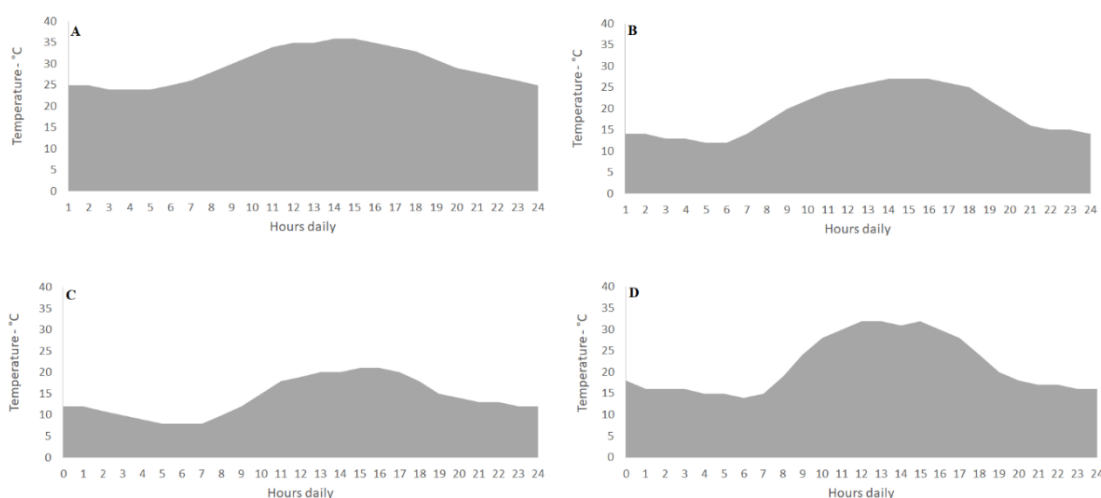


Figura 1. Perfil de temperatura baseado na variação horária ao longo 24 horas para representar as estações do ano: verão (A), outono (B), inverno (C), primavera (D). Eles foram determinados com base nas medições do AccuWeather (www.accuweather.com) para 2022. Coordenadas de latitude e longitude -22.246 e -43,7031; 22° 14' 46" Sul, 43° 42' 11" Oeste (Valença, Rio de Janeiro, Brasil) – clima subtropical úmido (Caf) (Köppen-Geiger) (8).

Os grupos #8 e #17, com carga microbiana inicial e A_w abaixo de 3 log UFC/g e 0,95, respectivamente, apresentaram maior durabilidade ante aos grupos #14 e #16, com carga microbiana inicial entre 5 e 6 log UFC/g e A_w acima de 0,97. Entre os grupos com carga microbiana inicial entre 5 e 6 log UFC/g (#7, #12, #14, #16 e #18), os grupos #7 e #16 (A_w abaixo de 0,95) apresentaram maior durabilidade ante aos grupos #12, #14 e #18 (A_w acima de 0,95). Essa tendência também foi observada nos grupos com carga microbiana inicial entre 3 e 5 log UFC/g (Tabela 2).

O presente estudo demonstra a relevância do gerenciamento da cadeia de frio durante a distribuição de linguças, destacando a temperatura como um parâmetro crucial para prolongar a durabilidade de linguças cozidas embaladas a vácuo. Assim, o verão é o período crítico para deterioração do produto, especialmente em países de clima tropical onde a temperatura média durante o verão pode estar próxima da temperatura ótima para o crescimento de microrganismos mesófilos (9). Ranucci e colaboradores (2019) reportaram que o armazenamento refrigerado de linguças cozidas embaladas a vácuo mantém a

contagem de bactérias mesófilas totais abaixo de 7,0 log UFC/g durante 60 dias (10). Portanto, o armazenamento refrigerado pode ser considerado a maneira mais rápida e eficaz para aumentar a durabilidade de linguiças cozidas embaladas a vácuo.

Bacillus, *Clostridium*, bactérias ácido lácticas, *Brochothrix*, família *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Pantoea*, leveduras e bolores representam os microrganismos frequentemente associados à deterioração de produtos cárneos (11,12). No entanto, linguiças cozidas embaladas a vácuo são seletivamente deterioradas por *Bacillus* esporulados. Estes microrganismos são resistentes ao calor e podem sobreviver ao cozimento. Ademais, eles são apenas parcialmente afetados pelos sais de cura contendo nitrato ou nitrito (13).

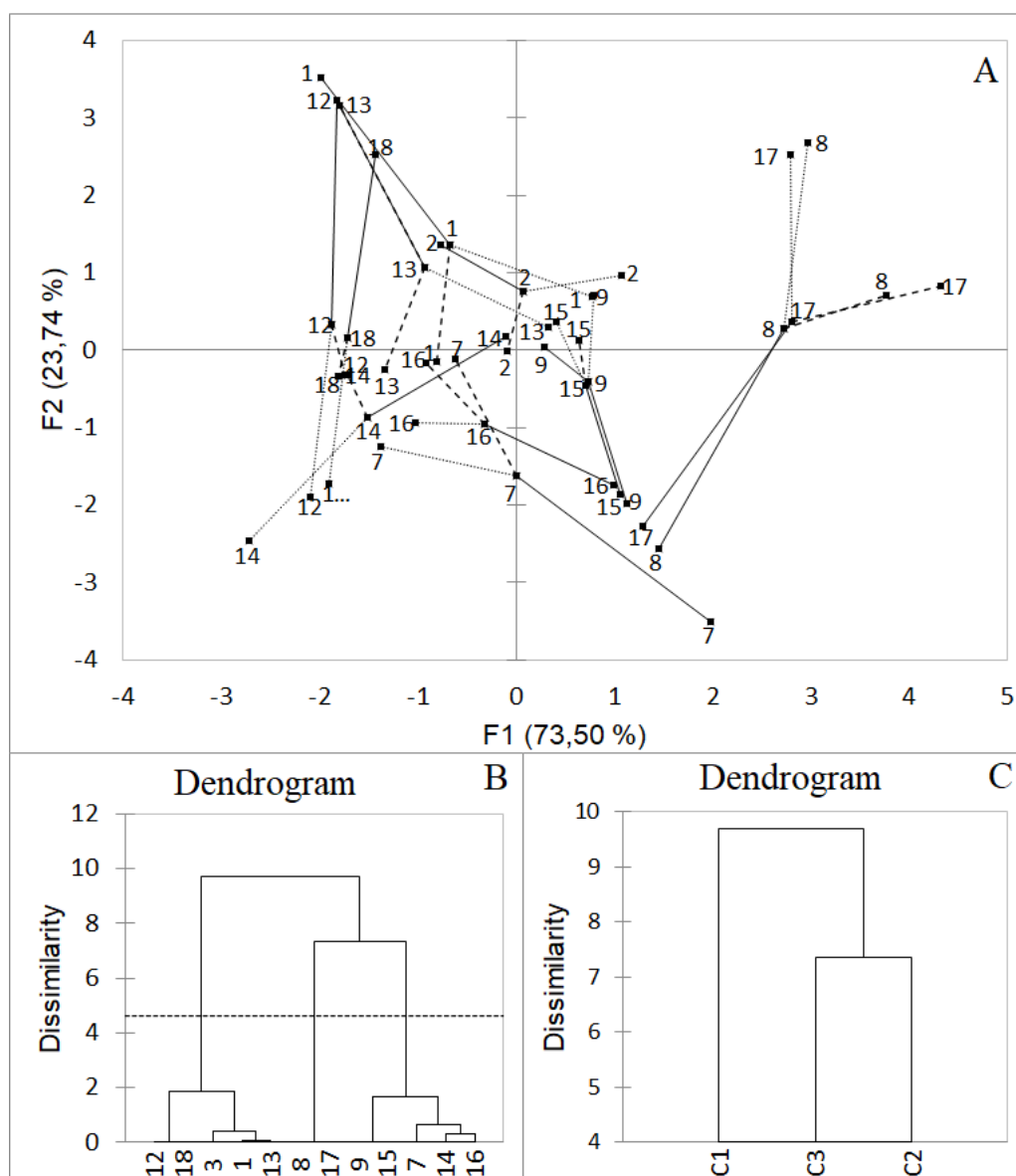


Figura 2. Influência do perfil de temperatura em cada estação climática, carga microbiana inicial e atividade de água (A_w) na durabilidade de linguiça cozida embalada a vácuo. A Análise de Múltiplos Fatores (AMF) (A) foi utilizada para avaliar aleatoriamente os efeitos das variáveis (carga microbiana inicial, A_w e perfil dinâmico de temperatura por estação climática). As semelhanças e discrepâncias entre as amostras foram

agrupadas por Clusterização Hierárquica Aglomerativa (CHA) (B e C), usando o software XLSTAT (Addinsoft, Boston, EUA).

Independentemente dos valores de A_w , os grupos com carga microbiana inicial acima de 5 log UFC/g apresentaram menor durabilidade em relação aos grupos com carga microbiana inicial abaixo deste valor. Esse resultado está coerente com os resultados demonstrados pela AMF (Figura 2), destacando que a carga microbiana inicial é mais relevante que A_w para a durabilidade de linguiças cozidas embaladas a vácuo. No entanto, bacilos esporulados resistentes ao calor, como o *Bacillus subtilis*, são microrganismos naturais da carne e de produtos cárneos. Os obstáculos considerados para conservar linguiças cozidas embaladas a vácuo podem não ser suficientes para controlar o crescimento deste microrganismo (14,15). Além do mais, esses microrganismos apresentam atividade psicrotrófica, não são totalmente inibidos pelas agentes de cura e crescem em A_w acima de 0,92 (16). Assim, os fabricantes de linguiças devem controlar a presença de *B. subtilis* em linguiças cozidas embaladas a vácuo como o mais baixo possível (16,17).

O shelf life é o período dentro do qual um alimento mantém sua segurança e qualidade sob condições razoavelmente previsíveis de distribuição, armazenamento e uso (18). O crescimento microbiano é a principal causa de deterioração de produtos cárneos durante a distribuição e disposição para venda nos mercados (19). A deterioração de linguiças cozidas embaladas a vácuo deve-se, principalmente, ao crescimento superficial de bactérias formadoras de limosidade superficial, como bactérias ácido láctica e bacilos esporulados. A cor rosada típica de linguiças cozidas embaladas a vácuo pode ser afetada pela atividade microbiana que resultam na formação superficial de limosidade, causando rejeição do produto pelos consumidores nos mercados (20).

Dentre os fatores estudados neste trabalho, a deterioração da linguiça foi menos impactada pela A_w . No entanto, este pode atuar como ‘gatilho’ para o processo de deterioração. Valores de A_w acima de 0,95, o manuseio pós-embalagem e a pressão negativa observada na embalagem a vácuo, podem induzir a sinérese após a embalagem, resultando em acúmulo de água, nutrientes e microrganismos no interior da embalagem. Os conservantes geralmente são adicionados na massa juntamente com os outros ingredientes, o que resulta em migração parcial para a fase líquida (1). Este fator pode ser decisivo para acelerar o crescimento microbiano quando o produto é exposto a uma temperatura abusiva. Assim, o efeito da temperatura no crescimento microbiano pode ser minimizado pela prevenção da sinérese no produto. Para tanto, uma possibilidade é a adição de fosfatos e/ou polifosfatos, uma vez que estes aditivos promovem um aumento da capacidade de retenção de água (CRA).

Neste presente estudo, os grupos de amostras com A_w acima de 0,95 apresentaram menor durabilidade ante aos grupos com A_w abaixo de 0,95, mesmo com cargas microbianas iniciais equivalentes. Tal ocorrência pode ser observada no grupo #7 (carga microbiana inicial ca. 5,25 log UFC/g; $A_w = 0,946 \pm 0,002$) e no grupo #18 (carga microbiana inicial ca. 5,62 log UFC/g; $A_w = 0,969 \pm 0,001$). Considerando o verão como o período mais crítico, o grupo #7 apresentou 10 dias a mais de durabilidade em relação ao grupo #18. Como a temperatura foi inserida no modelo como uma variável fixa e as cargas microbianas iniciais foram próximas, a diferença na durabilidade pode ser atribuída aos diferentes valores de A_w nestes grupos.

CONCLUSÕES

A temperatura é o principal fator responsável deterioração de linguiça cozida embalados a vácuo. Embora nenhum dos parâmetros avaliados possa ser negligenciado, o presente estudo revela que o gerenciamento da cadeia de frio ao longo da logística de distribuição e retenção dos produtos para venda é crucial para evitar a deterioração do produto. Os esforços para melhorar as formulações e o controle do processo de fabricação não são suficientes para conservar linguiças cozidas embaladas a vácuo se o gerenciamento da cadeia de frio for subestimado.

REFERÊNCIAS

1. de Lima AL, Guerra CA, Costa LM, de Oliveira VS, Lemos Junior WJ, Luchese RH, et al. A Natural Technology for Vacuum-Packaged Cooked Sausage Preservation with Potentially Postbiotic-Containing Preservative. *Fermentation*. 2022;8(3):106.
2. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations - Meat Market Review, Overview of global meat market developments in 2020. Rome; 2021.
3. Ishangulyyev R, Kim S, Lee SH. Understanding Food Loss and Waste—Why Are We Losing and Wasting Food? *Foods*. 2019; 8(8):297.
4. Barcenilla C, Álvarez-Ordóñez A, López M, Alvseike O, Prieto M. Microbiological Safety and Shelf-Life of Low-Salt Meat Products—A Review. *Foods*. 2022; 4;11(15):2331.
5. Scheuerl T, Hopkins M, Nowell RW, Rivett DW, Barraclough TG, Bell T. Bacterial adaptation is constrained in complex communities. *Nat Commun*. 2020;11(1):754.
6. KORKEALA HJ, BJÖRKROTH KJ. Microbiological Spoilage and Contamination of Vacuum-Packaged Cooked Sausages. *J Food Prot*. 1997;60(6):724–731.
7. Li X, Zhang R, Hassan MM, Cheng Z, Mills J, Hou C, et al. Active Packaging for the Extended Shelf-Life of Meat: Perspectives from Consumption Habits, Market Requirements and Packaging Practices in China and New Zealand. *Foods*. 2022;11(18): 2903.
8. Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci*. 2007;11(5):1633–1644.
9. Teuteberg V, Kluth I-K, Ploetz M, Krischek C. Effects of duration and temperature of frozen storage on the quality and food safety characteristics of pork after thawing and after storage under modified atmosphere. *Meat Sci*. 2021;174:108419.
10. Ranucci D, Roila R, Andoni E, Braconi P, Branciarri R. Punica granatum and Citrus spp. Extract Mix Affects Spoilage Microorganisms Growth Rate in Vacuum-Packaged Cooked Sausages Made from Pork Meat, Emmer Wheat (*Triticum dicoccum* Schübler), Almond (*Prunus dulcis* Mill.) and Hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Foods*. 2019;8(12):664.








11. Adesulu-Dahunsi AT, Dahunsi SO, Olayanju A. Synergistic microbial interactions between lactic acid bacteria and yeasts during production of Nigerian indigenous fermented foods and beverages. *Food Control*. 2020;110:106963.
12. Martins WF, Longhi DA, de Aragão GMF, Melero B, Rovira J, Diez AM. A mathematical modeling approach to the quantification of lactic acid bacteria in vacuum-packaged samples of cooked meat: Combining the TaqMan-based quantitative PCR method with the plate-count method. *Int J Food Microbiol*. 2020;318:108466.
13. Iulietto MF, Sechi P, Borgogni E, Cenci-Goga BT. Meat Spoilage: A Critical Review of a Neglected Alteration Due to Ropy Slime Producing Bacteria. *Ital J Anim Sci*. 2015;14(3):4011.
14. Moerman F, Mertens B, Demey L, Huyghebaert A. Reduction of *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* and *Streptococcus faecalis* in meat batters by temperature-high hydrostatic pressure pasteurization. *Meat Sci*. 2001;59(2):115–125.
15. Ajingi YS, Rodpan S, Usman JN, Koga Y, Jongruja N. Synergistic effect of Nisin with acetic and propionic acids inactivates *Bacillus subtilis* on meat and potato. *Biocatal Agric Biotechnol*. 2022;41:102317.
16. Daszczuk A, Dessalegne Y, Drenth I, Hendriks E, Jo E, van Lente T, et al. *Bacillus subtilis* Biosensor Engineered To Assess Meat Spoilage. *ACS Synth Biol*. 2014;3(12):999–1002.
17. Zhang Y, Yao Y, Gao L, Wang Z, Xu B. Characterization of a microbial community developing during refrigerated storage of vacuum packed Yao meat, a Chinese traditional food. *LWT*. 2018;90:562–569.
18. Food Safety Authority of Ireland. Validation of product shelf-life. Dublin; 2019 (FSAI Guidance Note 18).
19. Cauchie E, Delhalle L, Taminiau B, Tahiri A, Korsak N, Burteau S, et al. Assessment of Spoilage Bacterial Communities in Food Wrap and Modified Atmospheres-Packed Minced Pork Meat Samples by 16S rDNA Metagenetic Analysis. *Front Microbiol*. 2020;10:3074.
20. Pellissery AJ, Vinayamohan PG, Amalaradjou MAR, Venkitanarayanan K. Meat Quality Analysis. [local desconhecido]: Elsevier; 2020.



Capítulo 18

DOI: 10.53934/08082023-18

**AQUECIMENTO ÔHMICO E ULTRASSOM DE ALTA
INTENSIDADE: APLICAÇÕES E SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA
EM PRODUTOS LÁCTEOS**

Carolina Pinto de Carvalho Martins *; Gabriela Rodrigues Alves Silva ; Júlia Barros de Sousa ; Jonas de Toledo Guimarães ; Eliane Teixeira Mársico ; Adriano Gomes da Cruz ; Erick Almeida Esmerino 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carolina_m@id.uff.br

Resumo: Os consumidores estão se tornando cada vez mais exigentes em relação à escolha dos alimentos, buscando progressivamente opções mais frescas, saudáveis e com menor impacto ambiental. Essa demanda tem impulsionado o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, assim como o emprego de tecnologias emergentes/não convencionais, como o aquecimento ôhmico e ultrassom. Os avanços recentes nesta área demonstram a aplicabilidade destas tecnologias na obtenção de produtos lácteos seguros, com melhor qualidade nutricional, funcional e sensorial em comparação com os métodos térmicos convencionais de processamento. No entanto, apesar das perspectivas promissoras, a aplicação destas requer mais estudos e cuidados específicos em relação aos seus parâmetros de processamento. Neste contexto, faz-se necessário considerar as características do produto e o resultado desejado para garantir a eficácia do processo. Portanto, o objetivo deste capítulo é fornecer um panorama das aplicações mais recentes e da segurança microbiológica das tecnologias emergentes/não convencionais abordadas, a fim de respaldar e oportunizar a sua utilização em produtos lácteos.

Palavras-chave: tecnologias não convencionais; compostos bioativos; inativação microbiológica; produtos lácteos

Abstract: Consumers are increasingly demanding regarding food choices, progressively seeking fresher, healthier options with less environmental impact. This demand has driven the development of new food products and the use of emerging/unconventional technologies, such as ohmic heating and ultrasound. Recent advances in this area demonstrate the applicability of these technologies in obtaining safe dairy products with better nutritional, functional, and sensory quality compared to conventional thermal processing methods. However, despite the promising perspectives, their application requires more studies and specific care concerning their processing parameters. In this context, it is necessary to consider the product's characteristics and the desired result to guarantee the effectiveness of the process. Therefore, this chapter aims to provide an overview of the most recent

applications and the microbiological safety of the addressed emerging/unconventional technologies to support and facilitate their use in dairy products.

Keywords: unconventional technologies; bioactive compounds; microbial inactivation; dairy products

INTRODUÇÃO

A crescente demanda dos consumidores por alimentos frescos e saudáveis, que gerem menor impacto ambiental, estimula o desenvolvimento de novos produtos alimentícios através da implementação de tecnologias emergentes/não convencionais, principalmente com equipamentos mais ágeis e eficientes (1, 2). Tecnologias emergentes são tecnologias em fase de pesquisa e desenvolvimento, com potencial de comercialização nos próximos 5 a 10 anos, ou que já estão sendo comercializadas, mas representam apenas uma pequena porcentagem do mercado (3, 4). Por sua vez, as tecnologias não convencionais são aquelas que estão sendo estudadas por mais tempo e já contam com aplicações industriais.

Os principais objetivos de investir em tecnologias alternativas para o processamento de alimentos incluem: a redução do consumo de energia e dos custos de produção, cadeia produtiva mais sustentável, obtenção de produtos seguros e com maior validade comercial, além de satisfazer os desejos dos consumidores por alimentos processados de melhor qualidade nutricional e sensorial (1, 5). Entretanto, altos custos de instalação, falta de conhecimento sobre todas as variáveis do processo, bem como sua interação com as diferentes matrizes alimentícias são desafios que limitam o acesso das tecnologias emergentes para um nível industrial (2).

O aquecimento ôhmico (AO) e o ultrassom de alta intensidade (UAI) são consideradas tecnologias não convencionais, classificadas como térmica (aquecimento ôhmico, aquecimento por micro-ondas e termossonicação) e não térmica (plasma frio, ultrassom, processamento de alta pressão, irradiação, luz pulsada, campos elétricos pulsados e luz ultravioleta), respectivamente (6).

Durante o AO, uma corrente elétrica de baixa frequência atravessa o alimento e promove geração de calor volumétrico. O aquecimento rápido e uniforme, associado aos efeitos não térmicos, favorece a preservação do alimento e de seus componentes, resultando em um produto seguro e com melhor qualidade nutricional, funcional e sensorial (7-9).

Com a aplicação do UAI, a propagação do som ocorre através do alimento. A cavitação é o fenômeno responsável pela maior parte das alterações, entretanto, a produção de radicais livres, o efeito da cavitação intracelular e um leve fenômeno térmico, dependendo da intensidade do tratamento, podem ser considerados. A perturbação causada consegue promover mudanças permanentes na matéria e leva a destruição dos microrganismos em baixas temperaturas, possibilitando, assim como na aplicação o aquecimento ôhmico, a segurança microbiológica e preservação do alimento (10-14).

É importante ressaltar que, apesar dos diversos estudos existentes, inclusive os mais recentes, que corroboram com essas teorias, o AO e o UAI ainda são técnicas em desenvolvimento e pesquisa, e sua aplicação comercial em produtos lácteos pode variar

conforme o país e as regulamentações locais. É necessário realizar estudos mais específicos para determinar as condições ideais de processamento, para garantir a eficácia do tratamento e a segurança do alimento.

MECANISMOS ENVOLVIDOS NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Aquecimento Ôhmico

O aquecimento Ôhmico (AO) consiste na passagem de uma corrente elétrica de baixa frequência (50 a 60 Hz) através dos alimentos com auxílio de eletrodos (Figura1). A corrente flui, e a perda de energia promove a liberação de calor, ou seja, a energia elétrica é convertida em energia térmica (efeito Joule) e os componentes líquidos e sólidos são aquecidos, simultaneamente, por todo o produto, não dependendo dos mecanismos convencionais de aquecimento (condução ou convecção) (9, 15).

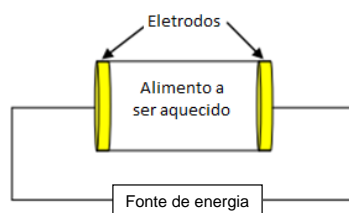


Figura 1. Esquema geral do aparelho ôhmico, adaptado de Sakr e Liu (7).

A principal vantagem do AO está relacionada ao aquecimento volumétrico. Rápido e bastante uniforme, proporciona tempos de aquecimento mais curtos, redução de incrustações, menores danos térmicos aos componentes alimentares, melhor qualidade sensorial, além de garantir a segurança microbiológica (8, 16). A eletroporação é outra característica relevante do AO. A corrente elétrica forma poros na membrana celular, aumentando a permeabilidade e facilitando a extração de compostos intracelular (17), além disso, os poros podem reduzir a resistência térmica dos microrganismos e, conseqüentemente, a intensidade térmica necessária para o processamento (18).

No entanto, o sucesso da aplicação depende de parâmetros relacionados ao produto (condutividade elétrica; viscosidade; densidade; calor específico; sistemas homogêneos ou sólido-líquido; e tendência de formação de incrustações), ao processo (força do campo elétrico; tempo; temperatura; e frequência da corrente elétrica) e ao equipamento (tamanho da célula ôhmica; tamanho e forma dos eletrodos; composição do eletrodo; e banho ou configuração contínua) (9, 19)

A intensidade do campo elétrico (corrente, potência e tensão aplicada) e a condutividade elétrica (capacidade do material de conduzir eletricidade) são as variáveis mais relevantes do processamento, pois, a geração de energia é diretamente proporcional ao quadrado do campo elétrico aplicado e a condutividade elétrica do alimento (19, 20). Por

afetar a mobilidade dos íons, a temperatura é o fator mais significativo para a condutividade elétrica. Deste modo, assim como ocorre no aquecimento convencional, o perfil de temperatura-tempo deve ser o principal parâmetro a ser controlado (19, 21).

Ultrassom de Alta Intensidade

O som é uma onda mecânica que se propaga como uma oscilação da matéria, causando perturbações e deslocamento do estado de equilíbrio do meio. As ondas elásticas se propagam em sólidos e as ondas acústicas se propagam em líquidos e gases (11). As frequências das ondas mecânicas são divididas em infrassom (1 – 16 Hz), acústico (sons audíveis, 16 a 20 kHz), ultrassom (20 kHz – 1 GHz) e hipersom (> 1 GHz) (22), e as frequências do ultrassom (Figura 2) são classificadas em baixas (20 kHz-100 kHz; alta intensidade), médias (100 kHz – 1 MHz) e altas (5 MHz – 10 MHz; baixa intensidade), sendo as altas utilizadas para finalidades médicas (23).

O ultrassom de baixa intensidade não causa mudanças permanentes na matéria (14), permitindo sua utilização em análises não destrutivas para controle de processo, qualidade e inspeção de embalagens (23-28).

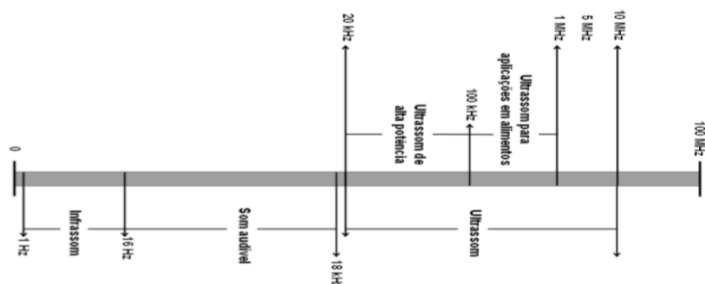


Figura 2. Faixa de frequência das ondas sonoras, adaptado de Verruck e Prudencio (14).

O UAI é considerado uma tecnologia não convencional que pode substituir ou auxiliar as tecnologias convencionais de processamento. Ele induz alterações físicas e químicas nos alimentos, além de destruir microrganismos (12, 23, 28), preservando a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos devido às baixas temperaturas de operação (29, 30).

A onda ultrassônica é gerada a partir de um transdutor de material piezoelétrico que converte a energia elétrica em vibração mecânica. Existem dois sistemas comumente utilizados na aplicação do ultrassom em alimentos: banhos e sondas. Os banhos consistem em aplicações indiretas, em que o transdutor é acoplado ao tanque e a energia ultrassônica é transmitida ao líquido que preenche o recipiente, sendo transferida ao alimento imerso com menor intensidade. As sondas são aplicadas diretamente ao alimento, elas amplificam e direcionam o sinal ultrassônico, resultando numa maior intensidade cavitacional (10, 12).

A cavitação é o fenômeno responsável pela maior parte das alterações físico-químicas e microbiológicas nos alimentos. Durante a cavitação, ocorre formação,

crescimento e colapso de microbolhas devido à flutuação de pressão causada pelo campo sonoro (Figura 3), gerando alta turbulência e liberação de energia térmica, com aumento local de temperatura e pressão (12, 13, 28).

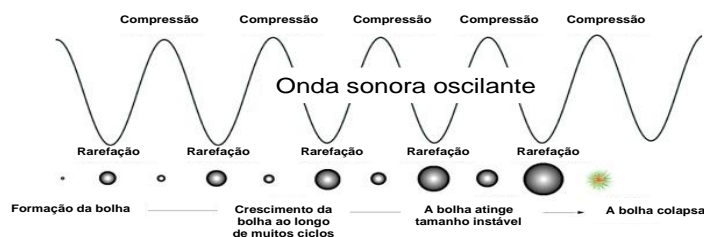


Figura 3. Formação de microbolhas, crescimento e subsequente colapso ao longo de vários ciclos acústicos, adaptado de Leong et al. (13).

A intensidade cavitacional varia em função da amplitude e frequência das ondas. Nas frequências mais baixas (20 – 40 kHz) são formadas bolhas maiores (~ 100 µm) com colapso cavitacional mais violento (temperatura e pressão mais altas). À medida que a amplitude aumenta, maior o número e menor o tamanho das bolhas (10, 12, 13).

A intensa força de cisalhamento gerada do colapso das microbolhas pode enfraquecer, perfurar e até mesmo romper a parede celular dos microrganismos, causando a morte. Além disso, a produção de radicais livres, o efeito da cavitação intracelular e o efeito térmico também influenciam na inativação microbiana (10, 31, 32).

AVANÇOS NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Aplicações Recentes em Produtos Lácteos

Nos últimos anos, diversas investigações estão sendo realizadas e resultados interessantes estão surgindo tanto na aplicação do AO quanto na aplicação do UAI em produtos lácteos.

A maior eficiência energética do AO é responsável pela sua grande vantagem em relação ao processo convencional, o aquecimento rápido e uniforme promove menores alterações químicas, nutricionais e sensoriais indesejáveis. Diversos estudos têm confirmado esse fato: Rocha et al. (33) em leite sabor de baunilha enriquecido com proteínas, Balthazar et al. (34) em leite de ovelha fresco e descongelado, Kuriya et al. (35) em sobremesas lácteas com sabor de mirtilo, entre outros.

O UAI é uma tecnologia mais simples, sustentável e econômica em comparação com outras tecnologias inovadoras não térmicas que exigem equipamentos complexos e que consomem maior quantidade de energia (36). Este tipo de tratamento tem sido amplamente aplicado na indústria de laticínios, visando reduzir o tempo de processamento e melhorar as propriedades bioativas e físico-químicas dos produtos lácteos, além de retardar a

deterioração e melhorar sua segurança. Esses benefícios já foram observados por Balthazar et al. (37) em leite de ovelha semidesnatado fresco e congelado, Guimarães et al. (28) em bebida de soro de leite prebiótica, Jalilzadeh et al. (38) em queijo tipo feta, entre outros.

Os efeitos térmicos e não térmicos do AO e a cavitação provocada pelo UAI, associada ao aumento de pressão e temperatura, ondas de choque, microjateamento, fluxo acústico e produção de radicais livres, afetam a estrutura e as interações proteicas, incluindo a forma e o tamanho dos agregados (39-41), favorecendo a melhora da digestibilidade e redução do potencial alergênico (41).

Alizadeh e Aliakbarlu (42) avaliaram os efeitos da aplicação do AO (150 V/cm; 5 e 15 s), do UAI (24 kHz; 400 W; 5 e 15 min) e de suas combinações no grau de hidrólise de concentrado de proteína de soro de leite. Os autores observaram que todos os tratamentos aumentaram significativamente ($p < 0,05$) o grau de hidrólise proteica, sendo que a combinação das tecnologias (15 s e 15 min) apresentou o maior valor.

Outro efeito benéfico das tecnologias está relacionado ao aumento da capacidade antioxidante dos produtos lácteos pela liberação de compostos bioativos, como pequenos peptídeos obtidos por hidrólise, ou compostos fenólicos extraídos da matriz (43). A quebra das ligações covalentes e a desnaturação das estruturas proteicas expõe sítios à ação enzimática, favorecendo a hidrólise e a formação dos peptídeos bioativos, que além da atividade antioxidante, apresentam atividade inibidora da enzima conversora de angiotensina (ECA) (44), importante para diminuir a incidência da hipertensão arterial e outras doenças associadas (45).

Os compostos bioativos apresentam afinidade com o sítio ativo das enzimas α -amilase e α -glicosidase (43). Essas enzimas estão no intestino, sendo responsáveis pela hidrólise dos oligossacarídeos e dissacarídeos que serão absorvidos. A maior inibição dessas enzimas pode resultar em menor hidrólise e absorção de glicose, contribuindo para a manutenção dos níveis adequados no sangue (46).

Resultados semelhantes em relação ao efeito do AO na capacidade antioxidante e nos compostos bioativos de produtos lácteos têm sido observados. Rocha et al. (33) relataram que baixas forças de campo elétrico, principalmente 6,96 V/cm, melhoraram as atividades antidiabéticas, antioxidantes e anti-hipertensivas de um leite sabor baunilha hiperproteico. Ferreira et al. (43) observaram que condições intermediárias-suaves promovem maior atividade antioxidante de uma bebida de soro de leite sabor framboesa. Além disso, o AO aumentou em 10% a α -glicosidase e α -amilase em comparação ao tratamento convencional.

Kuriya et al. (35) constataram que o uso de baixas intensidades (1,82 V/cm por 94,28 min) em uma sobremesa láctea sabor mirtilo representou uma maior preservação de compostos bioativos e melhora da atividade antioxidante e da inibição da α -glicosidase, α -amilase e ECA. Contudo, devido ao menor tempo de processo e uma maior inibição da α -glicosidase e ECA comparada ao controle, a maior intensidade do campo elétrico (9,10 V/cm por 5,25 min) foi considerada mais vantajosa.

Rocha et al. (47) observaram que as condições mais suaves (4 e 8 V/cm) aplicadas durante a pasteurização do leite destinado à fabricação de queijo Minas Frescal possibilitaram maior preservação dos compostos fenólicos e melhora da atividade antioxidante e inibição da α -glicosidase, α -amilase e ECA quando comparado tratamento controle. Entretanto, o alto campo elétrico (12 V/cm) promoveu características semelhantes

ao queijo elaborado com leite pasteurizado convencionalmente, com maior aceitação sensorial e menor tempo de aquecimento. Deste modo, campo elétrico intermediário (8 V/cm) foi recomendado por aliar um tempo compatível com as indústrias de laticínios e a melhora nas propriedades funcionais e sensoriais do queijo.

Em estudos com UAI, os resultados também são animadores em relação à preservação dos compostos bioativos e melhora da atividade antioxidante e inativação enzimática. No entanto, ao contrário do AO, observa-se que as maiores densidades energéticas estão sendo descritas como as mais eficientes. Monteiro et al. (48), em uma bebida láctea achocolatada, e Mizuta et al. (49), em uma bebida probiótica de morango, constataram que as maiores densidades energéticas foram altamente eficazes na preservação dos compostos bioativos, fenólicos e ácido ascórbico, melhora da atividade antioxidante e inibição de ECA comparada à pasteurização (72 °C/15 s e 65 °C/30 min, respectivamente).

Em uma bebida prebiótica de soro de leite e graviola, Guimarães et al. (28) observaram o aumento do conteúdo fenólico, da atividade antioxidante e anti-hipertensiva em função do aumento da intensidade do tratamento em comparação com a bebida não tratada. O tratamento térmico convencional (72 °C por 15 s) e a condição mais suave (200 W) não afetaram o teor de ácido ascórbico, entretanto, os níveis mais altos de potência aumentaram a degradação do composto ($p < 0,05$).

Hashemi e Gholamhosseinpour (50) observaram que o tratamento prévio a fermentação do leite de cabra promoveu o crescimento de cepas de *Lactobacillus* e melhorou as propriedades bioativas em comparação ao controle, com aumento significativo ($p < 0,05$) da atividade antioxidante e anticancerígena e da inibição da α -amilase e α -glicosidase.

A aplicação do AO e do UAI afeta significativamente aspectos tecnológicos relacionados ao processamento dos lácteos, o que pode alterar as características físicas, químicas e sensoriais desses alimentos. Embora as melhorias na composição nutricional e funcional, e a redução do gasto energético, sejam fatores importantes, é preciso destacar que essas justificativas, isoladamente, são insuficientes para a implementação das tecnologias, sendo fundamental uma boa aceitação dos produtos para a continuidade dos avanços.

O menor tempo de processamento e a uniformidade do AO proporcionam a obtenção de produtos semelhantes em aparência, sabor e textura aos não tratados, e com melhor aceitação sensorial. Neste sentido, estudos recentes vêm apresentando resultados satisfatórios, principalmente nas forças de campo elétrico e frequências médias e altas. Silva et al. (51) observaram que a aceitação sensorial de um leite fermentado probiótico tratado por níveis mais altos de voltagem foi melhor do que a do produto pasteurizado.

Coimbra et al. (52) observaram resultado semelhante em uma bebida de soro de leite e acerola. Os maiores escores de aceitação foram obtidos com as mais altas frequências e voltagens. Além disso, os níveis mais baixos (500 e 1000 Hz; 6 e 9 V/cm) promoveram características indesejadas ao produto como gosto amargo, azedo, ácido, de sal, de queijo, de leite, de soro de queijo, aguado, grudento e viscoso.

Outro benefício da aplicação do AO está na redução da concentração de compostos da reação de *Maillard* com obtenção de produtos com menor desenvolvimento de sabor amargo e sabor estranho. Rocha et al. (33) observaram menor formação de hidroximetilfurfural (HMF) em leite sabor baunilha enriquecido com proteína comparado ao

tratamento convencional. Silva et al. (53) observaram resultados semelhantes. O tratamento por AO resultou em menor teor de HMF, redução da arenosidade, e aumento da fluidez, brilho, sabor típico e homogeneidade no doce de leite em comparação ao tratamento convencional. Além disso, a intensidade e percepção de todos os atributos sensoriais aumentou em função da força do campo elétrico aplicado.

Melhorias nos parâmetros de qualidade também foram obtidas em queijo produzido com leite pasteurizado por AO. Rocha et al. (47) observaram no produto menor elasticidade, dureza e firmeza, e melhor aceitação sensorial comparado ao convencional. As condições de processamento mais brandas causaram mudanças na cor do queijo, entretanto, o tratamento a 12 V/cm, proporcionou parâmetros de cor semelhantes ao controle ($p>0,05$). Para os autores, o favorecimento da proteólise, principalmente da caseína, pode estar relacionado as alterações na coloração branca dos queijos.

Por ser um processamento não térmico, a aplicação do UAI pode preservar, ou até mesmo melhorar, parâmetros relacionados a qualidade dos produtos lácteos, possibilitando características sensoriais e aceitação próximas ou superiores aos produtos não tratado. Jalilzadeh et al. (38) observaram uma melhor aceitação das amostras de queijo tipo feta tratadas por UAI. Segundo os autores, a melhora significativa ($p<0,05$) da cor, aparência, aroma e sabor, devido à lipólise e a proteólise aceleradas, favoreceram as características sensoriais do produto. Kadi et al. (54) observaram resultado similar em queijo macio de salmoura. A aplicação do UAI promoveu uma taxa maior de decomposição da gordura e proteína, o que favoreceu a maturação e melhores classificações de sabor e aroma. A amostra tratada pelo maior tempo foi a que recebeu as notas mais altas de aceitação.

Monteiro et al. (48) observaram em uma bebida láctea achocolatada que o calor degrada a maioria dos compostos voláteis, enquanto o UAI permite uma melhor preservação desses compostos. Além disso, os autores constataram que as altas densidades energéticas aplicadas permitiram uma melhor preservação dos ácidos graxos de cadeia curta e média em comparação ao tratamento convencional.

Guimarães et al. (28) observaram que a aplicação do UAI (400 W), em uma bebida prebiótica de soro de leite e graviola, promoveu menor produção de compostos voláteis e teor de ácidos graxos de cadeia curta, no entanto, as potências 200 e 600 W não diferiram ($p>0,05$) do tratamento convencional.

Uma melhora nas propriedades tecnológicas de uma bebida de morango probiótica foi observada por Mizuta et al. (49). Os autores constataram que a aplicação do UAI reduziu o tempo de fermentação, melhorou firmeza, consistência e acidez, além de aumentar a estabilidade dos ácidos orgânicos durante o armazenamento. Yuan et al. (55) obtiveram resultado semelhante em iogurte. O pré-tratamento do leite por UAI reduziu o tempo de fermentação e melhorou a capacidade de retenção de água, firmeza e sabor. Além disso, os autores observaram um aumento significativo, de 19 a 38% ($p<0,05$), na degradação de pesticidas durante a fermentação, em função da intensidade do tratamento, com uma taxa de degradação de pelo menos 3,4 vezes maior em comparação às amostras não tratadas.

Entretanto, autores relatam que altas densidades energéticas aplicadas durante o tratamento ultrassônico podem afetar sensivelmente as características sensoriais dos alimentos (56). Marchesini et al. (57) observaram que a aplicação de 400W por 100 s, ou tempo superior, promove a deterioração sensorial do leite devido à formação de sabores

indesejáveis. Marchesini et al. (58) avaliaram sensorialmente queijos e observaram que os produtos submetidos as maiores amplitudes desenvolveram sabor queimado e de borracha e sabor queimado (70% e 100% por 200 s, respectivamente). Foram relatados sabor de plástico e de fervido para o tempo de 100 s, e sabor metálico para os tempos mais longos.

Segurança Microbiológica

A garantia da segurança é fundamental para o desenvolvimento e adoção das tecnologias. Por esse motivo, são diversos os estudos que buscam compreender a capacidade de inativação microbiana do AO e UAI.

O menor tempo de aquecimento com um efeito de inativação comparável ou superior ao tratamento convencional tem demonstrado que o AO pode ser utilizado com segurança em produtos lácteos. Shao et al. (59) avaliaram a inativação de *Staphylococcus aureus* em leite tratado por AO (10 V/cm) e observaram que foi necessário um menor tempo de aquecimento para a inativação da bactéria comparado com a pasteurização convencional. Isso também foi observado por Pires et al. (60) em fórmulas infantis. Os autores concluíram que o AO é uma alternativa mais eficiente para a inativação de *Salmonella sp.*, apresentando menores tempos de processamento e maiores efeitos de inativação.

Rocha et al. (33) observaram que a inativação de bactérias lácticas, bolores e leveduras, mesófilos totais e psicotrópicos de leite sabor baunilha enriquecido com proteína foi mais significativa por AO do que pela pasteurização convencional, com pouca influência da variação do campo elétrico. Resultado semelhante foi observado por Balthazar et al. (34) em leite de ovelha em relação à inativação do mesmo grupo de microrganismos. Além disso, os autores concluíram que o tratamento com 8,33 V/cm permite o armazenamento do leite por 2 semanas sob condições de refrigeração antes da fabricação de produtos lácteos.

Kim e Kang (61) avaliaram a inativação de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* Sorovar Typhimurium e *Listeria monocytogenes* em leite desnatado e creme de leite tratados por AO. Os autores observaram que, independentemente do patógeno, o AO obteve maior redução do que o tratamento convencional para os mesmos intervalos de tempo, e concluíram que fatores relacionados a composição do alimento, principalmente a gordura, interferiram na letalidade.

Os estudos ainda relatam que os efeitos não térmicos das tecnologias parecem ser determinantes para a segurança dos processos. Rodrigues et al. (62) observaram, em uma fórmula infantil, que em todas as temperaturas avaliadas os efeitos não térmicos da eletricidade influenciaram a inativação de *Staphylococcus aureus*. Entretanto, apenas a 57,5 °C foi possível notar os efeitos não térmicos na inativação da *Escherichia coli*. Os autores concluíram que a maior eficiência do AO sobre o convencional na inativação microbiana pode ter sido causada pelos efeitos térmicos associados a eletroporação.

Contudo, além do tradicional efeito de eletroporação, durante a aplicação do AO são formados compostos tóxicos como oxigênio livre e radicais peróxido de hidrogênio, e peptídeos com ação antimicrobiana que podem auxiliar na inativação de patógenos (63). Pereira et al. (63) avaliaram a cinética de sobrevivência de *Listeria monocytogenes* como contaminante pós-fermentação em leite probiótico tratado previamente a fermentação por

AO e observaram menor viabilidade e sobrevivência de *Listeria monocytogenes* no trato gastrointestinal após armazenamento refrigerado, não sendo observadas células viáveis após o período de 28 dias. O tratamento convencional reduziu apenas 1 ciclo log da bactéria e alterações mínimas foram observadas na sua sobrevivência no trato gastrointestinal.

O UAI é uma tecnologia sustentável que desperta interesse como alternativa à preservação térmica de produtos lácteos. O fenômeno físico da cavitação acústica é responsável pelo efeito de letalidade dessa tecnologia, ocorrendo a formação instantânea e colapso das microbolhas. Esse fenômeno causa cisalhamento na microestrutura do produto, resultando na ruptura de paredes celulares e membranas, levando à morte celular (48). A utilização do UAI como uma tecnologia verde oferece uma abordagem promissora para o controle microbiano em produtos lácteos (56), e diversos autores têm relatado sua eficiência.

Balthazar et al. (37) estudaram o efeito do UAI na qualidade microbiológica do leite de ovelha e observaram que a inativação das bactérias contaminantes foi comparável ao tratamento convencional, com a vantagem de utilizar baixa temperatura e manter uma quantidade aceitável de bactérias lácticas. Apenas a amostra tratada a 78W/6 min foi descartada pela não eficácia do tratamento. Monteiro et al. (48) observaram resultado semelhante na inativação dos mesófilos de uma bebida láctea achocolatada e contataram que o UAI é rápido, eficiente e confiável para melhorar e/ou manter a qualidade das bebidas.

Scudino et al. (64) observaram, além da inativação microbiana, a inativação da fosfatase alcalina e a lactoperoxidase do leite cru tratado por UAI, e concluíram que a estabilização do leite cru usando a tecnologia UAI pode obter padrões microbianos e enzimáticos semelhantes aos do tratamento térmico convencional, mas com temperaturas mais baixas, evitando, assim, alterações indesejadas induzidas pelo calor.

Guimarães et al. (56) realizaram estudo em uma bebida de soro de leite prebiótica e observaram que o aumento da potência do UAI (200, 400 e 600 W) resultou em maior inativação de bactérias aeróbias. Entretanto, apenas a potência de 600W/3 min inativou bactérias aeróbias, leveduras e bolores mesófilos de forma equivalente à pasteurização convencional (72 °C por 15 s). Os efeitos de letalidade foram atribuídos à cavitação acústica, enquanto os efeitos térmicos da temperatura de saída não foram considerados significativos. O grande número de ingredientes, especialmente a presença de inulina e soro de leite, dificultaram a transferência eficiente de energia produzida pela cavitação acústica, o que exigiu altas densidades de energia para alcançar uma inativação microbiana comparável à pasteurização ou a outros estudos com UAI (56).

A inativação de microrganismos patogênicos e não patogênicos também é demonstrada por estudos recentes. Jalilzadeh et al. (38) observaram redução significativa ($p < 0,05$) nas contagens de *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Penicillium chrysogenum* e *Clostridium sporogenes* em queijo tipo feta. A maior taxa de inativação de *Escherichia coli* O157:H7 e *Staphylococcus aureus* foi observada com a maior frequência (60 kHz), não sendo observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as frequências utilizadas para a inativação de *Penicillium chrysogenum* ou *Clostridium sporogenes*.

Resultados semelhantes foram observados. Dhahir et al. (65) constataram que o UAI pôde inativar completamente a *Escherichia coli* O157:H7 e reduzir 4,4 log de *Salmonella Typhimurium* do leite de camela cru após 15 minutos de tratamento em relação ao controle. Por sua vez, Tavsanli et al. (66) observaram que a maior amplitude do UAI não diferiu

($p > 0,01$) do tratamento convencional (63 °C/30 min) e foi suficiente para inativar, além da *Brucella melitensis*, os demais microrganismos patogênicos (*Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*) do leite de cabra cru.

Embora as altas densidades energéticas aplicadas durante o tratamento com UAI conseguirem inativar mais microrganismos, estas podem causar alterações sensoriais importantes. Autores aconselham o uso associado do ultrassom com tecnologias térmicas, ou outras não-térmicas, para melhorar a letalidade e preservar as características sensoriais dos alimentos (57, 58, 67).

Os parâmetros utilizados na aplicação das tecnologias não convencionais AO e UAI em produtos lácteos abordadas nos estudos estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros utilizados na aplicação das tecnologias não convencionais Aquecimento Ôhmico e Ultrassom de Alta Intensidade em produtos lácteos.

Produto lácteo	Parâmetros	Referências
Aquecimento Ôhmico		
Leite sabor baunilha rico em proteína	5,22, 6,96, 8,70, 10,43 V/cm; 72 °C/15 s	(33)
Leite de ovelha	3,33; 5,83; 8,33 V/cm; 73 °C/15 s	(34)
Sobremesas lácteas sabor mirtilo	1,82, 3,64, 5,45, 7,30, 9,10 V/cm; 90 °C/3 min	(35)
Bebida de soro de leite sabor framboesa	10, 100, 1000 Hz/25 V; 45, 60, 80 V/60 Hz; 65 °C/30 min	(43)
Queijo minas frescal	4, 8, 12 V/cm; 72–75 °C/15 s	(47)
Leite fermentado probiótico	4, 6, 8 V/cm; 90–95 °C/5 min	(51)
Bebida de soro de leite sabor acerola	500, 1000, 1500, 2000 Hz/30 V; 6, 9, 12, 15 V/cm/60 Hz; 72–75 °C/15 s	(52)
Doce de leite	6 V/cm; 20, 40, 60, 80, 100 V/60 Hz; 72-75 °C/15 s	(53)
Leite	10 V/cm; 72 °C/1 min	(59)
Fórmula infantil	50 °C/45 min, 55 °C/24 min, 60 °C/4 min	(60)
Leite desnatado e creme de leite	9,6 V/cm; 55, 60, 65, 70 °C/1 min	(61)
Fórmula infantil	30 V; 57,5, 60,0, 62,5, 65,0 °C;	(62)
Leite	0, 4, 6, 8 V/cm; 90–95 °C/5 min	(63)
Ultrassom de Alta Intensidade		
Bebida de soro de leite sabor graviola	19 kHz; 0, 200, 400 e 600 W/3 min	(28)
Leite de ovelha semidesnatado	20 kHz; 78 W/6 e 8 min; 104 W/4 e 6 min	(37)
Queijo tipo feta	20, 40 e 60 kHz/20 min	(38)
Bebida láctea achocolatada	19 kHz; 0,3, 0,9, 1,8, 2,4 e 3,0 kJ/cm ³	(48)
Bebida probiótica sabor morango	750 W (40%); 0, 2,5, 5, 7,5 e 10 min	(49)
Leite de cabra	30 kHz; 100 W (0, 30, 60 e 90%)/15 min	(50)
Queijo macio de salmoura	22 kHz; 630 W (60%); 0, 1 e 3 min	(54)
Iogurte	0,25, 0,50, 0,75, 1,0 e 1,25 W/cm ² ; 10, 20, 30, 40 e 60 min; pulso 10, 20, 30, 40 e 60 s	(55)
Bebida de soro de leite sabor graviola	19 kHz; 0, 200, 400 e 600 W/3 min	(56)
Leite cru	400 W (70 e 100%); 50, 100, 200 e 300 s	(57)
Queijo	24 kHz; 400 W (70 e 100%); 50, 100, 200 e 300 s	(58)
Leite cru	19 kHz; 100 e 475W; 1, 3, 5 e 7 kJ/mL	(64)
Leite de camela cru	20 kHz; 900 W (100%)/15 min	(65)
Leite de cabra cru	20 kHz; 100%, 50% e 10% (com/sem pulsação)	(66)

CONCLUSÕES

Vantagens são oferecidas com a aplicação do AO e do UAI em relação ao tratamento convencional de produtos lácteos. O AO é uma técnica térmica altamente eficiente em

termos energéticos que permite um aquecimento rápido e uniforme. Por outro lado, o UAI é uma abordagem não térmica, simples, sustentável e econômica.

Estudos recentes mostram que essas tecnologias podem preservar os nutrientes e a qualidade sensorial dos alimentos, resultando em produtos com aparência, sabor e textura semelhantes aos não tratados. Além disso, podem melhorar a digestibilidade e reduzir o potencial alergênico das proteínas. Também foram observados benefícios relacionados ao aumento da capacidade antioxidante e do teor de compostos bioativos.

Adicionalmente, as tecnologias mostraram-se eficazes na garantia da segurança microbiológica dos produtos, por meio da inativação de microrganismos deteriorantes e patogênicos. Entretanto, a associação de tecnologias térmicas e não térmicas pode melhorar o efeito antimicrobiano do UAI e reduzir a necessidade da aplicação de densidades energéticas elevadas, minimizando alterações sensoriais indesejadas.

No entanto, é importante ressaltar que tanto o AO quanto o UAI ainda são técnicas em fase de desenvolvimento e pesquisa, e sua aplicação comercial pode variar conforme as regulamentações de cada país. Embora promissoras e com diversos benefícios em relação à qualidade e funcionalidade dos alimentos, estudos adicionais quanto aos parâmetros do processo são necessários. Para resultados satisfatórios, é necessário otimizar a tensão, frequência, tempo e temperatura do AO, bem como a potência, tempo e frequência das ondas ultrassônicas, considerando as características do produto e o resultado desejado.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ pela bolsa de pós-doutorado (PDR-10; E-26/205.920/2022) e pela bolsa de bancada para projetos (E-26/205.921/2022).

REFERÊNCIAS

1. Režek Jambrak A, Donsi F, Paniwnyk L, Djekic I. Impact of Novel Nonthermal Processing on Food Quality: Sustainability, Modelling, and Negative Aspects. *Journal of Food Quality*. 2019;2019:2171375.
2. Martins CPC, Cavalcanti RN, Rocha RS, Esmerino EA, Freitas MQ, Pimentel TC, et al. Microwave heating impacts positively on the physical properties of orange juice-milk beverage. *International Journal of Dairy Technology*. 2021;n/a(n/a).
3. Hernández-Hernández HM, Moreno-Vilet L, Villanueva-Rodríguez SJ. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2019;58:102233.
4. Misra NN, Koubaa M, Roohinejad S, Juliano P, Alpas H, Inácio RS, et al. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*. 2017;97:318-39.
5. Sun DW. *Emerging technologies for food processing*: Elsevier; 2014.
6. Ribeiro NG, Xavier-Santos D, Campelo PH, Guimarães JT, Pimentel TC, Duarte MCKH, et al. Dairy foods and novel thermal and non-thermal processing: A bibliometric analysis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022;76:102934.
7. Sakr M, Liu S. A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014;39:262-9.

8. Samaranayake CP, Sastry SK, Zhang H. Pulsed Ohmic Heating—A Novel Technique for Minimization of Electrochemical Reactions During Processing. *Journal of Food Science*. 2005;70(8):e460-e5.
9. Varghese KS, Pandey MC, Radhakrishna K, Bawa AS. Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(10):2304-17.
10. Chavan P, Sharma P, Sharma SR, Mittal TC, Jaiswal AK. Application of High-Intensity Ultrasound to Improve Food Processing Efficiency: A Review. 2022;11(1):122.
11. Ensminger D, Bond LJ. *Ultrasonics: fundamentals, technologies, and applications*: CRC press; 2011.
12. Firouz MS, Farahmandi A, Hosseinpour S. Recent advances in ultrasound application as a novel technique in analysis, processing and quality control of fruits, juices and dairy products industries: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2019;57:73-88.
13. Leong T, Ashokkumar M, Sandra K. The fundamentals of power ultrasound - A review. *Acoustics Australia*. 2011;39(2):54-63.
14. Verruck S, Prudencio ESJPGAE. *Ultrassom na indústria de alimentos: Aplicações no processamento e conservação*. 2018.
15. Ferreira S, Machado L, Pereira RN, Vicente AA, Rodrigues RM. Unraveling the nature of ohmic heating effects in structural aspects of whey proteins – The impact of electrical and electrochemical effects. *Innovative Food Science. & Emerging Technologies*. 2021;74:102831.
16. Cappato LP, Ferreira MVS, Moraes J, Pires RPS, Rocha RS, Silva R, et al. Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating: Bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Chemistry*. 2018;263:81-8.
17. Sharifi A, Hamidi-Esfahani Z, Ahmadi Gavlighi H, Saberian H. Assisted ohmic heating extraction of pectin from pomegranate peel. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*. 2022;172:108760.
18. Cappato LP, Ferreira MVS, Pires RPS, Cavalcanti RN, Bisaggio RC, Freitas MQ, et al. Whey acerola-flavoured drink submitted ohmic heating processing: Is there an optimal combination of the operational parameters? *Food Chemistry*. 2018;245:22-8.
19. Cappato LP, Ferreira MVS, Guimaraes JT, Portela JB, Costa ALR, Freitas MQ, et al. Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*. 2017;62:104-12.
20. Ruan R, Ye X, Chen P, Doona CJ, Taub I. 13 - Ohmic heating. In: Richardson P, editor. *Thermal Technologies in Food Processing*: Woodhead Publishing; 2001. p. 241-65.
21. USA-FDA. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies: Ohmic and inductive heating. *Food and Drug Administration*. 2000.
22. Cheeke JDN. *Fundamentals and applications of ultrasonic waves*: CRC press; 2017.
23. Cheng X, Zhang M, Xu B, Adhikari B, Sun J. The principles of ultrasound and its application in freezing related processes of food materials: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2015;27:576-85.
24. Pingret D, Fabiano-Tixier A-S, Chemat F. Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. *Food Control*. 2013;31(2):593-606.
25. Awad TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D, Youssef MM. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*. 2012;48(2):410-27.
26. Chemat F, Zill e H, Khan MK. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2011;18(4):813-35.

27. Mohammadi V, Ghasemi-Varnamkhasti M, González LA. Analytical measurements of ultrasound propagation in dairy products: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2017;61:38-48.
28. Guimarães JT, Silva EK, Ranadheera CS, Moraes J, Raices RSL, Silva MC, et al. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic sourdough whey beverage. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2019;55:157-64.
29. Kentish S, Feng HJArofs, technology. Applications of power ultrasound in food processing. 2014;5:263-84.
30. Guimarães JT, Scudino H, Ramos GLPA, Oliveira GAR, Margalho LP, Costa LEO, et al. Current applications of high-intensity ultrasound with microbial inactivation or stimulation purposes in dairy products. *Current Opinion in Food Science*. 2021;42:140-7.
31. Huang G, Chen S, Dai C, Sun L, Sun W, Tang Y, et al. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017;37:144-9.
32. Starek A, Kobus Z, Sagan A, Chudzik B, Pawłat J, Kwiatkowski M, et al. Influence of ultrasound on selected microorganisms, chemical and structural changes in fresh tomato juice. *Scientific Reports*. 2021;11(1):3488.
33. Rocha RS, Silva R, Ramos GLP, Cabral LA, Pimentel TC, Campelo PH, et al. Ohmic heating treatment in high-protein vanilla flavored milk: Quality, processing factors, and biological activity. *Food Research International*. 2022;161:111827.
34. Balthazar CF, Cabral L, Guimarães JT, Noronha MF, Cappato LP, Cruz AG, et al. Conventional and ohmic heating pasteurization of fresh and thawed sheep milk: Energy consumption and assessment of bacterial microbiota during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022;76:102947.
35. Kuriya SP, Silva R, Rocha RS, Guimarães JT, Balthazar CF, Pires RPS, et al. Impact assessment of different electric fields on the quality parameters of blueberry flavored dairy desserts processed by Ohmic Heating. *Food Research International*. 2020;134:109235.
36. Kawee-Ai A, Chaisuwan W, Manassa A, Seesuriyachan P. Effects of ultra-high pressure on effective synthesis of fructooligosaccharides and fructotransferase activity using Pectinex Ultra SP-L and inulinase from *Aspergillus niger*. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2019;49(7):649-58.
37. Balthazar CF, Santillo A, Guimarães JT, Bevilacqua A, Corbo MR, Caroprese M, et al. Ultrasound processing of fresh and frozen semi-skimmed sheep milk and its effects on microbiological and physical-chemical quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2019;51:241-8.
38. Jalilzadeh A, Hesari J, Peighambaroust SH, Javidipour I. The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(7):5809-20.
39. Rodrigues RM, Pereira RN, Vicente AA, Cavaco-Paulo A, Ribeiro A. Ohmic heating as a new tool for protein scaffold engineering. *Materials Science and Engineering: C*. 2021;120:111784.
40. Moreira TCP, Pereira RN, Vicente AA, da Cunha RL. Effect of Ohmic heating on functionality of sodium caseinate – A relationship with protein gelation. *Food Research International*. 2019;116:628-36.
41. Bhat ZF, Morton JD, Din A, Bekhit A, Kumar S, Bhat HF. Processing technologies for improved digestibility of milk proteins. *Trends in Food Sc. & Technology*. 2021;118:1-16.
42. Alizadeh O, Aliakbarlu J. Effects of ultrasound and ohmic heating pretreatments on hydrolysis, antioxidant and antibacterial activities of whey protein concentrate and its fractions. *LWT*. 2020;131:109913.
43. Ferreira MVS, Cappato LP, Silva R, Rocha RS, Guimarães JT, Balthazar CF, et al. Ohmic heating for processing of whey-raspberry flavored beverage. *Food Chemistry*. 2019;297:125018.

44. Costa NR, Cappato LP, Ferreira MVS, Pires RPS, Moraes J, Esmerino EA, et al. Ohmic Heating: A potential technology for sweet whey processing. *Food Research International*. 2018;106:771-9.
45. Rivera SL, Martin J, Landry J. Acute and Chronic Hypertension: What Clinicians Need to Know for Diagnosis and Management. *Critical Care Nursing Clinics of North America*. 2019;31(1):97-108.
46. Zeng Z, Luo J, Zuo F, Zhang Y, Ma H, Chen S. Screening for potential novel probiotic *Lactobacillus* strains based on high dipeptidyl peptidase IV and α -glucosidase inhibitory activity. *Journal of Functional Foods*. 2016;20:486-95.
47. Rocha RS, Silva R, Guimarães JT, Balthazar CF, Pimentel TC, Neto RPC, et al. Possibilities for using ohmic heating in Minas Frescal cheese production. *Food Research International*. 2020;131:109027.
48. Monteiro SHMC, Silva EK, Alvarenga VO, Moraes J, Freitas MQ, Silva MC, et al. Effects of ultrasound energy density on the non-thermal pasteurization of chocolate milk beverage. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2018;42:1-10.
49. Mizuta AG, de Menezes JL, da Silva LA, Marcolino VA, Barão CE, Pimentel TC, et al. High-intensity ultrasound reduces fermentation time and improves textural properties, antioxidant activity and probiotic survival in fermented probiotic strawberry drink. *International Journal of Food Science & Technology*. 2023;58(1):194-204.
50. Hashemi SMB, Gholamhosseinpour A. Effect of ultrasonication treatment and fermentation by probiotic *Lactobacillus plantarum* strains on goat milk bioactivities. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020;55(6):2642-9.
51. Silva AB, Scudini H, Ramos GLPA, Pires RPS, Guimarães JT, Balthazar CF, et al. Ohmic heating processing of milk for probiotic fermented milk production: Survival kinetics of *Listeria monocytogenes* as contaminant post-fermentation, bioactive compounds retention and sensory acceptance. *International Journal of Food Microbiology*. 2021;348:109204.
52. Coimbra LO, Vidal VAS, Silva R, Rocha RS, Guimarães JT, Balthazar CF, et al. Are ohmic heating-treated whey dairy beverages an innovation? Insights of the Q methodology. *LWT*. 2020;134:110052.
53. Silva R, Rocha RS, Guimarães JT, Balthazar CF, Pimentel TC, Neto RPC, et al. Advantages of using ohmic heating in Dulce de Leche manufacturing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020;65:102475.
54. Kadi A, Bagale U, Potoroko I. The effect of ultrasonic processing on physical and chemical properties of milk-based soft, brine cheese. *Indonesian Journal Biotechnology*. 2022;24(4):219-26.
55. Yuan S, Yang F, Yu H, Xie Y, Guo Y, Yao W. Ultrasonic stimulation of milk fermentation: effects on degradation of pesticides and physicochemical, antioxidant, and flavor properties of yogurt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022;102(14):6612-22.
56. Guimarães JT, Silva EK, Alvarenga VO, Costa ALR, Cunha RL, Sant'Ana AS, et al. Physicochemical changes and microbial inactivation after high-intensity ultrasound processing of prebiotic whey beverage applying different ultrasonic power levels. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2018;44:251-60.
57. Marchesini G, Fasolato L, Novelli E, Balzan S, Contiero B, Montemurro F, et al. Ultrasonic inactivation of microorganisms: A compromise between lethal capacity and sensory quality of milk. *Innovative Food Sc. & Emerging Technologies*. 2015;29:215-21.
58. Marchesini G, Balzan S, Montemurro F, Fasolato L, Andrighetto I, Segato S, et al. Effect of ultrasound alone or ultrasound coupled with CO₂ on the chemical composition, cheese-making properties and sensory traits of raw milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012;16:391-7.

59. Shao L, Liu Y, Tian X, Yu Q, Wang H, Li X, et al. Inactivation and recovery of *Staphylococcus aureus* in milk, apple juice and broth treated with ohmic heating. *LWT*. 2021;139:110545.
60. Pires RPS, Guimarães JT, Barros CP, Balthazar CF, Chinha AIA, Freitas MQ, et al. Ohmic heating increases inactivation and morphological changes of *Salmonella* sp. and the formation of bioactive compounds in infant formula. *Food Microbiology*. 2021;97:103737.
61. Kim S-S, Kang D-H. Comparative Effects of Ohmic and Conventional Heating for Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in Skim Milk and Cream. *Journal of Food Protection*. 2015;78(6):1208-14.
62. Rodrigues RQ, Dalmás M, Chemello Muller D, Dambróz Escobar D, Campani Pizzato A, Mercali GD, et al. Evaluation of nonthermal effects of electricity on inactivation kinetics of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* during ohmic heating of infant formula. *J Food Saf*. 2018;38(1):e12372.
63. Pereira MO, Guimarães JT, Ramos GLPA, do Prado-Silva L, Nascimento JS, Sant'Ana AS, et al. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* in whey dairy beverage processed with ohmic heating. *LWT*. 2020;127:109420.
64. Scudino H, Silva EK, Gomes A, Guimarães JT, Cunha RL, Sant'Ana AS, et al. Ultrasound stabilization of raw milk: Microbial and enzymatic inactivation, physicochemical properties and kinetic stability. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020;67:105185.
65. Dhahir N, Feugang J, Witrick K, Park S, AbuGhazaleh A. Impact of ultrasound processing on some milk-borne microorganisms and the components of camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2020;32(4):245-54.
66. Tavsanlı H, Aydın M, Ede ZA, Cibik R. Influence of ultrasound application on the microbiota of raw goat milk and some food pathogens including *Brucella melitensis*. *Food Science and Technology International*. 2021;28(7):634-40.
67. Bernardo YAA, do Rosario DKA, Mutz YS, Castro VS, Conte-Junior CA. Optimizing *Escherichia coli* O157:H7 inactivation in goat's milk by thermosonication. 2023;46(6):e14188.



Capítulo 19

DOI: 10.53934/08082023-19

EFEITO DO REVESTIMENTO DE GOMA GUAR ENRIQUECIDO COM NANOESTRUTURA DE ZNO NA PRESERVAÇÃO DO ABACATE

Nayara Rodrigues Santos e Souza ¹; Ana Luiza Schuenck Alberice Monteiro ¹;
Igor José Boggione Santos ^{1*}

¹ - Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos (DQBIO),
Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Campus Alto Paraobepa (CAP),
MG443, km 7, 36420-000, MG, Brasil

*Prof. Dr. Igor José Boggione Santos – igorboggione@ufs.edu.br

Resumo: O abacate é uma fruta de grande valor econômico, tendo um crescimento de 47% na produção mundial entre 2016 e 2021. Porém, por conta da sua alta perecibilidade, ocorre perdas desta fruta. Neste contexto, se faz necessário uma intervenção tecnológica para contornar esses problemas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi aplicar um revestimento de goma guar incorporado com nanoestruturas de ZnO para aumentar a vida útil dos abacates. Foi realizado experimentos para analisar a coloração, utilizando os índices L* (variação de luminosidade), C* (variação da saturação) e h* (ângulo hue), a perda de massa e a firmeza dos abacates durante 13 dias à 25 °C. Os abacates do controle, sem revestimento, apresentaram uma maior mudança de coloração, enquanto os revestidos apresentaram uma menor mudança, tendo respectivamente queda de 19,75%, 17,17% (goma) e 11,61% (nanoZnO) para L*, aumento de 31,8%, 16,13% e 11,61% até o 10º dia e queda de 28,95%, 33,01% e 22,04% no dia 13 para C* e queda de 12,02%, 10,72% e 10,84% até o 10º dia e aumento de 152,65%, 99,51% e 46,30% no 13º dia para h*. Para a perda de massa, houve uma diminuição de 13,44% (controle), 9,42% (goma guar) e 9,74% (nanoZnO). Para a firmeza, teve uma diminuição de 89,02% (controle), 82,93% (goma guar) e 88,37% (nanoZnO). Os revestimentos de goma guar e com a nanoestrutura de ZnO tiveram resultados positivos para a preservação do fruto pós-colheita, retardando o processo de amadurecimento.

Palavras-chave: embalagem; frutos pós-colheita; nanoestruturas; revestimento

Abstract: Avocado is a fruit of great economic value, having a 47% growth in world production between 2016 and 2021. Although, because of its high perishability, there is a loss of this fruit. In this context, it's important to make a technology intervention to overcome these problems. Thus, the objective of this work was to apply a guar gum coating with ZnO nanostructures to increase the shelf life of avocados. Experiments were made to analyze the color, using the indices L* (variation of luminosity), C* (variation of saturation)

and h^* (hue angle), mass loss and firmness of avocados during 13days at 25 °C. The control avocados showed a greater color change, while the coated ones showed a smaller change, having respectively a decrease of 19,75%, 17,17% (guar gum) e 11,61% (nanoZnO) for L^* , increase of 31,8%, 16,13% e 11,61% until the 10th day and decrease of 28,95%, 33,01% e 22,04% on the 13th day for C^* and decrease of 12,02%, 10,72% e 10,84% until the 10th day and increase of 152,65%, 99,51% e 46,30% on the 13th day for h^* . For the mass loss, there was a decrease of 13,44% (control), 9,42% (guar gum) and 9,74% (nanoZnO). For firmness, there was a decrease of 89,02% (control), 82,93 % (guar gum) and 88,37% (nanoZnO). The coatings with guar gum and with the ZnO nanostructure has positive results for the preservation of the postharvest fruit, delaying the ripening process.

Keywords: avocado; postharvest fruits; nanostructures; coating

INTRODUÇÃO

O abacate possui consideráveis qualidades nutricionais, como lipídios, vitaminas e fibras. É um fruto originário do México e da América Central. Nos dias de hoje, se encontra praticamente em todas as zonas tropicais e subtropicais (1). Entre 2016 e 2021, houve um crescimento de 47% na produção mundial de abacate, passando de seis milhões para nove milhões, se tornando segunda produção que mais se avançou no setor das frutas (2), o que confirma a sua relevância econômica. Os maiores exportadores mundiais se encontram, no México, Espanha, Estados Unidos, Peru, Chile, Colômbia e África do Sul. Por ser uma fruta perecível, apresentar um rápido amadurecimento após a colheita, sendo de no máximo 10 dias para alcançar o seu total amadurecimento (3), impacta diretamente na comercialização e exportação de abacates.

Além disso, o abacateiro é afetado por diversas doenças, que podem ser de origem fúngica, bacteriana, virótica ou causada por nematoides. Essas doenças resultam em perdas significativas na produtividade e na qualidade de frutos (4).

Já existem algumas maneiras de aumentar a vida útil das frutas, como refrigeração (5) e revestimentos comestíveis, como a goma guar, que são usados com a finalidade de reduzir a difusão da umidade, pois atuam como uma barreira semipermeável (6). A goma guar é a fonte mais barata dentre as galactomananas, altamente solúvel em água e é capaz de formar filmes. No entanto, os seus filmes possuem baixa propriedade mecânica (7). Além de que, esses revestimentos não possuem uma atividade antimicrobiana, impedindo a ação de agentes fitopatogênicos.

Uma das técnicas de conservação desses frutos é a aplicação de um revestimento nanotecnológico que promova a formação de uma embalagem biodegradável com benefícios fisiológicos, farmacológicos e nutricionais proporcionando mudanças nas propriedades físico-químicas da superfície da fruta (8). Estudos mostram a aplicação de diversas nanoestruturas em embalagens para frutos pós-colheita, tendo propriedades antimicrobianas e outros benefícios que auxiliam na preservação dos frutos (9). Uma das nanoestruturas potenciais para ser incorporada no revestimento de goma guar e que apresenta propriedades antimicrobianas é a nanoestrutura de ZnO (10,11).

O Óxido de zinco é utilizado na indústria alimentícia como fonte de zinco, um micronutriente importante para os seres humanos e para os animais. Recentemente, nanoestruturas de ZnO têm sido amplamente estudadas in vitro como agentes antimicrobianos incorporadas em diferentes matrizes poliméricas (12–14), com o objetivo de produzir alimentos mais seguros e com vantagens econômicas e ambientais (7).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos dos revestimentos de goma guar pura e a goma guar com a incorporação da nanoestrutura de óxido de zinco na preservação e aumento do tempo de vida útil de abacates no pós colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais: Os reagentes utilizados para a síntese da nanoestrutura de óxido de zinco, tais como: cloreto de zinco, cloreto de sódio e carbonato de sódio, foram adquiridos da Aldrich-Sigma (USA). Nos experimentos foram aplicados água destilada e reagentes químicos de graus analíticos e utilizados sem purificação adicional. A goma guar foi adquirida na Casa dos Químicos.

Nanopartícula de óxido de zinco: A nanoestrutura de óxido de zinco foi obtida de acordo com Costa et al. (2023) com modificações.

Para a obtenção da nanoestrutura de ZnO, misturou-se $ZnCl_2$, NaCl e Na_2CO_3 na proporção 1:5,5:1 e submeteu esta mistura a um tratamento térmico a 400 °C em um forno mufla por 30 min em cadinhos de porcelana. Em seguida, a amostra foi diluída em água destilada e filtrada em um filtro a vácuo, para então, ser levada a estufa a 50°C por 24h para a secagem. Posteriormente, a amostra foi macerada e o pó foi armazenado a temperatura ambiente (5).

Preparo dos revestimentos: O revestimento de goma guar com incorporação da nanoestrutura de ZnO foi preparado em um becker de vidro na concentração de 0,3% (m/v). A solução de goma guar a 1,5% (m/v) foi preparado a 25 °C sob agitação a 2500 rpm (Agitador mecânico Fisatom) por 2 h. Posteriormente, a emulsão foi aplicada utilizando a técnica de imersão dos frutos.

Preparo dos frutos: Os frutos foram sanitizados com uma solução de hipoclorito de sódio 2% (v/v) por 15 min, e em seguida, foram lavados em água corrente. Posteriormente, foram selecionados 48 abacates, observando alguns critérios, como a cor da casca, o tamanho padrão e se apresentava sinais de doença ou presença de patógenos. Em seguida, as frutas foram divididas em 4 grupos de 12 abacates, onde estão subdivididos em 3 grupos, sendo eles o controle, a goma guar 1,5% (m/v) e a goma guar com a nanoestrutura de óxido de zinco 0,3% (m/v), e então foi aplicado os revestimentos, a fim de acompanhar a maturação do fruto ao longo dos dias. Os abacates foram expostos sobre a bancada do laboratório a temperatura ambiente. As análises foram realizadas após 7, 10 e 13 dias, sendo um intervalo de tempo entre o estágio de amadurecimento.

Análise da coloração: Os abacates expostos na bancada foram fotografados em cada dia de análise (0, 7, 10, 13 dias), no mesmo horário para que a iluminação do ambiente seja sempre a mesma e não influencie no resultado.

A análise da coloração seguiu o protocolo descrito pela Associação dos Químicos Analíticos Oficiais (AOAC), número 935.14 e 992.24 (16), utilizando o Photoshop como editor de fotos para realizar a análise qualitativa dos índices L^* , a^* e b^* . Todas as fotos foram analisadas em 5 pontos distintos, a fim de se ter uma média dos valores encontrados. Os índices L^* (variação de luminosidade), C^* (croma) e h^* (ângulo hue) foram determinados com base nas equações (1) e (2) abaixo:

$$h = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (1)$$

$$C = ((a)^2 + (b)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Onde, L^* é a variação de luminosidade, a^* é a variação do verde ao vermelho, b^* é a variação do vermelho ao azul, h^* é o ângulo de matriz e C^* é o croma, que define a intensidade da cor (saturação).

Perda de Massa: Os frutos foram pesados em uma balança inicialmente no dia 0 e depois foram pesados novamente em cada dia de análise, a fim de calcular a diferença entre a massa inicial e a massa referente a cada dia de armazenamento dos abacates, obtendo a perda de massa de cada fruto. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa.

Teste de firmeza: A firmeza dos frutos foi determinada utilizando um dinamômetro digital (Dinamômetro digital DD-2000, Instrutherm), ponteira com 8 mm de diâmetro e ponta plana, realizando 7 leituras por fruto inteiro e com a casca em diferentes lados de cada fruto, analisando a força necessária para romper a casca do abacate. Os resultados foram expressos em Newton (N).






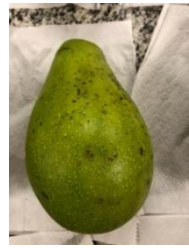






RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coloração do fruto

A aparência dos produtos é a primeira impressão que os consumidores avaliam para concluir se é um produto de boa qualidade (17). Dessa forma, a coloração é de extrema importância pois indica a qualidade do fruto e, podem determinar o seu valor, sendo um interessante substituto dos métodos destrutivos (18), sendo uma medição objetiva de alta replicabilidade entre os pesquisadores e consumidores.

Os testes da coloração do fruto foram realizados através das fotos apresentadas na Tabela 1, onde é possível observar as fases de maturação do abacate.

Tabela 1 – Imagens dos abacates com diferentes revestimentos e estágios de amadurecimento.

Dias	Controle	Goma Guar	Nanoestrutura de ZnO
0			
7			
10			
13			

A coloração dos abacates do presente estudo pode ser observada na Tabela 1, onde todas as amostras no dia 0 estão com a cor verde intenso, aparentando estar no mesmo estágio de maturação.

Os frutos com a goma guar e com a nanoestrutura apresentaram após 13 dias, estar mais conservadas que o controle, com menos machas na casca do fruto, causado por agentes fitopatogênicos, ocorrendo um retardamento do desenvolvimento desses agentes.

Tabela 2 – Valores dos índices L*, C* e h* com o decorrer dos dias de experimento dos abacates

Dia	Controle			Goma Guar			NanoZnO		
	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
0	68,10 ±	49,51±	-70,98±	67,85±	50,25±	-69,91±	64,15±	49,39±	-71,53±
	2,18	5,85	2,10	4,12	2,43	1,14	5,04	3,99	2,06
7	64,30±	59,45±	-75,70±	59,65±	52,59±	-72,66±	66,45±	52,63±	-75,93±
	2,74	5,40	2,33	8,60	3,59	1,87	1,84	5,49	0,73
10	59,30±	65,29±	-80,68±	58,65±	58,36±	-78,31±	58,55±	60,96±	-80,23±
	3,13	4,44	2,18	4,75	1,92	2,79	2,95	4,53	2,28
13	54,65±	46,63±	42,48±	56,20±	39,09±	-0,38±	56,70±	47,52±	-43,08±
	5,26	18,75	83,74	3,63	8,64	101,30	1,41	8,01	83,08

A Tabela 2 mostra um decaimento do índice L* no controle e nos revestimentos ao longo dos dias, apresentando uma queda de 19,75% no controle, 17,17% com a goma guar e 11,61% com a nanoestrutura, indicando cores mais escuras nos frutos. Sendo assim, o revestimento melhora a retenção da luz durante o armazenamento. Esses resultados também são observados no trabalho de Aguirre-Joya et al. 2017, em que usaram um revestimento à base de biopolímeros, obtendo um maior decaimento deste índice L* no controle e uma significativa diferença com os abacates revestidos.

Já o índice C*, que mostra a saturação da cor da casca, aumentou até o dia 10, e no dia 13 decaiu. Isso se dá em razão do amadurecimento do abacate, em que a fruta, em seu bom estado, está com uma coloração verde intenso, e com o passar dos dias, a sua coloração fica amarelada e depois, a casca do fruto já escurece em razão dos agentes fitopatogênicos e da síntese de pigmentos escuros, conforme é demonstrado na Tabela 1, diminuindo o valor do croma pois se aproxima das cores neutras (cinza), reduzindo a intensidade da cor. Comparando os resultados do C*, o controle aumentou 31,8% até o dia 10, e decaiu 28,95% no dia 13. Já a goma guar, aumentou 16,13% e decaiu 33,01%, enquanto o revestimento com a nanoestrutura aumentou 23,42% e decaiu 22,04%, demonstrando que com o revestimento da nanoestrutura, o fruto apresentou menos manchas escuras em sua coloração em comparação a goma guar e ao controle.

O índice h*, sendo o ângulo hue, ao contrário do C*, decaiu até o dia 10, e no dia 13 aumentou para o controle, tendo uma queda de 12,02% até o dia 10 e um aumento de 152,65%. A goma guar apresentou uma queda de 10,72% e um aumento de 99,51% e para

o ZnO, teve uma queda de 10,84% e um aumento de 46,30% no 13º dia. O ângulo hue representa um atributo qualitativo para as cores definidas como avermelhada, amarelada e esverdeada (20), portanto, os índices h^* decaiu se aproximando de um tom amarelo e depois aumentou se aproximando de um tom roxo, por conta do processo do amadurecimento do abacate.

Desta forma, os índices L^* , C^* e h^* apresentaram estes resultados por conta da casca do abacate, que passa de verde para preto durante o processo de amadurecimento, devido a degradação da clorofila e a síntese de pigmentos que promovem a coloração mais escura (21), dessa forma, o abacate perde o brilho e a saturação com o passar dos dias.

A goma guar e a goma com a nanoestrutura de óxido de zinco apresentaram melhores resultados nas análises de coloração, isso se dá por conta da goma guar reduzir a difusão da umidade, sendo assim ela atua como uma barreira semipermeável (6) auxiliando na preservação do fruto. Já a nanoestrutura de óxido de zinco, possui propriedades antimicrobianas, estimulando a produção de oxigênio reativo, como H_2O_2 , OH e O_2 e inibindo o sistema respiratório, ocasionado pela penetração deste íon na membrana (22).

Perda de Massa

A perda de massa é um importante indicador na avaliação da eficácia do revestimento para prolongar a vida útil do abacate. Durante o processo de amadurecimento ocorre esta perda, pois o abacate é um produto perecível, e mesmo quando colocados em condições ideais, eles sofrem esta perda, devido ao processo de respiração e transpiração, sendo o principal processo envolvido na fisiologia pós-colheita de hortaliças e frutas (23).

A perda de massa calculada em porcentagem está apresentada conforme a Figura 1, onde foram pesados no primeiro dia e após 7, 10 e 13 dias do começo do experimento.

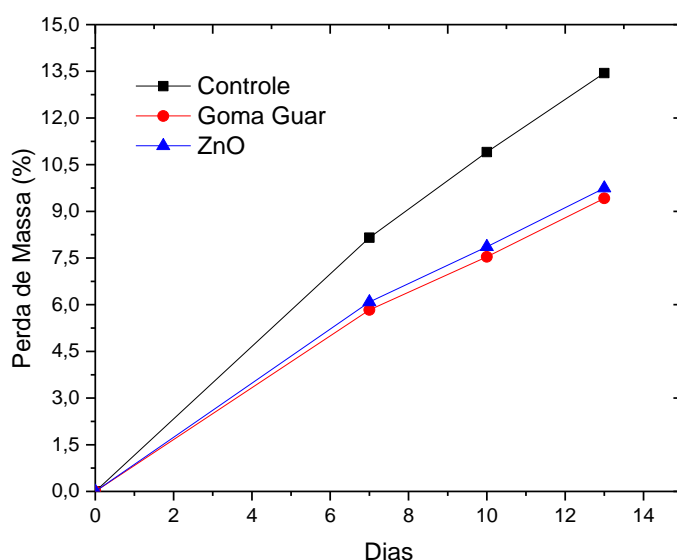


Figura 1 – Gráfico da perda de massa (%) dos abacates por dias de experimento.

A perda de massa está representada em percentual em relação à massa inicial, pesada no primeiro dia de experimento. De acordo com a Figura 1, houve um aumento desse percentual em todos os revestimentos ao longo dos 13 dias de experimentos, tendo um percentual crescente e linear.

É possível observar que com a goma guar, com ou sem nanoestrutura, resultaram um menor percentual, quando comparadas com os abacates do controle. Além disso, nota-se que os frutos revestidos apresentaram uma proximidade no percentual, sendo em média de 9,58%. Isto está atribuído ao revestimento, que atua como uma barreira para trocas gasosas e para a perda de vapor de água, o que prolonga o amadurecimento do fruto (24). Desta forma, a perda de umidade é reduzida com o revestimento.

Le et al. (2021) obteve resultados similares para os frutos de abacate com um revestimento feito à base de polissacarídeos, semelhante a goma guar, e com a nanoestrutura de ZnO em 7 dias de experimento, obtendo uma perda de massa em torno de 5%, e apresentando uma diminuição deste percentual com a nanoestrutura incorporada a esta goma.

Firmeza

Além da coloração e da perda de massa, a firmeza também é um indicador de qualidade do fruto, mostrando o estágio de maturação do abacate. Após a colheita, à medida que o fruto amadurece, a polpa fica menos dura (26), sendo possível observar através da Figura 2, averiguando que com o passar dos dias, foi necessário menos força para romper a casca do fruto, mostrando que o fruto amadureceu e houve um amolecimento da polpa.

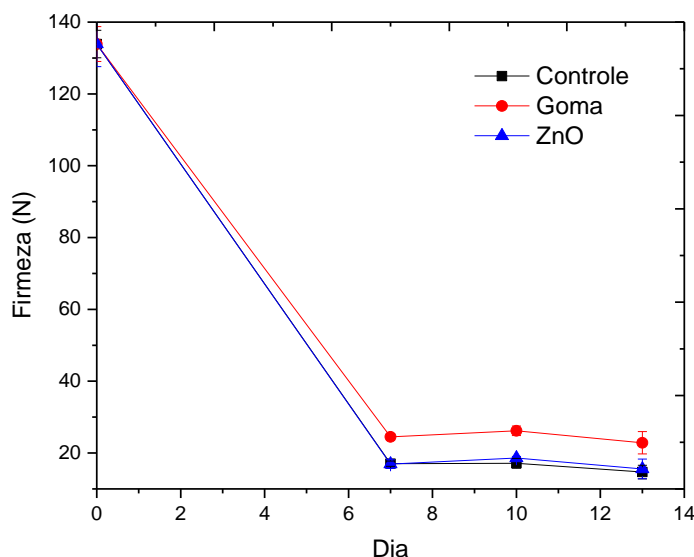


Figura 2 – Gráfico da firmeza (N) dos abacates por dias de experimento

A firmeza inicial do abacate foi determinada com 133,9 N no dia 0 do experimento. Houve um rápido amadurecimento do abacate, fazendo com que a firmeza decaísse.

É possível observar uma proximidade nos valores da firmeza do controle, da goma guar e da goma junto com a nanoestrutura de ZnO. Dessa forma, tanto a goma, quanto a

nanoestrutura de ZnO, não interferiram significativamente no processo de amadurecimento do fruto.

A firmeza da polpa é indicada pela força de coesão entre as pectinas, sendo uma fibra normalmente encontra em frutas e verduras, e com o amadurecimento das frutas, ocorre a atuação das enzimas pectinolíticas, como a celulase, a poligalacturonase e a pectinametilesterase, que fazem com que a pectina, inicialmente insolúvel, se torne solúvel, favorecendo o amolecimento do fruto (27)(28). A redução da umidade também está relacionada com a perda da firmeza, assim como a perda de massa, desta forma, diminuir a perda de água para o ambiente permite diminuir a perda da firmeza, sendo possível utilizar o revestimento para obter este resultado (19).

Le et al. (2021) teve resultados semelhantes para o controle, apresentando um rápido decaimento na firmeza ao longo dos dias, de aproximadamente 70% de perda de massa do dia 0 ao dia 3. Já com as nanoestruturas, a firmeza foi maior em comparação ao resultado da nanoestrutura de ZnO mostrado na Figura 2. Esses resultados também são observados no trabalho de Kubheka et al. 2020, em que usaram para revestir os abacates uma goma à base de biopolímeros juntamente com um óleo de moringa, mostrando uma queda na firmeza do controle de aproximadamente 20 N ao final do experimento, mas já com a goma 15% + moringa, mostrou uma firmeza de aproximadamente 60 N.

CONCLUSÕES

Os revestimentos de goma guar e da goma com a nanoestrutura de óxido de zinco permitiram um aumento da vida útil do fruto, analisando as propriedades de coloração e a perda de massa, visto que o índice de firmeza não apresentou uma diferença significativa. Desta forma, a nanotecnologia aplicada na produção de revestimentos para frutos pós-colheita contribui para o aumento da vida útil dos alimentos, retardando o seu processo natural de amadurecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), à FAPEMIG, CAPES e CNPQ e a Universidade Federal de São João del-Rei por todo o apoio prestado.

REFERÊNCIAS

1. Duarte OR. A Cultura do Abacateiro. Embrapa-CPAF-Roraima. 1998;14.
2. Barbieri M, Geraldini F, Boteon M. Brasil Hortifruti. CEPEA - ESALQ/UAP. 2023;8–15.
3. Gayet JP, Bleinroth EW, Matallo M, Garcia EEC, Garcia AE, Ardito EFG, et al. Abacate para Exportação: Procedimentos de Colheita e Pós-Colheita. Brasília-BF; 1995.
4. Karoline Da Silva T, Gonçalves Borges B, Soares De Freitas A, Gilmar M, Soares O, Freitas EJ, et al. Revista da Universidade Vale do Rio Verde.

5. Agr E, Rodrigues Donadon J, Fernando Durigan J, Maria Ascari Morgado C, Oliveira Santos L. ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE ABACATES “HASS” 1. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP. 2012.
6. Krochta JM, Mulder-Johnston C De. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Technol. 1996;51.
7. Sharma G, Sharma S, Kumar A, Al-Muhtaseb AH, Naushad M, Ghfar AA, et al. Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. Vol. 199, Carbohydrate Polymers. Elsevier Ltd; 2018. p. 534–45.
8. Costa KCB, Schlogl AE, de Souza SM, de Oliveira Júnior EN, Coimbra JS dos R, Santos IJB. Tara Gum Coating with Embedded ZnO Nanostructures for Increased Postharvest Guava Shelf Life. ACS Food Science and Technology. 2023 Apr 21;
9. Lorevice MV, Otoni CG, de Moura MR, Mattoso LHC. Chitosan nanoparticles on the improvement of thermal, barrier, and mechanical properties of high- and low-methyl pectin films. Food Hydrocoll. 2016 Jan 1;52:732–40.
10. Rahman S, Konwar A, Majumdar G, Chowdhury D. Guar gum-chitosan composite film as excellent material for packaging application. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2021 Dec 25;2.
11. Silvestre C, Duraccio D, Cimmino S. Food packaging based on polymer nanomaterials. Vol. 36, Progress in Polymer Science (Oxford). Elsevier Ltd; 2011. p. 1766–82.
12. He L, Liu Y, Mustapha A, Lin M. Antifungal activity of zinc oxide nanoparticles against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. Microbiol Res. 2011 Mar 20;166(3):207–15.
13. Gordon T, Perlstein B, Houbara O, Felner I, Banin E, Margel S. Synthesis and characterization of zinc/iron oxide composite nanoparticles and their antibacterial properties. Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. 2011 Jan 20;374(1–3):1–8.
14. Bhadra P, Mitra MK, Das GC, Dey R, Mukherjee S. Interaction of chitosan capped ZnO nanorods with *Escherichia coli*. Materials Science and Engineering C. 2011 Jul 20;31(5):929–37.
15. Costa KCB, Schlogl AE, de Souza SM, de Oliveira Júnior EN, Coimbra JS dos R, Santos IJB. Tara Gum Coating with Embedded ZnO Nanostructures for Increased Postharvest Guava Shelf Life. ACS Food Science and Technology. 2023 Apr 21;
16. Horwitz William. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International; 2006.
17. Francis J. QUALITY AS INFLUENCED BY COLOR. 1995;6(3):149–55.
18. Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças Editor Técnico Embrapa [Internet]. Available from: www.embrapa.br/faleconosco/sac
19. Aguirre-Joya JA, Ventura-Sobrevilla J, Martínez-Vazquez G, Ruelas-Chacón X, Rojas R, Rodríguez-Herrera R, et al. Effects of a natural bioactive coating on the

- quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (Persea americana Mill.) cv. Hass. Food Packag Shelf Life. 2017 Dec 1; 14:102–7.
20. Ferreira MD, Spricigo PC. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. Embrapa Instrumentação. 2017;
 21. Giuggioli NR, Chiaberto G, Da Silva TM. Quality Evaluation of the Ready-to-Eat Avocado cv. Hass. Int J Food Sci. 2021;2021.
 22. Arroyo BJ, Bezerra AC, Oliveira LL, Arroyo SJ, de Melo EA, Santos AMP. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (Psidium guajava L.). Food Chem. 2020 Mar 30;
 23. Técnico C, Gimenez A, Celso C, Moretti² L, Henz³ GP. Respiração de frutas e hortaliças. 2007.
 24. Rodrigues AO, Lucio ECB, Melo LDC, Canhamero M, Silva FC. Biopolímero desenvolvido a partir da farinha de arroz e sua aplicação como revestimento em frutos. Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo. 2019 Oct 18;38(2):103.
 25. Le KH, Nguyen MDB, Tran LD, Nguyen Thi HP, Tran C Van, Tran K Van, et al. A novel antimicrobial ZnO nanoparticles-added polysaccharide edible coating for the preservation of postharvest avocado under ambient conditions. Prog Org Coat. 2021 Sep 1;158.
 26. Lucchesi AA, Montenegro HWS. DETERMINAÇÃO DO GRAU DE MATURAÇÃO DO ABACATE (Persea americana Miller), ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO PRESSÔMETRO* RESUMO. 1975.
 27. Seymour GB, Taylor JE, Tucker GA. Biochemistry of Fruit Ripening [Internet]. Seymour GB, Taylor JE, Tucker GA, editors. Dordrecht: Springer Netherlands; 1993. 53–81 p. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/978-94-011-1584-1>
 28. Kluge RA, Jacomino AP, Ojeda RM, Brackmann A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. 2002;
 29. Kubheka SF, Tesfay SZ, Mditshwa A, Magwaza LS. Evaluating the efficacy of edible coatings incorporated with moringa leaf extract on postharvest of “maluma” avocado fruit quality and its biofungicidal effect. HortScience. 2020 Apr 1;55(4):410–5.



Capítulo 20

DOI: 10.53934/08082023-20

**HARMONIZAÇÃO COM CERVEJAS ESPECIAIS E OUTROS
HÁBITOS DOS CONSUMIDORES DESSAS BEBIDAS**Clarissa Vieira Ibraim^{ID}; Elga Batista da Silva^{ID}

Clarissa Vieira Ibraim - Contato: clarissavieiraibrain@gmail.com

RESUMO

As chamadas cervejas especiais têm recebido destaque na atualidade. A literatura envolvendo o desenvolvimento de produtos alimentícios com o tema cerveja é composta majoritariamente por trabalhos sobre a elaboração desta bebida com receitas diferenciadas, em escala laboratorial. Poucos são os artigos nacionais que abordam questões diretamente relacionadas ao consumo de cervejas, inclusive as especiais, no que tange ao perfil e hábitos desse consumidor. Por conta desse panorama, o objetivo deste trabalho foi estudar a inserção da zitogastronomia (harmonização de cervejas com alimentos) na degustação de cervejas especiais e outros hábitos de consumidores destas bebidas. Os alimentos salgados foram os mais citados no contexto dos hábitos de consumo com as cervejas especiais (92,9%), destacando-se os embutidos (74,5%), já sobre os alimentos doces apenas 24,4% dos voluntários mencionaram gostar de consumi-los com esse tipo de cervejas. Acerca das particularidades relacionadas às experiências dos consumidores com os serviços de alimentação e a degustação de cervejas especiais, 48,1% dos respondentes se mostraram satisfeitos com o serviço. Sobre o emprego das cervejas especiais em preparações culinárias 75,5% dos participantes não as incluem em suas receitas. Conclui-se que os resultados contribuíram para uma melhor compreensão acerca dos hábitos de consumo das cervejas especiais, e podem servir como base para estruturar ações relacionadas a esse grupo de bebidas.

Palavras-chave: cervejas *gourmet*, gastronomia, harmonização com cervejas, zitogastronomia

Abstract: Currently, the so-called special beers have gained prominence. The literature involving the development of food products with the theme of beer is mainly composed of works on the preparation of this drink with different recipes, on a laboratory scale. There are few national articles that address issues directly related to the consumption of beers, including special ones, with regard to the profile and habits of this consumer. The aim of this work is study the insertion of zitogastronomy (harmonization of beers with food products) in the tasting of special beers and other habits of consumers of these beverages. Salty foods were the most mentioned (92.9%), mainly meat products (74.5%), while in relation to sweet foods, 24.4% of the volunteers reported liking them. Consume them with that type of beer. Regarding the particularities related to consumer experiences with food

services and tasting special beers, 48.1% of respondents were satisfied with the service. Regarding the use of special beers in culinary preparations, 75.5% of participants do not include them in their recipes. It is concluded that the results contributed to a better understanding of the consumption habits of special beers, which can serve as a basis for structuring actions related to this group of beverages.

Keywords: gourmet beers, gastronomy, pairing with beers, zitogastronomy.

INTRODUÇÃO

Cervejas são bebidas amplamente consumidas ao nível mundial, sendo as classificações mais famosas desses produtos relacionadas às suas famílias e estilos. Sobre as famílias, as Ale e as Lagers são as mais produzidas, também chamadas, respectivamente, de cervejas de alta e baixa fermentação. Já os estilos são caracterizados por diversos subgrupos de receitas de cervejas, que se enquadram nas famílias supracitadas (Bamforth, 2008). Além dessas denominações nos anos recentes emergiram as nomenclaturas cervejas artesanais e cervejas especiais no Brasil, termos empregados para mencionar as bebidas produzidas exclusivamente a partir de cereais maltados (que foram submetidos ao processo de malteação ou maltagem).

Na atualidade, as chamadas cervejas especiais têm recebido destaque, produtos que segundo Flores *et al.* (2015) têm sido produzidas artesanalmente principalmente em microcervejarias e tem conquistado vários espaços no comércio e agradado aos públicos mais requintados, inclusive os indivíduos que gostam de fabricar sua própria cerveja em escala residencial. De acordo com Santos *et al.* (2019) as características específicas dessas bebidas ditas especiais justificam essa demanda, pois, para esses autores, “as cervejas produzidas em microcervejarias são produtos mais encorpados, de sabor e aroma mais pronunciados, e são a preferência de consumidores mais exigentes em termos de qualidade sensorial”.

A legislação brasileira não apresenta uma definição oficial para cerveja artesanal ou cerveja especial, mas no mercado nacional esse termo é usado para designar bebidas diferentes das cervejas populares (*mainstrain*) produzidas no Brasil, nas quais existem teores consideráveis de cereais não maltados como o milho. Bamforth (2008) definiu a maltagem como uma etapa essencial à qualidade da cerveja, na qual os grãos dos cereais são embebidos em água visando a estimulação das transformações enzimáticas, o que também favorece a futura ação das leveduras durante o processo de fermentação alcoólica.

A literatura sobre o desenvolvimento de cervejas apresenta, majoritariamente, trabalhos sobre a elaboração desta bebida com receitas diferenciadas em escala laboratorial. Poucos são os artigos que abordam questões relacionadas ao consumo das cervejas, inclusive as especiais, no que tange ao perfil e aos hábitos do consumidor. Apesar disso, algumas pesquisas nacionais envolvendo questões relacionadas aos consumidores de cervejas especiais já foram publicadas. Como exemplo há o trabalho de Valadares *et al.* (2017), sobre o perfil de 113 consumidores de cervejas artesanais no Brasil, com entrevistas que abordaram questões demográficas, seguido de perguntas relacionadas à frequência e hábitos de consumo de cervejas artesanais, bem como a predileção dos respondentes acerca dos principais estilos de cerveja e os atributos sensoriais do produto.

Testa (2017) analisou as respostas a um *survey* com 81 consumidores de cerveja artesanal do Espírito Santo, levantando questões como frequência e quantidade média de consumo das cervejas, motivação para a demanda, locais de compra desses produtos e quais características são consideradas na avaliação de uma cerveja como preço, marca, estilo, cor, aroma, sabor e nível de amargor. Já no trabalho de Pimenta (2019) o comportamento dos consumidores de cerveja foi analisado em um escalonamento dos atributos influenciadores na decisão de compra da bebida em versões artesanais e industrializadas de Uberaba/MG, a partir de aspectos como variáveis socioeconômicas, qualitativas, comportamentais de consumo junto a 426 respondentes. Também a pesquisa de Cavalcante (2017) estudou consumidores de cerveja artesanal do Rio de Janeiro (n = 100) com questões que incluíam assuntos como consumo médio da bebida, local preferido para esta atividade, prioridade entre qualidade ou quantidade de cerveja, critérios para decisão de compra por cervejas como estilo, preço, país de origem, ocasião para consumo, marca, indicações para o consumo, e rotulagem. Ressalta-se que nessa pesquisa (op. cit) havia uma questão sobre a possível combinação das cervejas com alimentos, algo escasso em trabalhos de temática semelhante.

Sobre as pesquisas internacionais é possível citar o trabalho de Atallah *et al.* (2021), que estudaram o grau de preferência desses indivíduos em relação às cervejas estadunidenses produzidas com insumos locais e verificaram que os respondentes preferem comprar cervejas elaboradas por fabricantes locais. Já o trabalho de Paiva e Hantao (2020) avaliou as preferências dos consumidores de 14 marcas de cervejas da família Lager, considerando os perfis de aromas dessas bebidas. Adicionalmente, os impactos da rotulagem geral de cervejas convencionais e especiais na degustação cega dessas amostras foram estudados por Jaeger *et al.* (2020), em uma pesquisa com 122 consumidores. A pesquisa de Capitello e Todirica (2021) teve em vista compreender o comportamento dos consumidores de cervejas, com ênfase em percepções e preferências. Essas autoras destacaram ser gradativo o número de indivíduos que buscam novos sabores, experiências em diferentes situações de consumo e harmonização com alimentos, além de demonstrar interesse em pagar valores maiores que a média por cervejas de qualidade superior. Questões adicionais como frequência de consumo e demanda por cervejas orgânicas e/ou de produção sustentável também foram estudadas nessa pesquisa.

Dado o *gap* sobre questões relacionadas à harmonização de cervejas especiais com alimentos em geral (denominada *zitogastronomia*), pensou-se em desenvolver um trabalho sobre esse tema, visto que as cervejas podem contribuir para aprimorar as experiências gastronômicas em serviços de alimentação. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae, 2017) as experiências gastronômicas são elementos de fidelização e competitividade para bares e restaurantes, tendo como foco a oferta de experiências memoráveis a partir da atitude *dining*. Considerando essas premissas a presente pesquisa estudou a inserção da *zitogastronomia* (harmonização de cervejas com alimentos) na degustação de cervejas especiais e outros hábitos inerentes aos consumidores dessas bebidas.

METODOLOGIA

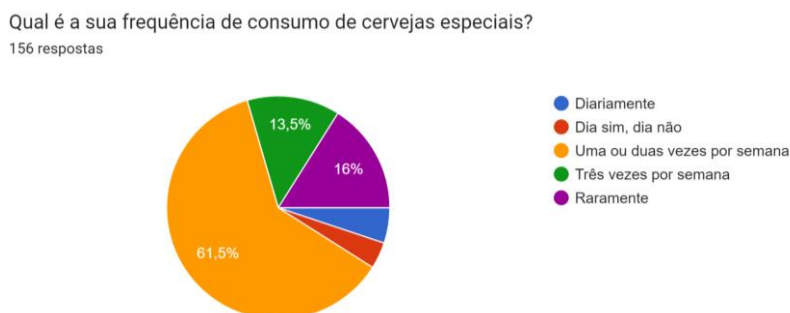
A pesquisa teve caráter quali-quantitativo e natureza descritiva, atendendo à necessidade do investigador acumular informações sobre o tema de pesquisa em que se

pretende estudar (TRIVIÑOS, 1987). A coleta de dados foi realizada mediante um questionário disponibilizado *on-line* utilizando a plataforma Google Docs®, contendo 24 perguntas direcionadas a 156 consumidores de cervejas especiais, a partir de metodologias adaptadas de Capitello e Todirica (2021) e Pimenta (2019). A pesquisa do tipo *survey* foi utilizada para permitir o levantamento de dados do público-alvo de maneira específica e direta. Para divulgação da pesquisa, fez-se o uso de *e-mails* e contatos em redes sociais virtuais (RSV). Além disso, foi aplicado o método bola de neve (*snow ball*) virtual descrito por Costa (2018) e Vinuto (2014), quando os participantes indicam outras pessoas que também pertencem ao público definido como objeto de pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais estados de origem dos respondentes foram do Rio de Janeiro com 71,2% e de São Paulo com 12,2%, e as faixas etárias mais expressivas estavam compreendidas entre 18 anos a 30 anos e 31 anos a 40 anos, com 36,5% e 32,7% das respostas, respectivamente. A principal frequência de consumo de cervejas especiais foi de uma ou duas vezes na semana (61,5% dos consumidores), uma ou duas vezes na semana (figura 1), um resultado que pode estar relacionado ao preço das cervejas especiais, um tipo de produto com um valor maior comercial.

Figura 1. Frequência de consumo de cervejas especiais entre os entrevistados.



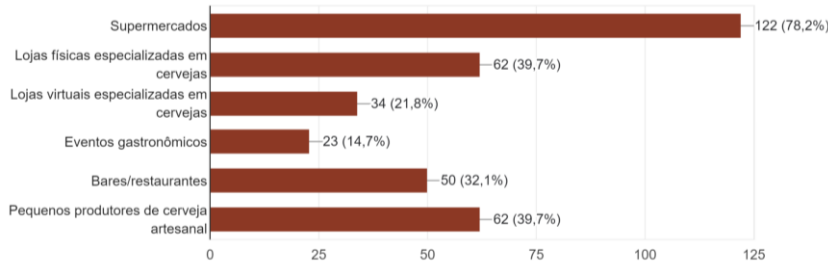
Fonte: As autoras (2023).

Com relação aos locais de aquisição dessas bebidas, os respondentes mencionaram comprar cervejas especiais principalmente em supermercados (78,2%), resultado que demonstra a importância da comercialização das cervejas especiais entre o público estudado em grandes comércios varejistas físicos (figura 2).

Figura 2. Locais onde os respondentes costumam comprar cervejas especiais.

Onde você costuma comprar cervejas especiais quando deseja levá-las para consumir em casa?

156 respostas



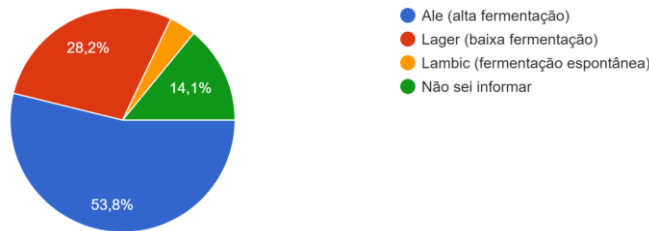
Fonte: As autoras (2023).

Sobre as famílias de cervejas especiais preferidas (figura 3) pelos voluntários percebeu-se que as cervejas ale (de alta fermentação) foram as mais apreciadas, seguidas das lagers (de baixa fermentação), resultado esperado visto que em geral os consumidores de cervejas especiais demonstram predileção pelas ale. Acerca dos estilos mais consumidos (figura 4) verificou-se que a cerveja Indian Pale Ale (IPA) foi a preferida, embora seja considerada uma cerveja extrema dado o seu alto teor de lúpulo que resulta em um alto amargor, tornando mais complexas as possibilidades de harmonização com alimentos.

Figura 3. Famílias de cervejas especiais preferidas pelos entrevistados.

Qual é a sua família preferida de cervejas especiais?

156 respostas

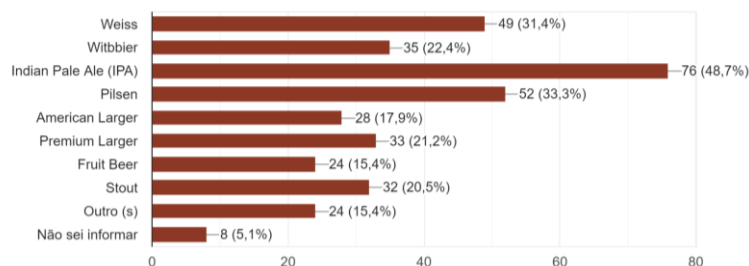


Fonte: As autoras (2023).

Figura 4. Estilo preferido de cervejas especiais preferidas pelos entrevistados.

Qual é o seu estilo preferido de cervejas especiais?

156 respostas



Fonte: As autoras (2023).

Os estilos são a catalogação dos tipos de cerveja, Bamforth (2008) classificou e definiu as várias tipologias cervejeiras existentes, com base em três grandes famílias. O primeiro e mais antigo tipo de fermentação é a fermentação espontânea. Ainda hoje em alguns países, considerados do terceiro mundo, algumas populações fermentam cereais através da fermentação espontânea, selvagem e incontrolável, mas somente na Bélgica resiste ainda uma produção comercial muito limitada desse tipo de fermentação, que dá origem a cervejas muito particulares e fascinantes. Os respondentes da presente pesquisa não citaram estilos típicos da família lambic entre os seus preferidos.

Com relação às famílias mais produzidas cita-se a das cervejas de alta fermentação ou ales, bebidas que durante o processo de fermentação contém leveduras que trabalham na parte superior do mosto a uma temperatura entre 15-25 °C. Sobre a família das cervejas de baixa fermentação ou lager, são bebidas que durante o processo de fermentação as leveduras trabalham no fundo do mosto a uma temperatura entre 5-10 °C. Quando são citadas essas três grandes famílias também é preciso lembrar que os fatores como tradição, sua história e os fatores culturais (Bamforth, 2008).

As cervejas de baixa fermentação ou lagers, representam cerca de 90% de toda a cerveja produzida no mundo. São exemplos de estilos de lagers: Sap Munchener, Pilsen, Dortmund Export, Dunkel ou Schwarzbier, Marzen e Oktoberfest Bier, Bock e Doppelbock, Vienna Rauchbier.

Dentre todos esses tipos de cerveja vale destacar a cerveja Pilsen ou Pils, apontada como a preferida por 33,3 % dos respondentes. Trata-se de uma cerveja nascida na cidade de Plzen (Pilsen em Checo) na República Checa, em 1842 graças a um mestre-cervejeiro da região da Bavária, que ou pouco sem querer desenvolveu e aperfeiçoou procedimentos e matérias-primas com grande qualidade. Segundo Bamforth (2008) as características dessa cerveja são o lúpulo, a cristalinidade e espuma branca e compacta. No curso dos séculos cada país tem a sua tipologia de Pils, perdendo um pouco as suas características originais.

As cervejas de alta fermentação ou ales, representam cerca de 10% do mercado mundial, mas em alguns países representam mais de 50% das cervejas consumidas, e oferecem uma gama aromática notável em comparação às cervejas de baixa fermentação as ales anglo-saxônicas. De acordo com Bamforth (2008) a família das ales é muito mais vasta e compreende muitas tipologias e variantes, classificadas em base as cores e gradação alcoólica existem, as filtradas, pasteurizadas e as tradicionais com refermentação secundária chamadas real ales, essas fermentações podem acontecer em barris (cask conditioned) ou em garrafa (bottle conditioned).

Segundo Bamforth (2008) os principais tipos de cervejas Ales encontradas no mercado são: Mild, Bitter, English Pale Ale, India Pale Ale, Brown Ale, Barley Wine O, Porter, Stout dentre as stout temos Irish Dry Stout, Sweet stout ou Milk Stout, Oatmeal Stout, Imperial Stout, Oyster Stout, Chocolate e Coffee Stout, Belgian Pale Ale, Oud Bruin, Flemish Red Ale, Saison, Strong Golden Ale, Strong Dark Ale, Trapista, Orval, Abadias, Dentre as cervejas com trigo ales citam-se: Blanche ou Witbier, Weizen ou Weiss, Kolsch.

Vale destacar algumas cervejas que tiveram uma porcentagem de consumo grande como a India Pale Ale (IPA) atingiu uma porcentagem de 48,7% de citações pelos respondentes. Segundo Bamforth (2008) ela era a versão mais alcoólica e lupulada da Pale

Ale, destinada ao consumo das colônias inglesas, produzida com essas características para poder suportar as longas viagens nos navios. Estilo também em declínio na Inglaterra, sendo revivida nos Estados Unidos da América (EUA), com um amargor sempre mais intenso e exagerado.

A cerveja Stout atingiu uma porcentagem de 20,5% da preferência do consumo entre os respondentes, nomenclatura que antigamente indicava a cerveja mais alcoólica da gama do produtor, existem vários tipos de Stout como os exemplos a seguir.

A stout Flemish Red Ale foi citada por apenas 4% dos respondentes, segundo Bamforth (2008) suas características são de uma cerveja flaminga de coloração vermelho intenso com reflexo rubi, é um estilo não muito bem definido e raro. Hoje em dia existe somente um produtor (Rodenbach) e algumas imitações baratas. Ainda de acordo com Bamforth (2008) as características desse produto são de uma acidez acentuada, como uma Oud Bruin também é uma mistura entre uma cerveja jovem e uma envelhecida em barril de carvalho.

Cervejas com trigo na composição (como a Blanche ou Wit Bieber) foram mencionadas por 22,4% dos participantes. No passado foi um estilo muito popular na Bélgica, renascido nos anos 1960 com a cerveja Hoegaarden na cidade do mesmo nome. Segundo Bamforth (2008) é uma cerveja com alto percentual de trigo não maltado 50% ou mais, com gradação alcoólica moderada, temperada com coentro e cascas de laranja, mesmo tendo algumas variantes como casca de limão-siciliano e outras especiarias. Com coloração amarelo palha, turva, com um gosto levemente ácido e refrescante, um amargor atenuado. Mas a principal característica desse estilo é ser uma cerveja cítrica e temperada.

A cerveja Weizen ou Weiss atingiu uma porcentagem de 31,1% da apreciação entre os respondentes, sendo típica da Bavária (por lei não pode conter menos de 50% de trigo maltado na receita), podendo ser refermentada na garrafa. A versão filtrada e cristalina se chama Kristallweizen. Segundo Bamforth (2008) a suas características são de uma gradação alcoólica é moderada, pouco lúpulo e pode ter uma cor levemente âmbar. A típica levedura Weizen usada dá um aroma frutado, geralmente de banana madura e temperos como o cravo.

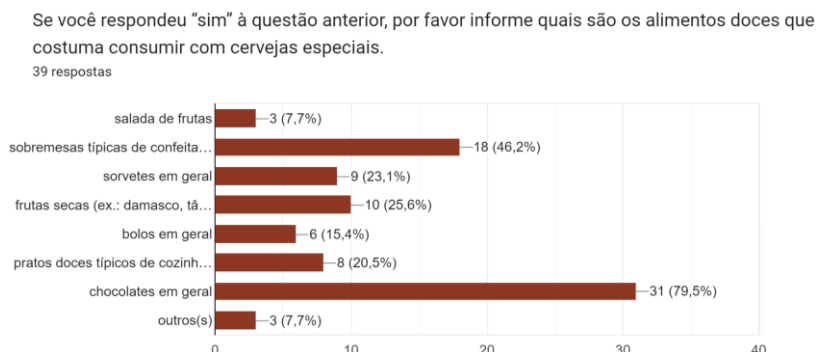
Sobre a definição de zitogastronomia, 83% dos respondentes não sabiam responder embora sejam consumidores de cerveja especial e pratiquem essa harmonização com os alimentos. Das 26 respostas das pessoas que falaram que sabiam tal definição foram observadas cinco definições erradas, pois as respostas não mencionaram a harmonização da bebida com os alimentos.

Outro dado importante é o consumo de alimentos salgados com cervejas atingiu uma porcentagem de 92,9%, e dentre as opções desses produtos os embutidos como salame, atingiram uma porcentagem de 74,5% de consumo, queijos em geral 73,1% os alimentos embutidos tiveram uma mais expressiva porcentagem, assim como o churrasco 71,1%. Os alimentos em conserva atingiram uma porcentagem de 42% e os hambúrgueres 40%.

As frutas oleaginosas conseguiram atingir uma porcentagem de 26,2%, e pizzas uma porcentagem de 23,4%, em seguida dos canapés com uma porcentagem de 17,2%. Pratos à base de frutos-do-mar atingiram uma porcentagem de 17,2% e sopas ou caldos alcançou uma porcentagem de 8,2%. Pratos à base de peixe atingiram uma porcentagem de 14,5%. Já os pratos à base de ave, atingiram uma porcentagem de 13,8% e outros apresentaram uma porcentagem de 8,3%, às saladas salgadas tiveram a menor porcentagem apenas 6,2%.

Sobre o consumo de alimentos doces verificou-se que 75,6% dos participantes da presente pesquisa não costumam consumir cervejas com alimentos desse grupo, conforme observado na figura 5.

Figura 5. Alimentos doces que os entrevistados costumam consumir com cervejas.

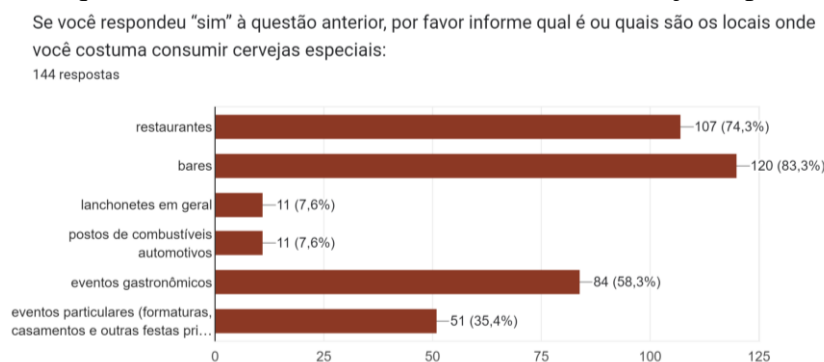


Fonte: As autoras (2023).

Outro dado pertinente a ser destacado, dos entrevistados foi perguntado se eles incluem cervejas especiais, em suas preparações culinárias 75,5% das pessoas não incluem cervejas artesanais em suas preparações culinárias. Os alimentos mais citados como preparados com cervejas foram as carnes suínas (6%), os marinados (7,8%) e as carnes de aves (5,2%).

Um dado que vale destacar é que 91,7% dos entrevistados costumam consumir cervejas especiais fora de casa. Na figura 6 estão apresentados os locais onde os entrevistados costumam comprar cerveja especial.

Figura 6. Locais que os entrevistados costumam consumir cervejas especiais.

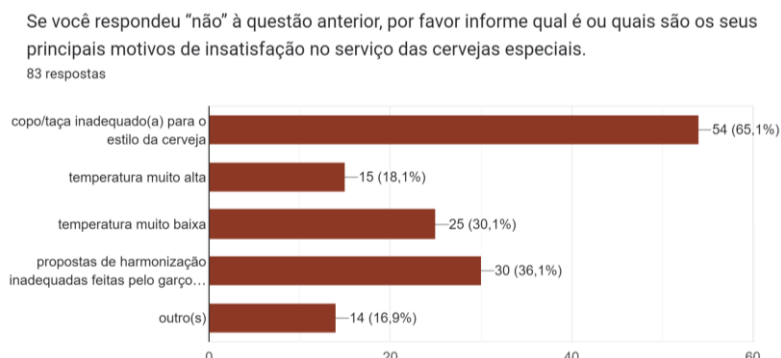


Fonte: As autoras (2023).

Percebeu-se que 52,6% dos respondentes considera satisfatória a oferta de cervejas especiais nos estabelecimentos que frequenta, seja em serviço de bares ou restaurantes. Com relação à qualidade do serviço (forma de servir) prestado nos estabelecimentos verificou-se 48,1% de satisfação. Como motivos para insatisfação (figura 7) citam-se o despreparo dos garçons em relação a copos inadequados, a falta de conhecimento desses profissionais a respeito da harmonização, e ainda a forma de servir a mesa erroneamente. Considerando esses apontamentos cita-se como possível solução a realização de treinamento adequado

desses profissionais, pois o mau atendimento do público afeta a empresa em termos de lucratividade e fidelização do cliente.

Figura 7. Principais motivos de insatisfação por parte dos entrevistados com relação ao serviço das cervejas especiais nos estabelecimentos de *food service*.



Fonte: As autoras (2023).

Sobre a experiência de levar a sua cerveja especial para um restaurante, 86% dos participantes mencionou nunca ter levado sua própria bebida para consumir nos serviços de alimentação onde frequenta, algo relativamente comum entre os consumidores recorrentes de vinhos, quando o estabelecimento cobra um valor adicional denominado taxa de rolha, que visa cobrir custos com eventuais injúrias e conseguinte reposição de taças, bem como desestimular os consumidores a levar bebidas aos restaurantes.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados da presente pesquisa é possível concluir que é necessária uma maior divulgação do conceito de zitagastronomia, visto o amplo percentual de respondentes que, embora pratique a combinação entre cervejas e alimentos, desconhece o termo em questão. Também pode ser interessante incrementar a divulgação de possíveis alimentos que podem ser harmonizados satisfatoriamente com os diferentes estilos de cervejas, com vistas a promover experiências gastronômicas diferenciadas.

Também merecem destaque os aspectos que provocam insatisfação no serviço da cerveja apontados pelos participantes, considerando que tais conteúdos podem servir como pontos de partida para que sejam planejados treinamentos visando otimizar o atendimento ao cliente que tem predileção pelas cervejas especiais.

Em termos de inovação cabe ressaltar a baixa inserção das cervejas em preparações culinárias pelos respondentes, fato que pode estar relacionado à baixa divulgação dessa possibilidade, o que poderia fortalecer a cultura cervejeira, as vendas das cervejas especiais e, por conseguinte, a zitagastronomia. Ademais, tal iniciativa pode fortalecer as experiências gastronômicas (incluindo em termos de harmonização), dos consumidores usuais de cervejas especiais.

REFERÊNCIAS

1. Atallah, S. S.; Bazzani, C.; Ha, K. A.; Nayga Jr., R. M. Does the origin of inputs and processing matter? Evidence from consumer's valuation for craft beer. **Food Quality and Preference**, 2021, v.89, 104146.

2. Bamforth, C. **Vinhos versus cervejas - uma comparação histórica, tecnológica e social**. Editora Senac, 2008. 280 p.
3. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019. Padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. **Diário Oficial da União**, de 11 de dezembro de 2019.
4. Capitello, R.; Todirica, I. C. 2 – Understanding the behavior of beers consumers. **Case Studies in the Beer Sector – Woodhead Publishing Series in Consumer Sci & Strat Maket**, 2021, p.15 – 36.
5. Cavalcante, E. R. **Perfil do consumidor de cerveja artesanal: um estudo na cidade do Rio de Janeiro**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 55 p.
6. Costa, B. R. L. Bola de neve virtual: o uso das redes sociais virtuais no processo de coleta de dados de uma pesquisa científica. **RIGS - Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v.7 n.1, p.15 -37, 2018.
7. Flores, A. B. *et al.* Perfil sensorial e avaliações físico-químicas de cerveja artesanal de chocolate e caramelo. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.7, n.4, p.158-166, 2015.
8. Jaeger, S. R.; Worch, T.; Phelps, T.; Jin, D.; Cardello, A. V. Effects of “craft” vs. “traditional” labels to beer consumers with diferente flavours preferences: a comprehensive multi-response approach. **Food Quality and Preference**, 2021, v.87, 104043.
9. Paiva, A. C.; Hantao, L. W. Exploring a public database to evaluate consumer preference and aroma profile of lager beers by comprehensive two-dimensional gas chromatography and partial least squares regression discriminant analysis. **Journal of Chromatography A**, 2020, v.1630, 461529.
10. Pimenta, L. S. Comportamento dos consumidores de cerveja: escalonando os atributos influenciadores na decisão de compra dos produtos artesanais e industrializados. **Revista Fathus de Administração e Gestão**, 2019, v.01, n.04, p.20 – 38.
11. Santos, L. F.; Souza, E. L.; Soares, F. A. S. M. Leveduras agentes responsáveis pela fermentação alcoólica. *In: Anais do XXV Seminário de Iniciação Científica e XII Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 2019
12. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). **Experiência gastronômica uma ferramenta de fidelização e competitividade para bares e restaurantes**. 2017. Acesso em: 16/06/2020. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/d83df3e4b868b475007e5d8679cf6a81/\\$File/7584.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/d83df3e4b868b475007e5d8679cf6a81/$File/7584.pdf)
13. Testa, M. F. **Perfil do consumidor de cerveja artesanal do estado do Espírito Santo**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdades Integradas de Aracruz. Curso de Administração. 40 p.
14. Triviños, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 176 p.
15. Valadares, G. C.; Rezende, D. C.; Antunes, I. S.; Maglioni, T. B. Perfil do consumidor de cervejas artesanais no Brasil. **XX SEMEAD – Seminários de Administração**, 2017, p.01 – 13.

16. Vinuto, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, v.22, n.44, p.203-220, 2014.



Capítulo 21

DOI: 10.53934/08082023-21

EXTRAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA *Stachys byzantina* (peixinho da horta)

Stefanie Calisto Casarin *; Pamela da Silva Souza ; Flávia Aparecida Reitz
Cardoso ; Adriana Aparecida Droval ; Renata Hernandez Barros Fuchs ; Leila
Larisa Medeiros Marques *

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: leilamarques@utfpr.edu.br
aUniversidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Paraná, Brasil

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo a extração de compostos bioativos utilizando banho ultrassônico, avaliando-se a recuperação de compostos bioativos da *Stachys byzantina*, a peixinho da horta - uma PANC (planta alimentícia não convencional) - com dois tipos de solventes eutéticos profundos naturais (NADES) a base de ácido lático, incluindo cloreto de colina e l-prolina, acrescidos de 50% de água para diminuição da densidade. A extração foi realizada por banho ultrassônico e os tempos de extração utilizados foram 5, 10 e 15 min. Após a extração, foram aplicados métodos para determinação de compostos bioativos, a partir de curvas padrão, a fim de obter a quantidade de flavonoides recuperados na extração por meio do método utilizando o reagente Folin-couteau, e a atividade antioxidante pelas metodologias FRAP e DPPH. Ambos os solventes eutéticos destacaram-se na extração de compostos bioativos. Entretanto, a combinação de cloreto de colina + ácido levulínico, no tempo de 10 min, trouxe melhores resultados quanto à atividade antioxidante e quantidade de flavonoides extraídos ($0,34 \pm 0,05$ mg Equivalente de Quercetina (EQ).g⁻¹ para flavonoides e $0,44 \pm 0,01$ μmol Equivalente de Trolox (ET).g⁻¹ e $0,43 \pm 0,00$ ET.g⁻¹ para determinação da atividade antioxidante pelos métodos FRAP e DPPH, respectivamente). A *S. byzantina* mostrou-se uma excelente fonte de antioxidantes, mostrando-se promissora a sua aplicação em alimentos a longo prazo. Os NADES utilizados neste estudo mostraram-se eficientes na extração de bioativos, apresentando resultados semelhantes a extrações com metanol, quando comparado com outros autores.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidante; banho ultrassônico; extratos de plantas; NADES

ABSTRACT

The present study aimed to extract bioactive compounds using an ultrasonic bath, evaluating the recovery of bioactive compounds from *Stachys byzantina*, “peixinho da horta” - a PANC (unconventional food plant) - with two types of natural deep eutectic solvents (NADES) based on lactic acid, including choline chloride and l-proline, plus 50% water to decrease

density. The extraction was performed by ultrasonic bath and the extraction times used were 5, 10 and 15 min. After extraction, methods were applied for the determination of bioactive compounds, from standard curves, to obtain the number of flavonoids recovered in the extraction through the method using the Folin-couteau reagent, and the antioxidant activity by the FRAP and DPPH methodologies. Both eutectic solvents stood out in the extraction of bioactive compounds. However, the combination of choline chloride + levulinic acid, within 10 min, brought better results regarding antioxidant activity and amount of flavonoids extracted (0.34 ± 0.05 mg Quercetin Equivalent (EQ).g⁻¹ for flavonoids and 0.44 ± 0.01 μmol Trolox Equivalent (ET).g⁻¹ and 0.43 ± 0.00 ET.g⁻¹ for determination of antioxidant activity by FRAP and DPPH methods, respectively). *S. byzantina* proved to be an excellent source of antioxidants, proving to be promising for its long-term application in foods. The NADES used in this study proved to be efficient in the extraction of bioactives, presenting similar results to extractions with methanol, when compared to other authors.

KEYWORDS: Antioxidants; ultrasonic bath; plant extracts; NADES

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, com a crescente preocupação populacional em levar um estilo de vida mais saudável, fala-se cada vez mais na inserção de frutas, legumes e vegetais nas dietas, e nos efeitos benéficos dos mesmos a saúde, principalmente para prevenção de doenças patológicas crônicas, incluindo câncer, doenças cardiovasculares, diabetes tipo-2 e Alzheimer (1). A prevenção dessas doenças por meio do consumo de frutas, vegetais e legumes, se dá pelos compostos bioativos neles presentes, que possuem, em geral, ação antioxidante e anti-inflamatória (4).

Dentre as plantas que exibem esses importantes bioativos para saúde estão as PANCs - plantas alimentícias não convencionais- que segundo Terra e Ferreira são plantas que possuem uma ou mais partes que podem ser consumidas pelos seres humanos, sendo elas espontâneas, cultivadas, nativas ou exóticas, que não estão incluídas em nossos cardápios cotidianos. Já segundo Silva (3), a *Stachys byzantina* K. Koch ou *Stachys lanata* L. é uma PANC popularmente conhecida como peixinho da horta ou orelha de lebre, pertence à família Lamiaceae e é originária da Turquia, da região da Ásia e do Cáucaso. Porém, pode ser encontrada em regiões com temperaturas entre 5 e 30°C, de clima ameno (4). No Brasil, seu cultivo normalmente se dá para consumo em empanados, por exemplo. Segundo Azevedo (4), a *S. byzantina* possui alto teor de proteínas, tendo 12% de proteínas em sua composição, sendo uma boa fonte de proteína vegetal e auxiliando em dietas livres de proteínas animais. Estudos apontam também que a *S. byzantina* é rica em compostos nutracêuticos, possui alta concentração de minerais e níveis altos de vitamina C e K, possuindo potencial antioxidante, antidiabético e antiobesidade (3). Assim, os compostos bioativos da *S. byzantina* podem ser de grande utilidade na indústria de alimentos, uma vez que esses compostos trazem diversas vantagens para nutrição e saúde humana.

A extração de compostos bioativos vegetais utilizando solventes orgânicos tradicionais, são, em geral, de baixo custo, mas pode ser tóxica para extração em alimentos (3). Além disso, ainda há preocupação com os compostos liberados no meio ambiente pelos solventes tradicionais. Com isso, os solventes verdes vem sendo cada vez mais apontados

como substituição aos tradicionais. Os solventes eutéticos profundos naturais (NADES), segundo Silva (3), são considerados decorrentes dos solventes ecológicos, são pouco voláteis, termicamente estáveis e não inflamáveis. Por apresentar tais atributos, um estudo dos NADES é muito interessante, aliado a “promessa” da *Stachys byzantina* de ser uma planta rica em bioativos. Portanto o presente estudo objetiva quantificar atividade antioxidante e de flavonoides, ampliando o conhecimento a respeito da *Stachys byzantina* e dos NADES.

MATERIAIS E MÉTODOS

A *S. byzantina* foi cultivada por 6 meses e logo após, colhida do canteiro da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, conforme mostrado na Figura 1, higienizada em água corrente e secas em estufa de circulação de ar forçada (Cienlab) a 45°C, por um período de 8h, até peso constante, conforme Figura 2. Logo após, foram trituradas, identificadas e armazenadas em freezer.

Foram coletadas 1,7 kg de folhas saudáveis *in natura* de *Stachys byzantina* da horta da Universidade Tecnológica Federal do Paraná -*campus* Campo Mourão. Em seguida, as combinações 1 e 2 de solventes foram pesadas (pesos e componentes das combinações estão indicados na Tabela 1) e levadas ao agitador magnético (Lutech), a temperatura de 80°C com agitação de 50 rpm, até que se transformasse em líquidos límpidos de uma única fase, livre de sólidos visíveis. Após resfriamento e com os solventes em temperatura ambiente, foi adicionada água destilada para diminuição da densidade dos solventes, em proporção de 50%. Em seguida, os NADES foram acondicionados em frasco âmbar, identificados e armazenados em dessecador.

Tabela 1 - Combinações, razões molares e mássicas para o preparo de solventes eutéticos naturais profundos (NADES)

Número	Aceitador	Razão mássica Aceitador	Doador	Razão mássica Doador	Razão Molar
1	Cloreto de colina	0,3755	Ácido levulínico	0,6245	1:2
2	L-Prolina	0,3315	Ácido levulínico	0,6685	1:2

Fonte: Autoria Própria (2022).

Para a realização das extrações, inicialmente foram pesadas em balança analítica triplicatas com 0,314g de amostra (peixinho da horta) em tubos de Falcon e adicionados 2,5 mL de NADES por amostra. Esta mistura foi submetida a banho ultrassônico, na temperatura de 50°C, frequência de 37 Hz, potência de 30% durante o período de 5 min. Retirou-se o solvente (com compostos bioativos) e reservou-se em béquer. A amostra sólida então seguiu para uma segunda extração, repetindo o processo anterior. Esse procedimento foi repetido para os tempos de 10 e 15 min, respectivamente. Após a extração das amostras, os béqueres foram identificados e reservados em freezer para posteriores análises dos compostos bioativos.

Foram realizadas pesagens posteriores as extrações para comparativo de massa e análises para quantificação de flavonoides e determinação da atividade antioxidante pelas

metodologias FRAP e DPPH. As análises foram feitas em ambiente escuro e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro Uv- Vis (Global Analyzer). As técnicas aplicadas e sua metodologia, assim como padrão e concentração da curva estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Análises aplicadas nas amostras, técnicas utilizadas no preparo das curvas de calibração e concentração das curvas.

Análise	Padrão	Concentração da curva padrão	Técnica aplicada	Referências
Flavonoides	Quercetina	30,6 - 918 mg.L ⁻¹	250 µL de amostra + 1000 µL de água destilada + 75 µL de NaNO ₂ (5 minutos) + 75 µL de AlCl ₃ 10% (5 minutos) + 500 µL de NaOH 1 mol/L. A leitura foi realizada imediatamente em 510 nm.	Zhishen, Mengcheng, Jianming (5)
FRAP	Trolox	20 - 1600 µmol.L ⁻¹	60 µL de amostra + 240 µL de água destilada + 1500 µL de reagente FRAP. Incubar por 30 minutos à 37°C em banhomaria. Leitura em 595 nm.	Rufino et al. (6)
DPPH	Trolox	20 - 1600 µmol. L ⁻¹	25µL de amostra + 75 µL de água destilada + 3500µL de solução de DPPH. Reservar durante 30 minutos em local escuro. Leitura em 515 nm.	Silveira et al. (7)

Fonte: Autoria Própria (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos por meio das curvas de calibração descritas. Assim tem-se para flavonoides, $y = 0,137x + 0,0516$ com $R^2 = 0,9980$ para o padrão quercetina. Para FRAP, $y = 0,000797x + 0,00885$ com $R^2 = 0,9646$ e DPPH, $y = -0,104x + 0,808$ com $R^2 = 0,9619$, ambos utilizando o padrão trolox.

Analisando-se os dados da Tabela 3 em relação ao comparativo de massa verifica-se que não há diferença significativa entre a absorção da peixinho em relação aos NADES L-prolina + ácido levulínico e cloreto de colina + ácido levulínico, nos tempos de 5, 10 e 15 min. Com relação ao DPPH, que mede a atividade antioxidante por meio de compostos bioativos envolvidos na desativação de radicais, os maiores valores de atividade antioxidante foram determinados para cloreto de colina + ácido levulínico ($0,48 \pm 0,01 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) no tempo de 5 min e L-prolina + ácido levulínico ($0,45 \pm 0,02 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) no tempo de 15 min, sem apresentar diferença significativa entre as médias. O menor valor do DPPH ficou com o solvente cloreto de colina + ácido levulínico ($0,19 \pm 0,01 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) no tempo de extração de 15 min. Para a quantificação dos flavonoides, o solvente L-prolina + ácido levulínico ($0,34 \pm 0,05 \text{ mgEQ.g}^{-1}$) apresentou maior valor do tempo de 10 min de extração, enquanto que a extração em 5 min apresentou menor valor na extração de flavonoides para os dois solventes empregados, ($0,16 \pm 0,02 \text{ mg Q.g}^{-1}$) e ($0,16 \pm 0,00 \text{ mg EQ.g}^{-1}$), para L-prolina + ácido levulínico e cloreto de colina + ácido levulínico, respectivamente. Na metodologia por FRAP, que mede a atividade antioxidante por meio do nível de redução de ferro a atividade antioxidante manteve a mesma média significativa

para a extração de Cloreto de colina + ácido levulínico ($0,43 \pm 0,00 \mu\text{mol ET. g}^{-1}$) em 5 min e L-prolina + ácido levulínico ($0,44 \pm 0,01 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) em 10 min de extração como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias e desvios padrões das análises dos extratos quanto a quantificação de flavonoides, atividades antioxidantes (DPPH, FRAP) e comparativo de massa.

Tempo de extração (min)	Solvente	Comparativo demassa (g)	DPPH (* $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$)	Flavonoides (*mg EQ.g ⁻¹)	FRAP ($\mu\text{mol ET.g}^{-1}$)
5	L-prolina + ácido levulínico	1,68 ^{a**} ±0,05	0,35 ^b ±0,05	0,16 ^c ±0,02	0,36 ^{bc} ±0,00
5	Cloreto de colina + ácido levulínico	1,55 ^a ±0,33	0,48 ^a ±0,01	0,16 ^c ±0,00	0,43 ^a ±0,00
10	L-prolina + ácido levulínico	1,53 ^{ab} ±0,02	0,38 ^b ±0,01	0,34 ^a ±0,05	0,44 ^a ±0,01
10	Cloreto de colina + ácido levulínico	1,45 ^{ab} ±0,25	0,43 ^{ab} ±0,00	0,22 ^{bc} ±0,01	0,34 ^{cd} ±0,01
15	L-prolina + ácido levulínico	1,20 ^b ±0,10	0,45 ^a ±0,02	0,25 ^b ±0,01	0,40 ^{ab} ±0,01
15	Cloreto de colina + ácido levulínico	1,33 ^{ab} ±0,10	0,19 ^c ±0,01	0,19 ^{bc} ±0,02	0,30 ^d ±0,01

*mg EQ.g⁻¹=miligramas equivalentes de quercetina por grama de amostra seca; $\mu\text{mol ET. g}^{-1}$ =micromol equivalentes de trolox por grama de amostra seca; g = gramas;

**Sobrescritos iguais na mesma coluna, para a mesma variável resposta, indicam médias sem diferença estatisticamente significativa com 5% no Teste de Tukey.

Fonte: Autorial Própria (2022).

Considerando os maiores valores de encontrados de flavonoides e atividade antioxidante (por FRAP e DPPH), tem-se que a melhor combinação de solventes e o melhor tempo é o NADE Cloreto de colina + ácido levulínico, no tempo de 10 min. Deve-se levar em consideração também que pode haver diferenças nas análises realizadas para atividade antioxidante, uma vez que o método FRAP mede a atividade antioxidante por meio do nível de redução de ferro e o DPPH, por meio dos compostos bioativos envolvidos na desativação de radicais. Além desses métodos, existem outros métodos que buscam outras propriedades para realizar a análise, como ABTS que mede a atividade antioxidante por meio da captura do radical.

Silva et al. (10) estudaram a extração e recuperação de flavonoides na *Melissa officinalis* também pertencente à família Lamiaceae obtendo valores de 228 $\mu\text{g EQ.g}^{-1}$ em extração por decocção com água destilada, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho, tanto na extração a base de ácido levulínico no tempo de 10 min e tendo até superado esse valor com L-prolina + ácido levulínico, no tempo de 10 e 15 min. Hmidani et al. (11), em estudos com a família Lamiaceae, constataram um valor de 0,013 $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ para inibição de radicais de DPPH na *Origanum majorana* e 0,023 $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ na *Lavandula officinalis*, em extração com água destilada em incubadora de agitação orbital. Azevedo (3), com a extração de *S. byzantina*, obteve 0,031 $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$ para inibição de radicais de DPPH em extração com metanol por meio de ultrassom. Já para FRAP, os valores obtidos foram

muito menores que qualquer outro constatado em literatura. Hmidani et al. (11) obtiveram 477,82 $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ para a *Origanum majorana* e 226,82 $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ para a *Lavandula officinalis*.

Assim, pode-se notar que ambos os NADES a base de ácido levulínico no tempo de 10 min obtiveram valores semelhantes, tendo até superado esse valor com L-prolina + ácido levulínico no tempo de 10 e 15 min. Analisando estatisticamente a fim de encontrar os melhores valores extraídos de flavonoides, e a melhor atividade antioxidante pelos métodos FRAP e DPPH, chegou-se à conclusão de que o melhor solvente (NADE) e tempo de extração, seria cloreto de colina + ácido levulínico no tempo de 10 min.

CONCLUSÕES

Por fim, levando em consideração os estudos anteriores, a presente pesquisa evidenciou que o método banho ultrassônico no tempo de 10 min foi o que mais se destacou quanto a extração de bioativos, mostrando que o NADES mais eficiente é a combinação de cloreto de colina + ácido levulínico, acrescido com 50% de água. Isso evidencia que não há necessidade de utilização de um tempo maior na extração, uma vez que em 10 min extraiu-se mais composto bioativos do que em 15 min. A presente pesquisa ainda evidencia uma boa fonte de compostos antioxidantes e de flavonoides que é a *S. byzantina*, mostrando-se uma planta promissora para futura aplicação em alimentos. Ainda, se combinada aos NADES, por serem solventes naturais atóxicos, podem oferecer aplicações seguras em alimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária, pela bolsa e oportunidade de desenvolver esta pesquisa; à UTFPR pelo fomento na compra de reagentes para pesquisa, à minha orientadora Dra. Leila Marques, sem a qual essa pesquisa não seria possível; à Dra. Flávia Reitz, pela ajuda na parte estatística; às técnicas de laboratório e todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Virgolin LB, Seixas, FRF, Janzanti NS. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesq Agropec Bras* [Internet] 2017 [acesso em Maio 2022 15]; 52(10):933-941. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/vP4vzvwrDb5yfcvVqs78SXv/?lang=en&format=pdf>
2. Terra SB, Ferreira BP. Conhecimento De Plantas Alimentícias Não Convencionais Em Assentamentos Rurais. *Verde De Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [Internet] 2020 [acesso em Maio 2022 15] 15(2):221-28, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7509964.pdf>
3. Silva CFB. Avaliação *in vitro* de extratos de peixinho da horta (*Stachys byzantina*) obtidos por meio de solventes eutéticos profundos naturais. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná [Internet] 2021 [acesso em Maio 2022 15]. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27241/1/peixinhoortasolventeseuteticos.pdf>

4. Azevedo TD. Propriedades nutricionais, antioxidantes, antimicrobianas e toxicidade preliminar do peixinho da horta (*Stachys byzantina* K. Koch). [Dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, [Internet] 2018 [acesso em Maio 2022 15] Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/58899/R%20-%20D%20-%20THAISE%20DUDA%20DE%20AZEVEDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Bubalo MC, Čurko N, Tomašević M, Ganić KK, Redovniković IR. Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents. Food Chem [Internet] 2016 [acesso em Maio 2022 15]; 200:159-166. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616300449>
6. Zhu H, Zhang J, Li C, Liu S, Wang L. *Morinda citrifolia* L. leaves extracts obtained by traditional and eco- friendly extraction solvents: Relation between phenolic compositions and biological properties by multivariate analysis. Ind Crops Prod [Internet] 2020 [acesso em Maio 2022 15];153:112586. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112586>
7. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem [Internet] 1999 [acesso em Maio 2022 15]; 4:555-559. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814698001022>
8. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). Comunicado técnico online - EMBRAPA, [Internet] 2006 [acesso em Maio 2022 15] 125:1-4. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/664098/metodologia-cientifica-determinacao-da-atividade-antioxidante-total-em-frutas-pelo-metodo-de-reducao-do-ferro-frap>
9. Silveira AC, Kassuia YS, Domahovski RC, Lazzaroto M. Método de DPPH adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível. Comunicado técnico – EMBRAPA [Internet] 2018 [acesso em Maio 2022 15];421: 1-11. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1101294/metodo-de-dpph-adaptado-uma-ferramenta-para-analisar-atividade-antioxidante-de-polpa-de-frutos-da-erva-mate-de-forma-rapida-e-reprodutivel>
10. Silva NL, Araújo IPC, Batista MRF, Santos TBA, Fernando WL, Amaral FR. Determinação da atividade antioxidante e do teor de flavonoides totais equivalentes em quercetina em extrato aquoso de folhas de *Cymbopogon citratus* (dc) stapf e *Melissa officinalis* obtidos por decocção. Conex. Ciênc. [Internet] 2017 [acesso em Maio 2022 15];12(1) 46-53. Disponível em: <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/article/view/499/556>

11. Hmidani A, Bouhlali EDT, Ajebli M, Khouya T, Benlyas M, Alem C. Investigação *in vitro* das atividades antioxidantes e anti-hemolíticas de três espécies de *Lamiaceae* do Marrocos. *Jornal de Ciências Básicas e Aplicadas da Universidade Beni-Suef* [Internet] 2021 [acesso em Maio 2022 15]; 10(1): 1-8. Disponível em: <https://bjbas.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s43088-021-00116-9.pdf>



Capítulo 22

DOI: 10.53934/08082023-22

INFLUÊNCIA DO BIOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA DE CAFÉS EXÓTICOSThiago dos Santos Lima [Thiago Lima \(0009-0000-7313-637X\) \(orcid.org\)](https://orcid.org/0009-0000-7313-637X) *

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
thiago.dos.santos.lima@proton.me

Resumo: Este artigo apresenta uma pesquisa sobre a influência do bioprocessamento nas características físico-químicas de cafés exóticos. O objetivo geral deste estudo foi investigar as alterações nos precursores de sabor causadas. Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: investigar as transformações bioquímicas, analisar os efeitos nos compostos voláteis responsáveis pelas características sensoriais e avaliar o impacto na qualidade sensorial. A metodologia utilizada incluiu a revisão de literatura relevante e a análise de dados de fontes secundárias. A pesquisa revelou que esse tipo de bioprocessamento influencia a formação de precursores de sabor, como os aminoácidos e os açúcares de maior destaque, a exemplo da glicose e sacarose, resultando em perfis sensoriais únicos. Concluiu-se que o estudo dessas alterações é fundamental para aprimorar a compreensão e promover avanços na produção e comercialização. As considerações finais destacam a importância da continuidade da pesquisa nesse assunto para ampliar o conhecimento atual e estimular futuros desenvolvimentos na área.

Palavras-chave: precursores de sabor; qualidade sensorial; açúcar; especiais; indústria.

Abstract: This article presents research on the influence of bioprocessing on the physicochemical characteristics of exotic coffees. The general objective of this study was to investigate the alterations in the flavor precursors caused. To achieve this objective, the following specific objectives were established: to investigate the biochemical transformations, to analyze the effects on the volatile compounds responsible for the sensorial characteristics and to evaluate the impact on the sensorial quality. The methodology used included a review of relevant literature and analysis of data from secondary sources. The research revealed that this type of bioprocess influences the formation of flavor precursors, such as amino acids and sugars, resulting in unique sensory profiles. It was concluded that the study of these changes is essential to improve understanding and promote advances in production and marketing. Final considerations highlight the importance of continuing research on this subject to expand current knowledge and stimulate future developments in the area.

Keywords: flavor precursors; sensory quality. sugar. specials. industry.

INTRODUÇÃO

A influência do bioprocessamento, mecanismo que utiliza microrganismos como os fungos e bactérias com objetivo de realçar o sabor do café de acordo com as suas características físico-químicas, inclusive na busca por sabores exóticos e diferenciados, tem sido objeto de estudo e pesquisa na comunidade científica. Nesse contexto, é importante destacar a relevância dessa temática, pois esta é uma abordagem que visa explorar as transformações bioquímicas ocorridas durante o bioprocessamento do café, resultando em perfis sensoriais únicos e distintos.

O estudo da influência do bioprocessamento envolve a compreensão dos diferentes métodos e etapas envolvidos nesse processo, que se refere à manipulação dos microrganismos presentes nos grãos de café durante o processamento pós-colheita. A manipulação do café por meio de técnicas de bioprocessamento pode incluir fermentação controlada, secagem em condições específicas e intervenções microbianas direcionadas, sendo comuns as espécies bacterianas *Erwinia* e *Klebsiella*, mas cada região apresenta particularidades quanto ao bioprocessamento de café (1). Essas práticas visam a alterar as características químicas e físicas do café, influenciando diretamente seu aroma, sabor e qualidade.

O bioprocessamento desempenha um papel crucial na formação de compostos voláteis responsáveis pelos atributos sensoriais distintos encontrados. Esses compostos incluem uma ampla gama de substâncias, como ácidos orgânicos, ésteres, aldeídos e outros compostos aromáticos. Além disso, as transformações bioquímicas induzidas afetam a estrutura física dos grãos de café, influenciando propriedades como densidade, porosidade e solubilidade.

Através de técnicas analíticas avançadas, como cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas e espectroscopia de infravermelho próximo, foi possível identificar e quantificar os compostos resultantes, bem como avaliar as mudanças físico-químicas ocorridas no café. Esses estudos contribuem para uma compreensão mais profunda dos mecanismos envolvidos na formação de características sensoriais específicas e na qualidade do café exótico, que se constitui em um produto de diferente sabor, mais extravagante e de caráter singular.

O bioprocessamento ajuda na compreensão dos efeitos dessas práticas, o que permite aos produtores e torrefadores explorarem a diversidade de perfis sensoriais encontrados nesses cafés, bem como otimizarem os processos de produção para alcançar características desejadas.

Portanto, o objetivo desta revisão bibliográfica narrativa é fornecer uma compreensão geral e atualizada sobre a influência do bioprocessamento na caracterização físico-química de cafés exóticos, analisando fontes confiáveis e os avanços recentes na área, a fim de contribuir para o campo acadêmico e fornecer a compreensão necessária para futuras pesquisas. Para alcançar esse objetivo geral, foram elaborados os seguintes objetivos específicos:

- Investigar as alterações causadas pelo bioprocessamento na composição físico-química;
- Analisar os efeitos nos precursores de sabor;

- Avaliar as mudanças nas características físicas, como danos aos grãos ou membranas.

A questão de pesquisa definida para orientar este estudo é a seguinte: Quais são as alterações nos precursores de sabor dos cafés exóticos causadas pelo bioprocessamento?

Além disso, essa pesquisa preencherá lacunas na literatura atual, uma vez que há uma necessidade de estudos mais aprofundados.

Este estudo também tem implicações práticas, uma vez que os resultados podem ser aplicados na indústria cafeeira, permitindo aprimoramentos nos processos de produção e beneficiamento. Além disso, a compreensão das alterações nos precursores de sabor pode auxiliar na criação de blends e no desenvolvimento de cafés especiais com características sensoriais únicas. Essa pesquisa fornecerá uma base sólida para futuras investigações nesse campo, estimulando o avanço científico e a inovação na indústria do café.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho é uma revisão bibliográfica narrativa, que consiste em revisar e sistematizar as fontes bibliográficas sobre o tema em questão. Para selecionar os autores citados, foram realizadas pesquisas em bases de dados científicas, como Scielo, Capes e Google Acadêmico, bem como em livros e periódicos relevantes. Além disso, foram considerados materiais publicados nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola.

A lista bibliográfica foi desenvolvida com base nos critérios analíticos dos títulos e uma breve leitura do resumo de cada trabalho. A divisão dos períodos foi determinada pelos últimos 05 anos, salvo os clássicos, obras escritas por autores consagrados e com significados que se destacam de maneira atemporal independentemente das características e qualidades de determinada sociedade, para garantir a atualidade e relevância das fontes (2). Assim, a metodologia utilizada neste trabalho possibilita uma revisão completa e atualizada do assunto, oferecendo uma base sólida para a conclusão da pesquisa e enriquecendo o acervo científico sobre o tema em questão.

Diante dos objetivos estabelecidos, o estudo se desenvolveu ao longo dos seguintes tópicos: Alterações na composição físico-química dos cafés exóticos causadas pelo bioprocessamento; Efeitos do bioprocessamento nos precursores de sabor dos cafés exóticos; Mudanças nas características físicas decorrentes do bioprocessamento em cafés exóticos; Importância e relevância da pesquisa sobre a influência do bioprocessamento na caracterização físico-química de cafés exóticos. Com a realização da pesquisa e o sucesso na resolução do problema sobre a influência do bioprocessamento nas características físico-químicas de cafés exóticos chegou-se a uma conclusão e uma bibliografia abrangente foi compilada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alterações na composição físico-química dos cafés exóticos causadas pelo bioprocessamento

A pesquisa bibliográfica baseia-se em documentos de caráter científico, de modo que é importante mencionar que de acordo com Soares (3), a revisão bibliográfica qualitativa é uma fonte confiável de informações, pois agrega conhecimento de fontes selecionadas e é uma forma eficiente de identificar lacunas no campo de pesquisa.

A partir de uma análise minuciosa da literatura científica, foram identificados estudos que comprovam a influência do bioprocessamento na concentração de compostos orgânicos e inorgânicos nos cafés exóticos, que são produzidos a partir de processos de fermentação induzida, buscando oferecer um sabor diferenciado em relação ao café processado por meio de fermentação natural (4). O bioprocessamento pode ser entendido como o processo de utilização de microrganismos vivos a fim de modificar o sabor do alimento.

Durante esse processo, há uma série de reações bioquímicas que alteram a composição físico-química dos grãos, resultando em variações nos teores desses compostos.

No que diz respeito aos compostos orgânicos, tem-se demonstrado ter um impacto significativo na formação e modificação dessas substâncias. Esses compostos podem incluir ácidos orgânicos, açúcares, polifenóis e outros compostos bioativos. O processo de fermentação controlada, por exemplo, pode levar à produção de ácidos orgânicos em diferentes concentrações, conferindo características específicas ao café exótico (5).

Sendo assim, também afeta a concentração de compostos inorgânicos. Estes podem ser minerais essenciais, como potássio, magnésio e cálcio, que desempenham um papel fundamental na qualidade do café. A interação entre os microrganismos presentes nos grãos e as substâncias inorgânicas pode resultar em modificações nessas concentrações, afetando a composição final do café exótico.

A literatura revela que o bioprocessamento exerce influência direta nas propriedades físico-químicas dos cafés. Essas alterações podem ser observadas em diferentes aspectos, incluindo acidez, pH, solubilidade e composição centesimal. Por exemplo, estudos indicam que pode resultar em variações significativas na acidez, conferindo-lhes características sensoriais únicas (6).

Outro aspecto importante do bioprocessamento é a influência na composição físico-química do café. Durante o processo, as alterações bioquímicas podem levar a modificações nos teores de lipídios, proteínas e carboidratos presentes nos grãos. Essas mudanças podem afetar diretamente as propriedades físicas e sensoriais (7)

Dessa maneira, também desempenha um papel crucial na solubilidade dos compostos presentes. Estudos indicam que diferentes métodos, como fermentação controlada e secagem em condições específicas, podem influenciar a capacidade de dissolução dos compostos solúveis, afetando a extração e a qualidade da bebida final (8).

Através da utilização de técnicas avançadas de análise, como espectroscopia e cromatografia, têm sido possível avaliar e quantificar essas modificações, proporcionando uma compreensão mais aprofundada dos efeitos na qualidade e nas características dos cafés (9).

Efeitos do bioprocessamento nos precursores de sabor dos cafés exóticos

A literatura científica apresenta uma variedade de transformações bioquímicas que ocorrem durante o bioprocessamento e que influenciam diretamente os precursores como

aminoácidos livres e os açúcares redutores, que são responsáveis pelo realce de sabor nos cafés exóticos (10). Dentre essas transformações, destacam-se a degradação de carboidratos, a metabolização de ácidos orgânicos e a ativação de enzimas presentes nos grãos de café (11).

Durante o bioprocessamento, os carboidratos presentes nos grãos são submetidos a processos de fermentação, que resultam na produção de álcoois, ésteres e outros compostos voláteis. Esses compostos contribuem para a formação de aromas e sabores característicos. Além disso, a metabolização de ácidos orgânicos, como o ácido málico e o ácido cítrico, por microrganismos presentes durante o processo, leva à formação de ácidos voláteis, conferindo notas ácidas e frutadas (10).

Enzimas como as polifenol oxidases e as lipases são ativadas durante o processo, promovendo reações de oxidação e hidrólise que levam à formação de compostos voláteis e à liberação de ácidos graxos, respectivamente. Esses compostos são responsáveis por notas aromáticas específicas e pela riqueza de sabores encontrada (12).

Uma ampla variedade de microrganismos podem estar envolvidos no bioprocessamento, cada um com suas características metabólicas e contribuições específicas. Esses microrganismos podem influenciar o perfil sensorial por meio de diferentes vias metabólicas, como fermentação, hidrólise e metabolização de compostos presentes nos grãos (13).

A fermentação controlada, por exemplo, é um processo em que leveduras desempenham um papel importante na produção de álcoois, ésteres e outros compostos voláteis que contribuem para a formação de sabores característicos. As bactérias também podem desempenhar um papel relevante, especialmente na produção de ácidos orgânicos por meio da metabolização de ácidos presentes nos grãos, resultando em sabores ácidos e frutados (14).

Além disso, os fungos têm sido reconhecidos como participantes essenciais, atuando em diferentes etapas e contribuindo para a formação de compostos voláteis complexos. A interação entre os microrganismos e os substratos presentes nos grãos de café pode ocorrer de maneiras distintas, como a degradação de polissacarídeos pelos fungos, que libera açúcares fermentáveis, resultando na formação de aromas e sabores característicos (11).

Mudanças nas características físicas decorrentes do bioprocessamento em cafés exóticos

A fermentação controlada, uma etapa-chave do bioprocessamento, pode desencadear danos e alterações na estrutura dos grãos de café. Durante esse processo, a atividade microbiana e enzimática pode levar à degradação de polissacarídeos presentes nos grãos, resultando em modificações na estrutura da parede celular e na integridade do endosperma. Além disso, a fermentação pode promover a liberação de gases, levando à formação de espaços vazios dentro dos grãos (9).

A secagem dos grãos, etapa subsequente, também pode causar danos e alterações na estrutura dos mesmos. A aplicação de altas temperaturas durante o processo de secagem pode levar à contração dos grãos e à formação de rachaduras, comprometendo sua integridade física. Além disso, a velocidade e uniformidade da secagem podem influenciar na formação de defeitos, como grãos quebrados ou deformados (7).

O armazenamento dos grãos de café também pode levar a alterações na estrutura e qualidade. Condições inadequadas de armazenamento, como alta umidade ou variações de temperatura, podem resultar em problemas como a deterioração da estrutura celular, favorecendo a ação de microrganismos indesejáveis e afetando a qualidade sensorial do café. Através de técnicas avançadas de análise, como microscopia eletrônica de varredura e técnicas de imageamento, eles têm sido capazes de avaliar as mudanças morfológicas e estruturais ocorridas nos grãos durante as diferentes etapas do processo (11).

A membrana celular é uma estrutura essencial nos grãos de café, desempenhando um papel fundamental na manutenção da integridade das células e no controle das trocas de substâncias com o meio externo. Durante o bioprocessamento, a ação de microrganismos e enzimas presentes nos grãos pode levar a modificações na estrutura e composição dessa membrana (10).

Sendo assim, este pode afetar a integridade da membrana celular dos grãos de café. A atividade enzimática durante a fermentação, por exemplo, pode levar à degradação de componentes da membrana, resultando em mudanças na sua estrutura e permeabilidade. Isso pode influenciar a troca de substâncias e afetar o equilíbrio interno dos grãos de café.

No mais, também pode afetar a composição lipídica da membrana celular dos grãos de café. As modificações nos lipídios presentes na membrana podem resultar em alterações na fluidez e na organização molecular, influenciando as propriedades físicas e a funcionalidade da membrana. Por meio de técnicas analíticas avançadas, como análise de lipídios e microscopia eletrônica de varredura, têm sido possível avaliar as mudanças na estrutura e na composição da membrana celular e seu efeito na qualidade final do café.

Importância e relevância da pesquisa sobre a influência do bioprocessamento na caracterização físico-química de cafés exóticos

Uma das principais contribuições é o aprofundamento do entendimento dos processos de bioprocessamento e sua influência na qualidade do café. Por meio de pesquisas detalhadas, tem-se investigado as transformações bioquímicas, as alterações nas propriedades físico-químicas e os impactos nas características sensoriais. Essas descobertas têm sido cruciais para o desenvolvimento de práticas de processamento mais eficientes e sustentáveis, resultando em cafés de alta qualidade e diversidade de perfis sensoriais (15).

Assim, ao explorar as nuances e complexidades dos cafés exóticos, se destaca a importância da valorização das características sensoriais distintas de diferentes origens e variedades de café. Essa abordagem tem estimulado a produção e o consumo de cafés especiais, despertando o interesse de consumidores que buscam experiências sensoriais únicas e de alta qualidade.

Outra contribuição significativa é o aprimoramento das técnicas de análise e controle de qualidade do café. Tem-se impulsionado o desenvolvimento de métodos analíticos avançados, como cromatografia, espectrometria e imageamento, permitindo uma avaliação mais precisa e abrangente das características físico-químicas e sensoriais do café. Essas técnicas têm sido adotadas pela indústria para garantir a consistência e a autenticidade dos produtos, bem como para promover a rastreabilidade e a transparência em toda a cadeia de valor do café (13,14).

Uma das áreas em que os avanços científicos têm se mostrado aplicáveis é a otimização dos processos de bioprocessamento. Estes fornecem informações cruciais sobre

as transformações bioquímicas, as alterações nas propriedades físico-químicas e os impactos nas características sensoriais. Esses conhecimentos têm sido aplicados pelos produtores e processadores de café para aprimorar suas técnicas de produção, resultando em cafés de melhor qualidade, com perfis sensoriais mais distintos e consistentes (9).

Dessa forma, a aplicabilidade prática dos resultados das pesquisas é evidente na área de controle de qualidade do café. Suas contribuições têm impulsionado o desenvolvimento e a adoção de métodos analíticos avançados, como cromatografia e espectrometria, que permitem a identificação precisa e a quantificação de compostos-chave relacionados à qualidade sensorial do café. Essas técnicas têm sido amplamente utilizadas pela indústria para avaliar a autenticidade, a consistência e a segurança dos produtos, garantindo a satisfação dos consumidores e promovendo a confiança no mercado.

Os estudos têm estimulado a valorização da diversidade de origens e variedades de café, impulsionando a produção e o consumo de cafés especiais. Essa abordagem tem contribuído para a criação de uma gama mais ampla de produtos, atendendo às demandas dos consumidores por experiências sensoriais únicas e de alta qualidade (12).

O que têm levado a uma compreensão mais profunda dos impactos ambientais e sociais do processamento do café, permitindo a implementação de práticas mais sustentáveis em termos de conservação de recursos, redução de resíduos e melhoria das condições de trabalho nas fazendas de café (8,17).

CONCLUSÕES

Ao final da pesquisa, foi possível concluir que este exerce de fato um impacto significativo na composição físico-química. Os estudos investigados evidenciaram alterações nos teores de compostos orgânicos e inorgânicos, bem como nas propriedades físico-químicas desses cafés, como acidez, pH e solubilidade. Além disso, constatou-se que também resulta em uma gama diversificada de compostos voláteis responsáveis pelas características sensoriais distintas encontradas nesses cafés.

No entanto, é importante destacar que apesar dos avanços e conhecimentos adquiridos até o momento, as pesquisas sobre o tema ainda são necessárias para aprimorar o entendimento atual e preencher possíveis lacunas na literatura científica. Novos estudos experimentais e abordagens analíticas mais refinadas podem fornecer entendimentos adicionais, aprofundando a compreensão sobre a influência desses processos nas características sensoriais e na qualidade desses cafés.

Em síntese, os resultados desta pesquisa confirmam a hipótese inicial, incluindo alterações na composição físico-química/centesimal e nos precursores de sabor. No entanto, são necessárias investigações futuras para ampliar o conhecimento científico nessa área, a fim de subsidiar a indústria cafeeira com informações relevantes para aprimorar a produção, beneficiamento e comercialização, bem como para explorar novas oportunidades sensoriais e de mercado.

REFERÊNCIAS

1. PEREIRA, T. S. **Aspectos microbiológicos, perfil químico e sensorial de cafés fermentados em biorreatores** [dissertação]. UFLA, 2020.

2. MARCONI, M. de A. M.; LAKATOS, E. M.. Técnicas de Pesquisa. 5º ed. São Paulo. Editora Atlas, 2002.
3. SOARES, S. de J. **Pesquisa científica: uma abordagem sobre o método qualitativo.** Revista Ciranda, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2019.
4. ALVES, E.A. et al. **Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicas.** Revista Ifesciência. 2020; 6 (3):159-170.
5. Spencer PVD. **Caracterização bioquímica de lipases de fungos filamentosos visando a produção de biocombustíveis.** UFVJM. 2022.
6. Contador M, et al. **Otimização do processo de extração de café a frio (cold brew coffee), caracterização físico-química e sensorial.** Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP. 2019;(27):1-1.
7. Santana FR et al. **Resíduo úmido cervejeiro como substrato para obtenção de extrato enzimático amilásico por Aspergillus niger NCQS 40371** [dissertação]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2021.
8. Silva MF. **Desenvolvimento de processo biotecnológico para obtenção de frutossiltransferase a partir de linhagens de aspergillus spp. utilizando resíduos agroindustriais** [tese de graduação]. Brasil; 2018.
9. Geraldi MV, et al. **Caracterização físico-química e antioxidante de amostras comerciais de café da categoria tradicional.** *Brazilian Journal of Food Research.* 2021;11(1):1-18.
10. SANTOS, Sylvia Coelho Maehara dos. **Influência da asparaginase na redução da concentração da acrilamida em café** [tese de graduação]. UFCSPA, 2022.
11. Lopes C.C. **Otimização e caracterização físico-química de café produzido pelo método de extração a frio (Cold Brew)** [tese de graduação]. Brasil; 2021.
12. Delafrente B., et al. **Desenvolvimento de bebida tipo café com leite à base de extrato de café e extrato de soja e sua caracterização físico-química.** Hig. aliment. 2019;33:1381-1385.
13. Costa N.C, et al. **Caracterização físico-química do caroço de açaí (Euterpe oleracea Mart.) torrado destinado à produção de uma bebida quente.** Revista Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos; 2021.
14. Celestino S.M.C., Veiga A.D. **Caracterização físico-química e produtividade de grãos de cafeeiros do banco de germoplasma da Embrapa Cerrados.** X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil; 2019.
15. Gutierrez M.P. et al. **Efeito das concentrações de mosto, de polpa de umbu (Spondias tuberosa Arruda câmara) e de extrato de feijão caupi (Vigna unguiculatal. Walp) na produção de hidromel por Saccharomyces bayanus premier blanc.** Universidade Estadual de Feira de Santana. 2019.
16. Delafrente B. et al. **Desenvolvimento de bebida à base de extrato de café e extrato de soja: elaboração, caracterização físico-química e avaliação sensorial** [dissertação]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2018.
17. Silva G.O. **Produção e caracterização de pectinases pelo fungo Rasamsonia emersonii BC e avaliação do efeito de sua aplicação em coquetel enzimático na sacarificação da palha da cana-de-açúcar** [dissertação]. Universidade Estadual Paulista (Unesp); 2019.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Desenvolvimento de novos produtos e Segurança de Alimentos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





MODELAGEM DA DESESTABILIZAÇÃO DO SORO DE LEITE DE CABRA E OVELHA

**Fabio Ribeiro dos Santos¹, Damaris Moura Leal², Pedro E. D. Augusto³, Alline
Artigiani Lima Tribst², Bruno Ricardo de Castro Leite Junior⁴**

¹Estudante do Curso de Pós-Graduação no Departamento de Tecnologia de Alimentos-DTA, Laboratório de Inovação no Processamento de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa- (LIPA/UFV) - Minas Gerais.

²Pesquisadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, Universidade Estadual de Campinas (NEPA/UNICAMP) – São Paulo.

³Docente/pesquisador da Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux, Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB), 3 rue des Rouges Terres 51110 Pomacle, France.

⁴Docente/pesquisador do Departamento de Tecnologia de Alimentos-DTA, Laboratório de Inovação no Processamento de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa- (LIPA/UFV) – Minas Gerais.

Introdução: O soro de leite de cabra e ovelha é um subproduto da produção de queijos, que pode ser valorizado por meio da produção de bebidas. Entretanto, pequenos produtores possuem limitações tecnológicas para estabilizá-los. **Objetivo:** Este trabalho utilizou estratégias simples que foram eficazes para inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis em soro de ovelha e de cabra, avaliando e modelando a estabilidade física desses produtos ao longo do armazenamento (28 dias/7°C). **Métodos:** Os tratamentos produzidos foram: adição de nisina, cultura bioprotetora (*Lactocaseibacillus casei*) e acidificação (pH 4,5; 3,5; 2,5) associada à refrigeração. A estabilidade física das amostras foi monitorada usando retroespalhamento de luz infravermelha próxima a 880 nm com varredura da base ao topo do tubo. As medições foram realizadas por até 28 dias à 7°C e os fenômenos de separação foram avaliados considerando a altura de sedimentação e cremação e os valores do retroespalhamento no ponto máximo da região de cremação e na metade da altura do tubo. **Resultados:** Cada soro se desestabilizou em um padrão diferente e cada parâmetro apresentou um comportamento específico. Desta forma, diferentes modelos foram usados para descrever a cinética. A sedimentação apresentou um comportamento sigmoide. Consequentemente, foi descrito pelo Modelo de Gompertz, cujos parâmetros representam o tempo necessário para iniciar a sedimentação (fase lag), sua taxa e valor máximo (platô). Os valores do retroespalhamento no ponto máximo de cremação mostraram um comportamento côncavo descendente, com um rápido crescimento inicial seguido por um platô. Assim, para descrevê-lo, foi utilizado o Modelo Peleg, cujos parâmetros representam a taxa de variação e o valor do platô. Os valores do retroespalhamento na metade da altura do tubo e a altura de cremação mostraram um comportamento complexo, com um aumento inicial e depois diminuição, até atingir um platô. Consequentemente, um modelo composto foi aplicado, compreendendo dois Modelos de Peleg - o primeiro termo sendo positivo, representando o fenômeno de aumento dos valores, e o segundo sendo negativo, representando o fenômeno de diminuição dos valores. **Conclusão:** Apesar da dispersão dos dados experimentais, os modelos obtidos puderam descrever bem os comportamentos observados, sendo uma ferramenta importante para comparar os tratamentos e inferir sobre os mecanismos associados. Consequentemente, eles podem ser usados para desenvolver estratégias para valorizar o soro de leite de pequenos ruminantes.

Palavras-chave: Cinética; Soro de leite; Estabilidade físicaI; Processamento.

**DESENVOLVIMENTO DE BALA DE GOMA SABOR TERERÉ**

Grace Kelly Mizuno Flozino^{1*} ; Júlia Silva da Paixão¹ ; Loyz Sousa Assis² ; Eliana Janet Sanjinez Argandoña³

1 Estudante do curso de Engenharia de Alimentos - UFGD

2 Estudante do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFGD

2 Docente no Curso de Engenharia de Alimentos – UFGD

Introdução A erva mate é amplamente difundida na região do Mato Grosso do Sul e do Paraguai, bem como na região Sul. Além do apelo cultural, a erva-mate possui propriedades que trazem benefícios para a saúde, como as metilxantinas, que atuam no sistema nervoso central, causando relaxamento muscular. No Mato grosso do Sul, o consumo tradicional da erva-mate é na forma de tereré, uma bebida preparada com água fria e servida em guampa com compartilhamento da bomba entre grupo de amigos. Essa prática tornou-se inviável com a pandemia da Covid-19; assim, propor outras formas de consumo que mantenham o convívio social são importantes. **Objetivo** Desenvolver bala de goma sabor tereré cujo aroma e sabor forneçam a sensação da própria bebida (Tereré). **Métodos** A bala de goma foi elaborada a partir de sacarose, extrato de erva-mate, gelatina, corante e água. Inicialmente foi preparado o extrato de erva mate por infusão a frio em água por 15 min, na proporção de 1:1 (100g erva mate e 100g água). Hidratou-se a gelatina em água e em seguida, misturou-se com o extrato e os demais ingredientes e iniciou-se o cozimento, sob agitação constante até completa homogeneização. Posteriormente, a mistura foi distribuída em moldes e refrigeradas à 10°C por aproximadamente 2h e embaladas. A aceitabilidade do produto foi avaliada sensorialmente por consumidores de tereré, de ambos os sexos, utilizando escala hedônica para analisar os atributos cor, textura, doçura, textura, aroma, sabor e aceitação global. A Intenção de compra, caso o produto estivesse à venda também foi avaliada., os resultados foram analisados pela ANOVA com 5% de nível de significância. **Resultados** As balas apresentaram textura adequada, muito semelhante às balas de gomas comercializadas. Seu aroma e sabor foram característicos da bebida tereré, além de ser visualmente atrativa pelo seu brilho e cor verde acentuada. Na avaliação sensorial, a cor e a aceitação global apresentaram notas maiores que 8,4 que representa “gostei muito”, a menor nota foi 7,8 para o atributo doçura. **Conclusão** O produto bala de goma sabor tereré elaborado a partir de extrato de erva-mate foi aceito pelos consumidores de tereré e pode ser considerada uma alternativa para ser consumido durante os intervalos da rotina das pessoas como uma maneira prática de manter a tradição do consumo do erva-mate.

Palavras-chave: Bala de gelatina; Análise sensorial; Tecnologia de alimentos; Desenvolvimento de novos produtos;



ADEQUAÇÃO DA VALIDADE E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DE LINGUIÇAS DE DIVERSAS MARCAS COMERCIALIZADAS EM ESTABELECIMENTOS VAREJISTAS DO RIO DE JANEIRO-RJ

Karina da Silva Nogueira¹; Fábio da Costa Henry²; Rafael dos Santos Costa³.

¹Residente do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal - CCTA – UENF.

²Docente/pesquisador do Laboratório de Tecnologia de Alimentos – CCTA – UENF.

³Auditor Fiscal de Vigilância Sanitária- Secretaria Municipal de Saúde- São João da Barra,RJ.

Introdução: A linguiça é um embutido muito popular no Brasil e no mundo, sendo ingrediente em muitos pratos regionais. Em estabelecimentos varejistas, a inocuidade deste produto está relacionada com as condições de armazenamento, que devem ser seguidas de acordo com as instruções descritas no rótulo. **Objetivo:** Avaliar se o armazenamento de linguiças comercializadas em expositores de estabelecimentos varejistas na cidade do Rio de Janeiro respeita as recomendações descritas em seu rótulo. **Métodos:** No mês de maio, 2023 foram avaliadas linguiças comercializadas em estabelecimentos varejistas de diferentes redes localizadas na cidade do Rio de Janeiro. Foi realizada uma seleção aleatória de seis estabelecimentos de diferentes redes varejistas para serem objeto de pesquisa. Para a análise das linguiças foi realizado um estudo transversal, qualitativo, onde foi observada a temperatura de conservação descrita em rótulo e comparada com a temperatura superficial da unidade amostral dispostas no expositor, obtida através da mensuração pelo termômetro a laser industrial. Para produtos reembalados, foi observado além da temperatura, se a validade descrita no rótulo estava de acordo com o a descrita no rótulo original. No caso de expositores refrigerados, a temperatura foi aferida em 3 pontos e calculada a média. **Resultado:** 100% das linguiças sob congelamento e refrigeração se encontravam dentro das recomendações indicadas, entretanto 33,33% dos estabelecimentos visitados apresentavam linguiças calabresas com validade não compatível (10 a 14 dias) com a do rótulo original (de 5 dias em temperatura até 25 °C), estando essas expostas a temperatura ambiente. **Conclusão:** Foram observadas boas condições de armazenamento para linguiças sob temperatura de congelamento e refrigeração assegurando a inocuidade do produto, entretanto foram encontradas linguiças calabresas porcionadas armazenadas sob temperatura ambiente com validade superior a indicada pela fabricante em dois estabelecimentos dos seis verificados, o que pode propiciar o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos.

Palavras-chave: linguiça; armazenamento; validade; temperatura.



CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE RESÍDUO SÓLIDO DA INDÚSTRIA DE BEBIDA ALCOÓLICA POR MISTURA A BASE DE GENGIBRE

Renata Campolim Camargo¹; Murilo Daniel de Mello Innocentini²; Osania Emerenciano Ferreira³

¹Estudante do Curso de Pós-graduação Doutorado em Tecnologia Ambiental –PPGTA – UNAERP.

²Docente/pesquisador do Depto de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental – PPGTA – UNAERP.

³Docente/pesquisadora do Depto de Ciências Agrárias e Biológicas – DCAB – UEMG.

Introdução: a industrialização do resíduo sólido de gengibre da indústria de bebidas alcoólicas por mistura pode ser uma alternativa economicamente interessante. Em tese, o processo de fabricação da bebida mista, onde ocorre a maceração a frio do gengibre em aguardente, e este mantido por 7 dias, deveria reduzir ou impedir o desenvolvimento de microrganismos neste material. **Objetivo:** assim, este trabalho teve por objetivo detectar a presença de contaminantes microbiológicos em resíduos da indústria de bebidas alcoólicas por mistura a base de gengibre. **Métodos:** duas amostras resíduo sólido de gengibre de bateladas diferentes foram retiradas do tanque de 18000 litros após o período de maceração em aguardente a 48°GL. Esse material foi seco em estufa de circulação forçada a 30°C até peso constante. Foi avaliada a presença de Bactérias totais em meio PCA (Plate Count Agar), Fungos totais (bolores e leveduras) em Ágar Sabouraud, Bactérias Gram negativas fermentadoras ou não de lactose (enterobactérias) em Ágar MacConkey, Bactérias lácticas meio Agar MRS (Man, Rogosa e Sharpe). Para diluição da amostra, 25g do material foi transferido para Erlenmeyer com 225mL contendo solução de água peptonada estéril a 0,1%, esta diluição foi considerada 10^{-1} . Transferiu-se 0,1 mL da diluição para placas Petri e verteu-se o meio de cultura, este material foi homogeneizado por 20x em movimento de 8. A incubação do material foi feita a 30 °C por 72 horas, sendo que para bolores e leveduras foi de 25 °C por 120 horas. As contagens do número de colônias foram realizadas em contador de colônias com 6x de aumento. **Resultados:** observaram-se as seguintes contagens na primeira e segunda amostra respectivamente: Bactérias totais da ordem de $15,0 \times 10^2$ UFC/mL e $9,7 \times 10^2$ UFC/mL, Bactérias lácticas $9,7 \times 10^2$ UFC/mL e $19,7 \times 10^2$ UFC/mL, Fungos totais (bolores e leveduras) inferior a 10^1 UFC/mL, e ausência de microrganismos fermentadores de lactose. **Conclusão:** a baixa carga microbiana e ausência de microrganismos que representem risco à saúde no resíduo de gengibre é interessante, pois permite a reutilização deste material sem grandes custos de tratamento, pela facilidade de manipulação, além de fomentar a economia circular. Determinar as características de um subproduto, possibilita identificar inovações tecnológicas e de processos para a aplicação no desenvolvimento de novos produtos, aumentando a produtividade e lucratividade contribuindo para o desenvolvimento sustentável.



VIDA DE PRATELEIRA DE VIEIRAS (*NODIPECTEN NODOSUS*) TRATADAS POR ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Rosiane Costa Bonfim¹; Thayrine Rodrigues Martins ²; Marcio Rodrigues de
Andrade³; Sidney Pacheco⁴; Amauri Rosenthal⁵

¹Docente no Depto de Tecnologia de Alimentos – DTA- UFRRJ

²Estudante do Curso de Pós-graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos – DTA – UFRRJ

³Estudante do Curso de Pós-graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos – DTA – UFRRJ

⁴Analista na Embrapa Agroindústria de Alimentos - CTAA

⁵Pesquisador na Embrapa Agroindústria de Alimentos – CTAA

Introdução: O processamento por alta pressão hidrostática (APH) pode influenciar a qualidade do pescado armazenado sob refrigeração, reduzindo a contagem de microrganismos e estendendo a vida útil desse alimento. **Objetivo:** Este estudo teve por objetivo investigar as alterações bioquímicas e microbiológicas em vieiras submetidas a APH e armazenadas a 4°C por 21 dias. **Métodos:** Vieiras (*N. nodosus*) da Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro, foram desconchadas, embaladas a vácuo e processadas por alta pressão (300MPa/2,5min e 400MPa/5min) na planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, armazenadas a 4°C por 21 dias, realizando análises ao longo desse período. As análises microbiológicas foram feitas através da contagem total de microrganismos mesófilos e psicrotróficos por meio de contagem padrão em placas, seguindo o método descrito por Swanson et al. (2001). O TVB-N foi determinado pelo método de microdifusão de Conway, conforme protocolo estabelecido pela *Association of Official Analytical Chemists (Chemists e Chemists, 1920)*. Os resultados foram expressos em mg TVB-N/100 g. As análises estatísticas descritivas (média, desvio padrão e coeficiente de variação), *one-way* ANOVA e comparação múltipla com o teste de *Tukey*, utilizando um nível de significância de 5%, através do software estatístico XLSTAT versão 2016.02.28451 (ADDINSOFT, 2016). **Resultados:** A contagem microbiana inicial de mesófilos e psicrotróficos do músculo adutor de vieira (controle) foi de $1,9 \times 10^3$ e $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g, respectivamente, aumentando significativamente ($P < 0,05$) ao longo do período de estocagem refrigerada. Os níveis de pressão estudados, 300MPa/2,5min e 400MPa/5min, reduziram significativamente ($p < 0,05$) a contagem de mesófilos a níveis não detectáveis no tempo 0. O tratamento a 300MPa/2,5min ocasionou uma pequena redução na contagem de mesófilos no terceiro dia de estocagem e manteve a contagem estável (10^3) até o 17º dia de estocagem, enquanto o nível 400MPa reduziu a contagem a $< 1 \log^{10}$ CFU/g, indicando comprometimento do crescimento e redução da fase exponencial devido à maior pressão de processamento. O N-BVT aumentou linearmente com o tempo de estocagem em todos os tratamentos até um valor final de $31,50 \pm 1,45$ mg/100g para a amostra controle e $17,64 \pm 1,45$ e $17,01 \pm 1,45$ mg/100g para os tratamentos 300MPa/2,5min e 400MPa/5min, respectivamente, no dia 21. A APH reduziu os níveis de N-BVT em comparação com o controle, de forma que as amostras pressurizadas a 300MPa/2,5min no dia 17 de estocagem ($17,17 \pm 1,40$) e 400MPa/5min no dia 21 de estocagem ($17,01 \pm 0,73$) tiveram valores equivalentes ao 10º dia de

estocagem da amostra controle ($17,17 \pm 0,95$). **Conclusão:** Os níveis de APH foram eficientes em estender a vida útil das vieiras.

Palavras-chave: Tecnologia inovadora; Conservação refrigerada; Extensão de vida de prateleira.

EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO NA DEGRADAÇÃO DO COMPOSTO AZOXISTROBINA EM DOCE EM PASTA DE FRUTA



Magnólia Carneiro de Oliveira¹; Felipe Sousa da Silva¹; John Kelvyn de Oliveira²; Daniele Maria Alves Teixeira Sá³; Luana Guabiraba Mendes³; Maria Aparecida Liberato Milhome³.

¹Estudantes do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos – PGTA- IFCE- Limoeiro do Norte

²Estudante de Graduação em Tecnologia de Alimentos – IFCE- Limoeiro do Norte

³Docentes/pesquisadores do Mestrado em Tecnologia de Alimentos – PGTA - IFCE- Limoeiro do Norte

A aplicação de agrotóxicos na produção de frutas é uma prática rotineira, tendo em vista o controle de pragas e doenças na produção. Contudo, essas substâncias são tóxicas, sendo potencialmente nocivas aos seres humanos e meio ambiente. Os seres humanos estão expostos aos agrotóxicos através da ingestão de diversos tipos de alimentos contaminados do campo, sejam eles *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados, o que ressalta a importância do desenvolvimento de metodologias de elevada sensibilidade.

Dessa forma, o presente estudo objetivou a elaboração de um doce em massa (tipo corte) com aproveitamento do resíduo da banana madura e a avaliação do efeito do processamento térmico na degradação do agrotóxico azoxistrobina no produto formulado (4% de farinha da casca da banana em substituição a polpa da fruta). Para os testes de degradação do analito foram realizadas as análises de preparo e extração das amostras do doce, sendo utilizado o método de extração QuEChERS associado a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-MS) para a detecção do resíduo do analito em estudo. O método foi validado através da determinação da seletividade, linearidade e faixa de aplicação, exatidão, precisão, Limites de Detecção (LD) e Quantificação (LQ). De acordo com os resultados obtidos nas análises, foi possível constatar que a temperatura empregada no processamento térmico do produto, assim como o tempo de cocção do alimento (35 minutos) contribui para a degradação do analito em estudo, já que houve uma redução do composto (azoxistrobina) após o processamento, com percentuais de degradação que variaram de 31 a 58%, o que sugere a eficiência do emprego de altas temperaturas na degradação do composto na matriz alimentar. Vale ressaltar que a temperatura empregada no processamento proporcionou a redução do agrotóxico a valores inferiores ao LMR estabelecido pela legislação vigente para a substância (15 mg/kg). Sendo assim, os resultados dessa pesquisa corroboram que o processamento térmico, ao qual o doce é submetido, proporciona uma degradação dos compostos químicos que possam estar presente nos alimentos contaminados. Dessa forma, é de fundamental importância o controle dos resíduos de agrotóxicos em alimentos processados para garantir a segurança alimentar.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais; Cromatografia gasosa; Processamento de alimentos.

1. https://static.abras.com.br/pdf/rama/apresentacao_2023.pdf



VITALIZA, TRANSFORMANDO FRUTAS E HORTALIÇAS FORA DO PADRÃO DE QUALIDADE EM PRODUTOS ATRAENTES

Isabella Rodrigues Viviani¹; João Vitor Fernandes do Nascimento²; Pedro Amaral Leal Lasneaux³; Daniella Reis Carlos de Freitas⁴; Alba Regina Pereira Rodrigues⁵

¹Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– CEFET-RJ

²Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– CEFET-RJ

³Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– CEFET-RJ

⁴Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– CEFET-RJ

⁵Dra. Alba Regina Pereira Rodrigues/pesquisadora do Depto de Engenharia de Alimentos – CCEAL-VA - CEFET-RJ, campus Valença.

Introdução: No cenário alarmante de distribuição desigual de alimentos, diariamente, toneladas de alimentos são perdidos e desperdiçados ao longo de suas cadeias produtivas, indo na contramão do combate à insegurança alimentar. Com enfoque na perspectiva de frutas e hortaliças, essas correspondem, em média, a 30% e 35%, respectivamente, dos produtos desperdiçados, totalizando cerca de 11 milhões de toneladas de alimentos. Os setores varejistas são palco principal de descartes, frequentemente intencionais, por parte de consumidores e/ou comerciantes, que possuem critérios de escolha rigorosos quanto aos padrões estéticos de qualidade para produtos de origem vegetal. Dessa forma, as frutas e hortaliças que apresentam imperfeições em seu formato, cor, tamanho, por exemplo, encontram destino final no lixo, mesmo que tecnologicamente ainda sejam alimentos nutritivos e isentos de microrganismos. **Objetivo:** Diante do exposto, objetivou-se, com o presente projeto, a implementação de uma agroindústria de pequeno porte no Laboratório de Produtos de Origem Vegetal do CEFET-RJ, *campus* Valença. **Métodos:** O projeto é conduzido por uma equipe de quatro alunos, com experiência na área, em formação na graduação de Engenharia de Alimentos. A agroindústria, denominada “*Vitaliza*”, recebe como doação ou adquire com valor inferior ao de mercado, matérias-primas que seriam descartadas por serem defeituosas e por não corresponderem aos requisitos de compra, de estabelecimentos como hortifrutis, feiras e pequenos mercados do município de Valença-RJ, com a finalidade de produzir e comercializar produtos como geleia de morango, banana desidratada, casca de laranja cristalizada, entre outros. Assim, agrega-se valor a esses alimentos, aplicando as tecnologias de produção adequadas, que garantem qualidade, aumentam a vida de prateleira e dão novo destino aos alimentos que perderiam sua funcionalidade. Com o reconhecimento do projeto, dado principalmente pela criação de um perfil na rede social “*Instagram*”, alunos e docentes do campus do CEFET também cooperaram com doações de frutas ou seus resíduos, assim, o aproveitamento desses produtos, de aulas práticas de outras tecnologias, é viabilizado pelo projeto. **Resultados:** Os produtos e os fluxogramas produzidos têm sido direcionados a aulas práticas que ocorrem no campus, demonstrando a teoria do reaproveitamento na prática. Através do perfil da agroindústria no “*Instagram*”, houve disseminação dos conhecimentos tecnológicos aplicados e a validação da iniciativa por parte da comunidade. **Conclusão:** Dessa forma, o projeto tem se mostrado eficiente e significativo na missão de revitalizar alimentos e

Assista a apresentação deste trabalho apontando sua câmera para o Qr-code

minimizar os desperdícios, além de contribuir com um dos principais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Fome Zero e Agricultura Sustentável.

(**Palavras-chave:** desperdício; agroindústria, frutas; reaproveitamento)



AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE CHÁ-VERDE EMBALADOS COMERCIALIZADOS NO RIO DE JANEIRO

Laís Higinio Doró¹; Giulia Amarante de Almeida Mussi da Silva²; André Luis de Alcantara Guimarães³

¹ Estudante do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Farmacêutica – CTECFAR – UFRJ.

² Estudante do Curso de Farmácia - UFRJ.

³ Docente/pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Farmacêutica – CTECFAR – UFRJ.

O consumo de chás tem um importante papel cultural no Brasil. Apesar de ser considerado alimento, muitas vezes é consumido como tratamento de doenças por grande parte da população. Apesar disso, o produto não pode apresentar indicações de propriedades terapêuticas. Os produtos comercializados como alimento precisam ser submetidos constantemente ao controle sanitário, visando proteger a população contra fraudes e riscos a saúde. Recentemente, a ANVISA atualizou suas legislações, entre elas a RDC nº 716, de 01/07/2022, que dispõe sobre os requisitos sanitários para chás e condimentos. Ainda é importante destacar que não são todas as espécies vegetais, nem qualquer parte da planta, que podem ser utilizadas para o preparo de chás. A IN nº 159 de 2022, completa ao estabelecer a lista de espécies e das partes autorizadas para o preparo de chás. No entanto, alguns vegetais não se encontram presentes nas normas de alimento ou podem entrar em conflito quando são enquadrados por produtores como chá medicinal. Nesse contexto, considera-se a RDC nº 26, de 13/05/2014, que dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. Isso pode causar ainda mais confusão e incentivar o consumo de produtos que podem trazer risco à saúde principalmente de pessoas previamente debilitadas. Por serem produtos isentos de registro (segundo a RDC nº 27 de 6 de agosto de 2010), os chás estão mais vulneráveis a não conformidades de rotulagem, principalmente se tratando de produtos artesanais ou pequenas indústrias. O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise de rotulagem de chá-verde comercializado no Estado do Rio de Janeiro, segundo o regulamento específico do produto (RDC nº 716/2022), Código de Defesa do Consumidor (CDC - Lei nº 8.078, de 11/09/1990) e a resolução que dispõe sobre

rotulagem de Alimentos Embalados (RDC nº 727 de 01/07/2022). Foram coletadas nove amostras (seis em sachê e três em pacotes lacrados) e analisados quanto as legislações citadas anteriormente. Todas as amostras encontraram problemas de rotulagem como ausência de data de validade (2), ausência de número do lote (4) além de nenhuma amostra apresentar instruções de consumo ou armazenamento. Diante do exposto, a presença de erros de rotulagem mostra a importância da atuação da vigilância sanitária no controle dos rótulos de alimentos para garantir a segurança e a informação adequada aos consumidores.

Palavras-Chave: Rotulagem; Chá-verde; Chás; Fiscalização.



IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DE DISPERSÃO DE ALTO CISALHAMENTO NA ESTABILIZAÇÃO FÍSICA DE BEBIDA *PLANT BASED* PRODUZIDA À BASE DE PROTEÍNA DE ERVILHA

Isabela Soares Magalhães¹, Fabio Ribeiro dos Santos¹, Flaviana Coelho Pacheco¹,
Vanessa Caroline de Oliveira¹, Bruno Ricardo de Castro Leite Junior²

¹Estudantes do Curso de Pós-Graduação no Departamento de Tecnologia de Alimentos-DTA/ Centro de Ciências Exatas (CCE), Universidade Federal de Viçosa (UFV)

²Docente/pesquisador do Departamento de Tecnologia de Alimentos-DTA/ Centro de Ciências Exatas (CCE), Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Introdução: A produção de bebidas *plant based* vem despertando o interesse da população, devido ao aumento no número de pessoas com restrições ao consumo de leite e derivados. Entretanto, a falta de estabilidade física dessas bebidas representa um desafio para a indústria, impactando diretamente na aceitação do consumidor. Neste sentido, a aplicação de tecnologias não convencionais, como dispersor de alto desempenho e ultrassom, são estratégias simples e eficientes para aumentar a estabilidade de bebidas, porém os efeitos sobre bebidas à base de proteína de ervilha são desconhecidos. **Objetivo:** Desta forma, objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de dispersor de alto desempenho (DAD) e ultrassom (US) na estabilidade física e estrutural de bebida *plant based* à base de proteína de ervilha. **Métodos:** A bebida foi formulada com 4% de isolado proteico de ervilha, 3% de óleo de soja e 4% de sacarose (concentrações definidas em pré-testes). Os ingredientes foram dispersos em água pasteurizada utilizando um liquidificador industrial por 3 min e a bebida foi submetida ao processamento por DAD usando um homogeneizador rotor-estator (dispersor Ultra-Turrax®, modelo T-18Basic, Ika, Alemanha) à 20.000 rpm por 3 min à 40 °C, e ao processamento por US usando um banho ultrassônico (Unique, modelo USC2800A, Indaiatuba, Brasil) com uma potência volumétrica de 38W/L, frequência 25 kHz, por 30 min à 40 °C. Como avaliação comparativa, uma amostra não foi processada (amostra controle). Após o processamento, as amostras foram submetidas as análises de tamanho médio de partículas (TMP), potencial zeta (ζ) e índice de sedimentação (IS). **Resultados:** A amostra controle apresentou um TMP de $326,45 \pm 41,2$ nm, ζ de $-31,2 \pm 2,8$ mV e IS de $11,36 \pm 1,11\%$. Verificou-se que os processos físicos reduziram tanto o TMP (redução de 16,7% após US e 24,5% após DAD) ($p < 0,05$) quanto o ζ das amostras (redução de 16,0% após US e 6,1% após DAD), indicando a formação de partículas menores com maior repulsão entre elas. Consequentemente, esses processos contribuíram para reduzir o IS (redução de 23,2% e 38,5% após US e DAD, respectivamente) ($p < 0,05$), aumentando a estabilidade das bebidas. **Conclusão:** Baseado nos resultados obtidos, conclui-se que os processos físicos (com destaque para DAD) impactaram nas características estruturais e, consequentemente, foram eficientes para aumentar a estabilidade física de bebida *plant based* produzida à base da proteína de ervilha. Futuros trabalhos devem ser realizados

para verificar se estas melhorias são suficientes para manter o produto estável e aceito pelo consumidor.

Palavras-chave: Bebida vegetal; Tecnologias não convencionais; Processos físicos; Estabilidade.

Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book








Capítulo 23

DOI: 10.53934/08082023-23

ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS
DESENVOLVIDAS COM FARINHA DA SEMENTE DE MAMÃO

Mariana Carvalho Oliveira ; Roberto Gonçalves de Melo Filho ; Suzane
Martins Ferreira ; Nayana Ribeiro Soares ; Thais Alves Barbosa ; Vania
Silva Carvalho 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
thais.barbosa@ifgoiano.edu.br

Resumo: A indústria alimentícia tem buscado diversas inovações, sendo que as barras de cereais surgem como alternativa e permitem a incorporação de vários ingredientes, que as tornem mais atrativas e capazes de influenciar positivamente a saúde e o bem-estar do consumidor. Os resíduos da indústria de processamento de frutas são utilizados em ração animal, o que acarreta em grande desperdício visto que possuem uma alta quantidade de fibras e ingredientes bioativos como os compostos fenólicos, podendo ser utilizados como ingrediente em diversos tipos de produtos. Assim, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver e avaliar a aceitabilidade sensorial de barras de cereais adicionadas de farinha da semente do mamão (FSM) em diferentes concentrações. Foi desenvolvida uma formulação base de cereal matinal e, partir da formulação base, foram desenvolvidas quatro formulações nas respectivas concentrações (0%, 5%, 10%, 15%, 20%). Os produtos elaborados a partir da FSM foram avaliados quanto à aceitação sensorial e comparados com uma barra de cereal de marca comercial. Pode-se observar que em todos os atributos (aparência, textura e aceitação global), as barras de cereais comercial (C) e sem adição de FSM (F1) foram as mais aceitas, seguida da barra de cereal com adição de 5% de FSM (F2). A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que a FSM pode ser utilizada como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos, pois obteve uma boa aceitação sensorial em menores concentrações. Além disso, as sementes possuem nutrientes importantes para a saúde humana, além de agregar valor econômico ao resíduo e contribuir para a diminuição do impacto ambiental.

Palavras-chave: aceitabilidade; mapa de preferência interno; subprodutos industriais

Abstract: The food industry has been looking for several innovations, with cereal bars emerging as an alternative and allowing the incorporation of various ingredients, which make them more attractive and capable of positively influencing the health and well-being of the consumer. Waste from the fruit processing industry is used in animal feed, which

leads to great waste since it has a large amount of fiber and bioactive ingredients such as phenolic compounds, and can be used as an ingredient in various types of products. Thus, the aim of this study was to develop and evaluate the sensory acceptability of cereal bars added with papaya seed flour (PSF) at different concentrations. A breakfast cereal base formulation was developed and, from the base formulation, four formulations were developed in the respective concentrations (0%, 5%, 10%, 15%, 20%). Products made from FSM were evaluated for sensory acceptance and compared with a commercial brand cereal bar. It can be observed that in all attributes (appearance, texture and global acceptance), the commercial cereal bars (C) and without the addition of PSF (F1) were the most accepted, followed by the cereal bar with the addition of 5% of PSF (F2). From the results obtained, it is possible to state that FSM can be used as an ingredient in the development of new products, as it obtained good sensory acceptance at lower concentrations. In addition, the seeds have important nutrients for human health, in addition to adding economic value to the residue and contributing to the reduction of the environmental impact.

Keywords: acceptability; intern preference map; industrial by-products

INTRODUÇÃO

No âmbito mundial, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente para o consumo humano se perde ou é desperdiçado. Isso equivale a cerca de 1,300 bilhões toneladas de alimentos, o que inclui 30% dos cereais, entre 40 e 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas, 20% da carne e produtos lácteos e 35% dos peixes. Calcula-se que esses alimentos seriam suficientes para alimentar dois bilhões de pessoas (1).

O mamão (*Carica papaya L.*) é uma fruta muito consumida no mundo todo uma vez que, a polpa tem características sensoriais atrativas (textura, cor e aroma), químicas (teor de sólidos solúveis, acidez e bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos) bom valor nutricional, sendo fonte de vitaminas A, B1, B2 e C. e digestivas, que o tornam um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades (2).

A indústria alimentícia tem buscado diversas inovações, através de modificações e enriquecimento em seus produtos, a fim de atender as expectativas e necessidades do consumidor atual. Desta forma, as barras de cereais surgem como alternativa ‘saudável’ aos doces tradicionais e permitem a incorporação de vários ingredientes, que as tornem mais atrativas e capazes de influenciar positivamente a saúde e o bem-estar dos consumidores (3); (4); (5).

Silva et. al (6) pesquisaram um novo sistema de secagem para resíduos agroindustriais de acerola (*Malpighia emarginata D. C.*) e seu efeito sobre a quantidade de compostos bioativos presentes nesses resíduos. Rahman et al. (7) avaliaram os efeitos de diferentes métodos de secagem na composição fenólica e antioxidante de cascas de pomelo (*Citrus grandis L. Osbeck*). Severino et al. (8) avaliaram o potencial uso de sementes de abóbora (*Cucurbita moschata*) em bolos em relação a sua composição centesimal e sensorial.

Sousa et. al. (9) compararam os aspectos sensoriais na farinha da semente de jaca como alternativa para a substituição do cacau em pó.

O objetivo do presente trabalho foi elaborar e avaliar a aceitabilidade sensorial de barras de cereais adicionadas de farinha da semente do mamão em diferentes concentrações.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Os resíduos do processamento agroindustrial do mamão, compostos por sementes, foram fornecidos pelo comércio local da cidade de Morrinhos – Goiás.

As sementes de mamão foram dispostas em bandejas retangulares de material aço inoxidável, previamente higienizadas, e submetidas ao tratamento térmico em estufa (Thoth Equipamentos, modelo Th-510-48), com circulação de ar forçada, a $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 9 horas. Em seguida, os resíduos foram triturados em liquidificador industrial (Vitalix, modelo LI 02) até a obtenção de uma farinha. As farinhas da semente de mamão (FSM) foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob congelamento ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) até a sua utilização.

Desenvolvimento das barras de cereais

A formulação base das barras de cereais foi feita segundo Carvalho e Conti–Silva (10). A partir da formulação base foram desenvolvidas quatro formulações com diferentes concentrações de FSM (0%, 5%, 10%, 15%, 20%), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Formulações das barras de cereais, F1 (0%), F2 (5%), F3 (10%), F4 (15%), F5 (20%).

Formulação (%) de adição de FSM	Flocos de arroz (g)	Farinha de aveia (g)	Ingredientes*				Castanhas (g)
			Farinha do resíduo (g)	Glicose (g)	Doce pastoso de mamão (g)	Polpa de mamão desidratada (g)	
F1	30	30	-	24	24	10	6
F2	27,5	27,5	5	24	24	10	6
F3	25	25	10	24	24	10	6
F4	22,5	22,5	15	24	24	10	6
F5	20	20	20	24	24	10	6

*124 g = 100%.

Primeiramente, os ingredientes secos foram pesados individualmente em balança analítica (Bell Engineering, Mark L 3102, classe 2), combinados e adicionados aos ingredientes aglutinantes. A mistura foi submetida ao processo de cocção. Posteriormente, foi realizada a laminação, onde a massa foi comprimida em formas retangulares de aço inoxidável para junção dos componentes, adquirindo a espessura desejada. Em seguida, a massa foi fornecida em estufa (Thoth Equipamentos, modelo Th-510-48) a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30

minutos, para melhorar a compactação dos ingredientes. As barras de cereais foram moldadas manualmente através de moldes de aço inoxidável (Largura= 31±2 mm; Comprimento= 63±2 mm) e armazenadas à temperatura ambiente até o momento da análise sensorial.

Análise Sensorial

O projeto foi submetido à avaliação do Comitê de Ética, aprovado e registrado sob o CAAE: 12091919.0.0000.0036. Os produtos elaborados a partir da FSM foram avaliados quanto à aceitação sensorial. Participaram dessa análise 100 provadores não treinados com idade superior a 18 anos.

Cada julgador, em sua cabine, recebeu uma ficha de caracterização do consumidor e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para preenchimento antes da degustação. Posteriormente, as amostras foram servidas em copos plásticos de forma monódica sequencial, sendo codificadas com números de três dígitos aleatórios, juntamente com a ficha de avaliação sensorial, no qual foram avaliados os atributos de aparência, sabor, textura, odor e aceitação global utilizando escala hedônica de nove pontos.

Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão múltipla, sendo considerados significativos os coeficientes dos modelos cujos valores de p estivessem abaixo ou igual a 0,05. A regressão foi avaliada por meio de análise de variância, considerando-se regressão significativa quando $p \leq 0,05$ e sem falta de ajuste quando $p > 0,05$. Os resultados do teste sensorial foram tratados por meio de análises estatísticas multivariadas para construção de mapas de preferência internos, utilizando o programa Statistica 10.0 (StatSoft Inc., Oklahoma, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste de Aceitação por Escala Hedônica e Intenção de Compra

A Tabela 2 apresenta as médias das notas da aceitação sensorial das barras de cereais adicionadas de FSM seguido de seus respectivos desvios padrão dadas pelos consumidores.

Tabela 2. Médias ± desvio padrão (n=82) da aceitação sensorial das barras de cereais elaboradas com adição de FSM, F1 (0%), F2 (5%), F3 (10%), F4 (15%), F5 (20%) e C (marca comercial).

FSM	Aparência	Odor	Sabor	Textura	Aceitação Global	Intenção de Compra
F1	7,26±1,58 ^b	6,68±1,50 ^b	7,01±1,58 ^b	6,80±1,66 ^b	7,13±1,45 ^a	3,74±1,11 ^b
F2	6,37±1,57 ^c	5,83±1,97 ^c	5,72±1,89 ^c	6,43±1,90 ^{bc}	6,04±1,45 ^b	3,07±1,09 ^c
F3	5,82±1,86 ^{cd}	5,55±1,75 ^{cd}	5,07±2,02 ^c	5,93±1,89 ^c	5,45±1,68 ^c	2,60±0,98 ^d

F4	5,33±1,91 ^{de}	5,13±1,83 ^{de}	4,13±2,05 ^d	5,55±1,91 ^{cd}	4,73±1,73 ^d	2,10±0,95 ^e
F5	5,04±2,01 ^e	4,83±2,00 ^e	3,94±2,09 ^d	5,26±2,23 ^d	4,49±1,82 ^d	1,98±0,95 ^e
C	8,07±1,19 ^a	7,93±1,33 ^a	8,13±1,18 ^a	7,95±1,12 ^a	8,10±0,98 ^a	4,57±0,77 ^a
Valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p						

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para as médias obtidas nas barras de cereais elaboradas com FSM, observa-se que as médias situaram entre 7 (gostei moderadamente) e 1 (desgostei moderadamente), onde as amostras F1 (sem adição de FSM) e C (marca comercial) apresentaram maiores médias para os atributos avaliados quando comparadas as demais formulações. As amostras F2 e F3 apresentaram diferença significativa apenas para o atributo textura, o que sugere ter influenciado na aceitação global dessas amostras que também se diferenciaram. As amostras F3 e F4 não obteve diferença estatística entre os atributos aparência, odor e textura, porém obteve para os atributos sabor e aceitação global. As amostras F4 e F5 não apresentaram diferença significativa, indicando que a quantidade de farinha não influenciou estatisticamente na aceitação dessas barras; ambas as amostras obtiveram as menores médias, isso se deve a maior quantidade da farinha da semente de mamão. Figueira (11) e Gulcin (12) relataram que a semente seca de mamão ‘Papaia’ é o adulterante mais comum na fraude da pimenta preta (*Piper Nigrum*), pois a sua cor, forma, tamanho e ardência são similares, o que justifica a forte ardência questionada pelos consumidores durante a análise sensorial.

Em relação à atitude de compra dos consumidores (Figura 1), observa-se que a amostra C e F1 apresentaram as maiores médias, variando entre certamente compraria e possivelmente compraria, seguidas da amostra F3, onde 45% consumidores talvez comprassem ou não esse produto. Isso indica que se essas formulações forem aperfeiçoadas terão grande potencial de comercialização.

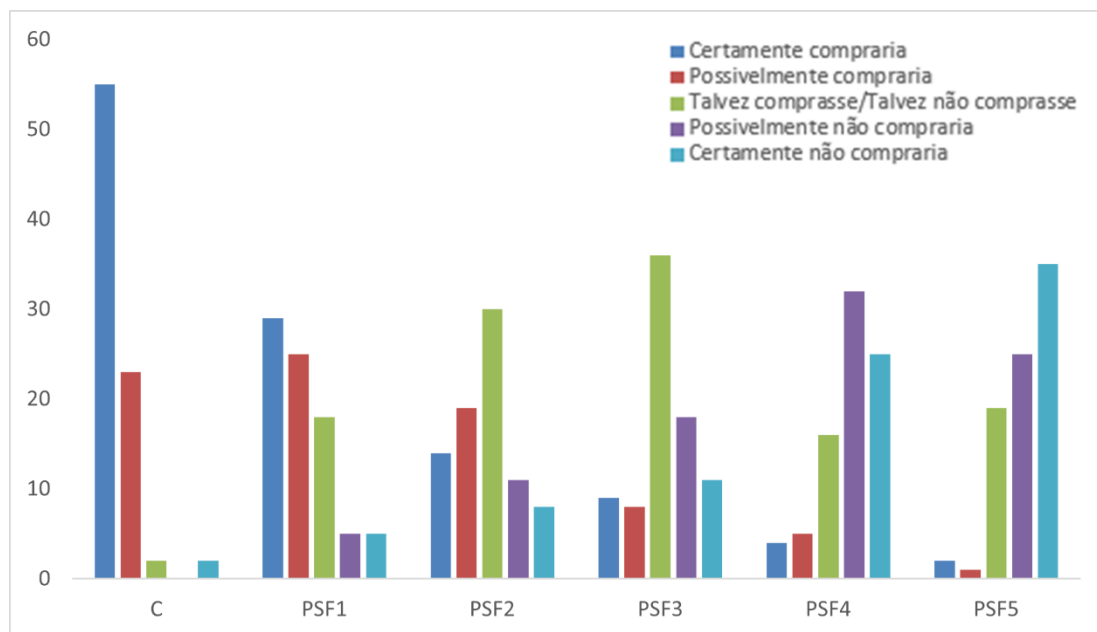


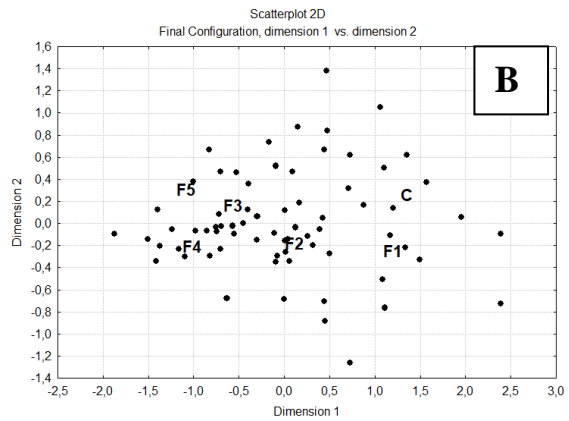
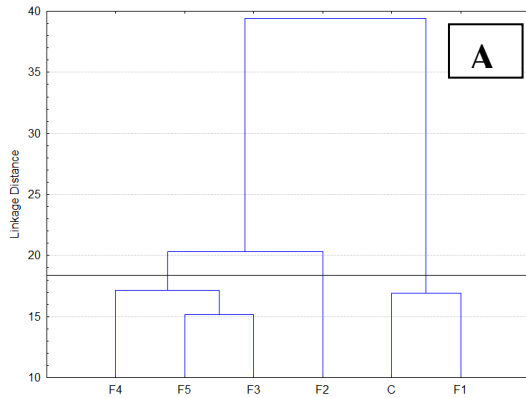
Figura 1. Intenção de compra das barras de cereais elaboradas com FSM em diferentes concentrações, F1 (0%), F2 (5%), F3 (10%), F4 (15%), F5 (20%) e C (marca comercial).

Nutricionalmente as sementes de mamão apresentam um alto teor de ácido oleico (71,6–79,1%) se assemelhando ao conteúdo de azeite de oliva. Além disso, também se configuram como uma excelente fonte de proteínas chegando até 44,4% desse macronutriente. sua composição nutricional ainda se torna mais rica devido à presença de fibras e alguns minerais como cálcio e fósforo. Outros fatores importantes são sua atividade anti-helmíntica e também a alta atividade de absorção de gordura e água, se tornando um ingrediente estratégico para a elaboração de diversos produtos, dentre eles cárneos e de panificação. Ademais, as sementes do fruto do mamoeiro possuem atividade antioxidante, se mostrando uma alternativa natural para conservação de alimentos e pode ser usado na forma de farinha, extrato, óleo ou in natura (13).

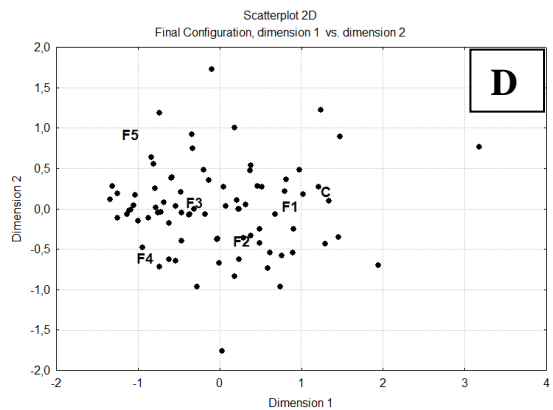
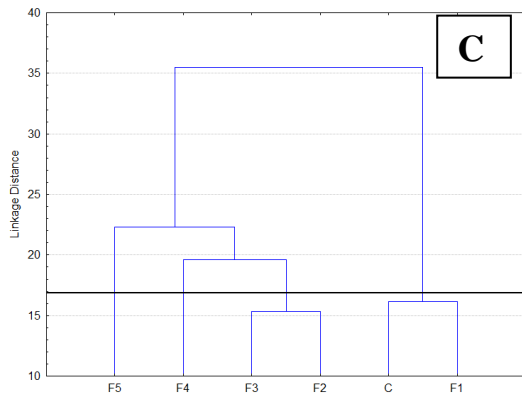
Análise de Cluster e Mapa de Preferência Interno

Como a formação de grupos foi igual para odor, sabor e intenção de compra, apenas o dendograma e mapa de preferência interno para os atributos aparência, textura e aceitação global estão apresentados para as barras de cereais elaboradas com FSM.

Aparência



Textura



Aceitação Global

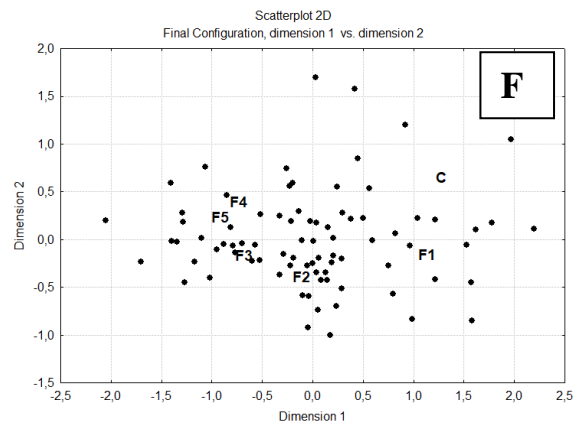
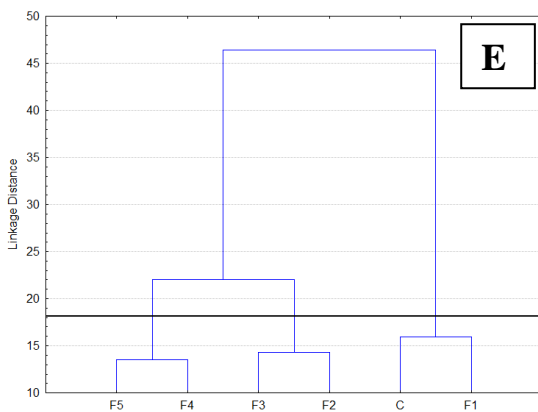


Figura 2. Dendogramas resultantes da análise de Cluster (A, C, E) e mapa de preferência interno (B, D, F) para as barras de cereais com adição de farinha do resíduo de mamão em diferentes concentrações, F1 (0%), F2 (5%), F3 (10%), F4 (15%), F5 (20%) e C(marca comercial).

Para os dendogramas da análise de Cluster, representada na Figura 2 A, C e E, o dendograma para o atributo aparência formou três grupos de amostras: um grupo com as barras de cereais com adição de 10 a 20% de PSF (F3, F4 e F5), um grupo com 5% de adição de FSM (F2) e outro com a barra de cereal sem adição de FSM (F1) e a marca comercial (C) (Figuras 2A). Já para o atributo textura, o dendograma (Figura 2C) formou 4 grupos: um grupo com a barra de cereal sem adição de FSM (F1) e a marca comercial (C), um grupo com as barras de cereais com adição de 5 e 10% de FSM (F2 e F3), outro grupo somente com adição de 15% de FSM (F4) e outro com adição de 20% (F5), ambos isolados. Para o atributo aceitação global (Figura 2E), houve a formação de 3 grupos: um grupo com a barra de cereal sem adição de FSM (F1) e a marca comercial (C), um grupo com as barras de cereais com adição de 5 e 10% de FSM (F2 e F3), outro grupo somente com adição de 15% e 20% de FSM (F4 e F5).

Mesmo com a formação de grupos apresentadas de forma diferente, pode-se observar que em todos os atributos (aparência, textura e aceitação global), as barras de cereal comercial (C) e sem adição de PSF (F1) foram as mais aceitas, seguida da barra de cereal com adição de 5% de PSF (F2).

Por outro lado, as amostras em grupos diferentes apresentam dissimilaridades nas avaliações, e, portanto, as barras de cereais com F1 (sem adição de FSM) e C (marca comercial) foram aceitas da mesma forma e diferente em relação aos demais grupos de amostras. Observa-se ainda que as formulações F2 e F3 agruparam-se nos dendogramas dos atributos de textura e aceitação global, indicando que estas amostras são similares e aceitas da mesma forma.

Os pontos dispersos apresentados no mapa de preferência interno para a aparência, textura e aceitação global (Figura 2B, Figura 2D e Figura 2F; *stress value* menor que 0,05) representam cada consumidor, e um número alto de pontos próximos a uma determinada amostra ou grupo de amostras indica maior aceitação por estas amostras, nos respectivos atributos. Dessa forma, observa-se maior aceitação pelas barras de cereais comercial (C), sem adição de FSM (F1), com adição de 5% de FSM (F2) e com adição de 10% de FSM (F3).

CONCLUSÕES

A farinha da semente de mamão pode ser utilizada como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos, pois as sementes possuem nutrientes importantes para a saúde humana, além de agregar valor econômico ao resíduo e contribuir para a diminuição do impacto ambiental. Recomendam-se novos estudos e testes sensoriais com relação à inserção das farinhas das sementes de mamão em outros produtos e ainda a utilização de cascas destas frutas brasileiras na elaboração de novos produtos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus Morrinhos*, pelo apoio no desenvolvimento do projeto e da publicação do trabalho.

REFERÊNCIAS

1. FAO. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e Caribe [Internet]. 2021. [Acesso em 2021 mar 14]. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>.
2. Carvalho, E. M. L.; Reis, R. C.; Borges, V. P.; Ledo, C. A. S.; Araújo, E. S.; Dantas, J. L. L. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. *Semina: Ciências Agrárias*. 2020; v. 41: p. 121-130.
3. Capelezzo, L.; Agnol, J. D.; Tombini, C.; Godoy, J. S.; Onofre, S. B.; Junior, F. R. S. M.; Mello, J. M. M.; Dalcanton, F. Physical and chemical evaluation and evaluation of a cereal bar using beer waste. *Brazilian Journal of Health Review*. 2020; v. 3: p. 5107-5121.
4. Silva, L. A. A.; Norões, A. R. L.; Soares, T. C. Desenvolvimento de barra de cereais fortificada com adição dos vegetais: cenoura (*Daucus carota* L.), e beterraba (*Beta vulgaris* L.). *Research Society and Development*. 2019; v. 8: p. 1-21.
5. Roberto, B. S.; Silva, L. P.; Macagnan, F. T.; Bizzani, M.; Bender, A. B. B. Nutritional quality and acceptability of the guava peel and seed-added cereal bars. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. 2015; v. 74: p. 39-48.
6. Silva, P. B.; Duarte, C. R.; Barrozo, M. A. S. A novel system for drying of agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) waste for use as bioactive compound source. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2019; v. 52: p. 350-357.
7. Rahman, N. F. A.; Shamsudin, R.; Ismail, A.; Shah, N. N. A. K.; Varith, J. Effects of drying methods on total phenolic contents and antioxidant capacity of the pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018; v. 50: p. 217-225.
8. Severino, K. L. P.; Crepaldi, J.; Zequini, V. M.; Monteiro, A. R.; Pedro, M. A. M.; Damy-Benedetti, P. C.; Cattelan, M. G.; Veronezi, C. M. Potencial uso de sementes de abóbora (*Cucurbita Moschata*) como aproveitamento de resíduo. *Revista Científica*. 2019; v. 1: p.219-229.
9. Sousa, C. P. Vieira, F. J. A.; Freitas, H. F. S. Comparação dos aspectos sensoriais na farinha da semente de jaca (*Artocarpus integrifolia*) com o cacau em pó (*Theobroma cacao* L.). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*. 2020; v. 14: p. 114-118.
10. Carvalho, V. S.; Conti-Silva, A. C. Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal of Science and Food Technology*. 2018; v. 98: p. 134-139.
11. Figueira, L. C. Os conceitos de Defesa dos Alimentos (Food Defense) e Fraude em Alimentos (Food Fraud) Aplicados em Fábrica de Temperos Cárneos – um estudo de caso [dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2018.
12. Gulcin, I. The antioxidant and radical scavenging activities of Black pepper (*Piper nigrum*) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2005; v. 56: p. 491-499.

13. Pontes, E. D. S. et al. Os efeitos Funcionais e Benefícios do Consumo da Semente de Mamão. International Journal of Nutrology. 2018; v. 11: p. Trab605.



Capítulo 24

DOI: 10.53934/08082023-24

EFEITO DO REVESTIMENTO DE GOMA GUAR ENRIQUECIDO COM NANOESTRUTURA DE ZNO E QUITOSANA NA PRESERVAÇÃO DE MAMÃO FORMOSA

Andersen Escobar Schlogl¹ ; Edson Romano Nucci² ; Igor José Boggione Santos^{2*} 

* Prof. Dr. Igor José Boggione Santos – Email: igorboggione@ufsj.edu.br

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Campus Alto Paraobepa (CAP), MG443, km 7, 36420-000, MG, Brasil

²Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos (DQBIO), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Campus Alto Paraobepa (CAP), MG443, km 7, 36420-000, MG, Brasil

Resumo: O Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo, com uma produção anual de 1,6 milhões de toneladas, gerando uma receita de até 1,8 bilhões de reais. Mesmo com uma grande produção, só é importado 1% da produção nacional, devido a perecibilidade do fruto, amadurecendo rápido e sendo alvo constante de ataque de agentes fitopatogênicos. Logo, uma tecnologia de revestimento biodegradável com nanotecnologia se demonstra potencial para solucionar tal gargalo produtivo. Os mamões do ensaio controle, apresentaram a maior mudança de coloração, tendo uma diminuição nos índices L*, C* e h* de 48,69%; 21,64% e 24,44% respectivamente, uma perda de massa toda de 16,60 % e apresentou uma firmeza média de $6,94 \pm 1,84$ N e uma coloração alaranjada com um número maior de machas amarronzadas e pretas, uma pele mais enrugada e regiões degradadas, chegando até 1/3 do fruto, por agentes fitopatogênicos. Já os mamões recobertos com a solução de goma guar 1,5% m/v com nanoestruturas apresentaram uma mudança menor de seus índices L*, C* e h* de 29,31%, 13,51% e 11,06% (nanoZnO) e 22,09%, 7,12% e 14,20% (nanoquitosana), uma perda de massa de 11,56 % (nanoZnO) e 10,25% (nanoquitosana), uma firmeza de $10,53 \pm 4,44$ N (nanoZnO) e uma firmeza de $10,02 \pm 1,62$ N (nanoquitosana) no final do dia 10. Os revestimentos de goma guar enriquecidos com nanoestruturas apresentaram ser uma possível solução para preservação de mamão no pós-colheita, conseguindo retardar o feito do amadurecimento do fruto.

Palavras-chave: *Carica papaya*; nanotecnologia; preservação de frutos no pós-colheita; revestimento biodegradável.

Abstract: Brazil is the second largest producer of papaya in the world, a production that can reach 1.6 million tons/year, generating an income of up to 1.8 billion reais. But even with a large production only 1% of the national production is imported, due to the perishability of the fruit, ripening quickly and being a constant target for attack by phytopathogens. Therefore a biodegradable coating technology with nanotechnology is a great possibility to solve this production bottleneck. The papayas were separated into 3 groups: control, nanoZnO and nanochitosan, the papayas were left at room temperature for 10 days. The control papayas showed the greatest change in color, with a decrease in the L*, C* and h* indexes of 48.69%, 21.64% and 24.44% respectively, a loss in mass of 16.60%, an average firmness of 6.94 ± 1.84 N and an orange color with a greater number of brown and black spots, a more wrinkled skin and regions degraded up to 1/3 of the fruit by phytopathogenic agents. While papayas coated with the 1.5% w/v guar gum solution with nanostructures showed a lower change their L*, C* and h* indices of 29.31%, 13.51% and 11.06% (nanoZnO) and 22.09%, 7.12% and 14, 20% (nanochitosan) respectively, an entire mass loss of 11.56 % (nanoZnO) and 10.25% (nanochitosan), a firmness of 10.53 ± 4.44 N (nanoZnO) and a firmness of 10.02 ± 1.62 N (nanochitosan) at the end of day 10. The guar gum coatings enriched with nanostructures presented to be a possible solution for postharvest preservation of papaya, managing to delay the fruit ripening process.

Keywords: *Carica papaya*; nanotechnology; postharvest fruit preservation; biodegradable coating.

INTRODUÇÃO

O mamão é um fruto de origem da América Central e do noroeste da África do Sul da planta mamoeiro, porém o Brasil tornou-se um grande consumidor, produtor e exportador desse fruto, assumindo uma posição de destaque mundial em relação a produção e exportação do mamão (1). O mamão apresenta vários gêneros diferentes, entre elas a espécie que ganhou mais importância nacional foi o *Carica papaya*. Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentos e Agricultura) de 2018, a produção brasileira do fruto ocupou a posição da segunda maior, ficando atrás somente da produção da Índia (2). O Brasil apresenta nos últimos anos uma produção média nacional de 1,6 milhão de toneladas do fruto, gerando uma receita média de R\$ 1,8 bilhões anuais (3).

A maior demanda do fruto é em seu estado *in natura*, porém ela é empenhada também em indústrias têxteis, farmacêuticas e de cosméticos, devido a papaína (1). Entretanto, somente 1% da produção de mamão brasileiro consegue ser exportado, tal valor é devido a alta perecibilidade do fruto (4). O mamão é um fruto climatérico, frutos que continuam o processo de amadurecimento mesmo após a sua colheita, e esse amadurecimento é influenciado pela temperatura que o fruto está exposto (5). Temperatura mais altas acelera a taxa de respiração do fruto aumentando a produção de etileno e amadurecendo o fruto mais rápido. Esse aumento do amadurecimento do fruto deixa ele também mais frágil para ataques de agentes fitopatogênicos, fungos que se instalam no fruto e começam a fazer o processo de degradação, causando perdas produtivas aos produtores e perdas no varejo (6).

A utilização de revestimentos ativos é uma das alternativas para a preservação dos frutos no pós-colheita, criando uma barreira protetora no fruto. Nesse cenário a utilização da nanotecnologia ganha destaque, sendo uma molécula ativa que pode contribuir com uma propriedade antimicrobiana ao revestimento (7). Destacam-se as nanoestruturas de quitosana e de óxido de zinco por seus potenciais antimicrobianos e por se esperar que estas nanoestruturas sejam benéficas à saúde e ao meio ambiente, por serem reconhecidas como seguras pelo FDA (Food and Drug Administration) colocando na lista GRAS (Generally Recognized as Safe) e liberado pela ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária) (8,9).

Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar os efeitos de um revestimento biodegradável de goma guar enriquecida com nanoestruturas de quitosana e óxido de zinco na preservação de mamão formosa (*Carica papaya*) no pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Produção da nanoestrutura de quitosana

Para a produção da nanoestrutura de quitosana foi utilizado o protocolo com modificações, de Calvo et al (1997)(10) e Vimal et al (2012)(11). Uma solução de 70 mL com 1,5 mg/mL de quitosana foi dissolvida em ácido acético a 4,5 mg/mL. Após a solubilização da quitosana foi adicionado 20,0 mL de uma solução de 2,0 mg/mL de tripolifosfato de sódio na vazão de 1 mL/min.

Produção da Nanoestrutura de Oxido de Zinco (ZnO)

Para a produção da nanoestrutura de oxido de zinco seguiu-se o protocolo otimizado do trabalho de Costa et al (2023) (12), com alterações. Uma mistura contendo $ZnCl_2$, NaCl e Na_2CO_3 na proporção de 1:5,5:1 foi tratada termicamente em uma mufla à 400 °C durante 30 min. Após esse processo, o sólido foi lavado utilizando água destilada, 1 L para cada 100 g de sólido. A suspensão foi filtrada utilizando um filtro à vácuo e a torta retida foi seca em estufa à 50 °C durante 48h.

Aplicação do revestimento

Os mamões utilizados foram sanitizados com uma solução de hipoclorito de sódio 5% v/v durante 10 minutos, após secos naturalmente. Os testes com os mamões foram realizados no Laboratório de Fermentações da Universidade Federal de São João de-Rei (UFSJ), *campus* Alto Paraopeba (CAP). Os mamões foram separados em 3 grupos: controle (sem revestimento), mamões revestidos com revestimento de goma guar 1,5% m/v e 5% v/v da solução de nanoestrutura de quitosana e mamões revestidos com revestimento de 1,5% m/v de goma guar e 0,3% m/v nanoestrutura de ZnO. Os frutos foram deixados e repouso durante 9 dias para observar o desenvolvimento do fruto.

Mudança de Coloração

A análise da mudança de cor seguiu a Associação dos Químicos Analíticos Oficiais (AOAC), número 935.14 e 992.24 (13). Os parâmetros a (variação da coloração na escala entre o verde e o vermelho), b (variação da coloração na escala entre o azul e o amarelo) foram coletados via fotos tiradas dos mamões nos dias 0 até o dia 9 do experimento. Para a análise das imagens foi utilizado um editor de imagens. Todas as frutas foram analisadas em 5 pontos distintos. Obteve-se os índices L* (variação de luminosidade), C* (croma) e h* (ângulo de matiz) utilizando as equações abaixo:

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$
$$C = ((a)^2 + (b)^2)^{\frac{1}{2}}$$

Perda de massa

A análise da perda de massa foi realizada em uma balança. A perda de massa foi determinada a partir da diferença de massa de cada mamão em relação à sua massa inicial (dia 0) em comparação à massa do dia do armazenamento correspondente.

Firmeza

A análise da firmeza dos mamões foi realizada com o auxílio de dinamômetro digital DD-2000 e uma ponta plana. Cada fruto foi analisado em 7 pontos distintos e mediu-se o pico de força (N) necessário para romper a estrutura do fruto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Amadurecimento dos frutos

Na tabela 1 abaixo estão as fotos de um mamão representando de cada grupo de estudo ao decorrer dos dias.

Tabela 7 – Imagens dos mamões com e sem revestimento de goma guar incorporado com nanoestruturas de ZnO e quitosana ao longo de 9 dias.

Dias	Controle	Nanoestrutura de ZnO	Nanoestrutura de Quitosana
------	----------	----------------------	----------------------------

0



2



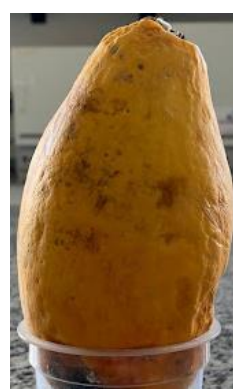
4



6



8



9



Os frutos recobertos com os revestimentos nanoestruturados apresentaram, após 9 dias de armazenamento, um aspecto de pele do fruto mais lisa em relação ao controle, e menor incidência de agentes fitopatogênicos, inclusive o retardamento do desenvolvimento dos patógenos que já estava contaminando o fruto no dia 0. Já o fruto do controle apresentou uma pele com um grau de enrugação elevado, chegando à 1/3 do fruto, e apresentaram uma quantidade elevada de manchas marrons e pretas, ambos aspectos ocasionado ao desenvolvimentos de agentes fitopatogênicos nos mamões. No trabalho de Costa et al (2023) (12) foi utilizando a nanoestrutura de ZnO em um revestimento de goma guar, onde é testado se a nanoestrutura de ZnO apresenta atividade antifúngica contra fitopatógenos do cultivo de goiabas. A nanoestrutura apresentou uma atividade antifúngica contra *C.gloeosporiedes*, *P. psidii*, *Diaporthe spp* e *Penicillium spp*. Essa propriedade antifúngica, provavelmente, contribuiu para a quantidade menor de machas amarronzadas e pretas, juntamente com o retardamento do desenvolvimento da região contaminada de alguns mamões no experimento realizado. Propriedade antifúngica apresentada também na nanoestrutura de quitosana demonstrado no trabalho de Salem et al (2022) (14) e no trabalho de Sen S et al (2022) (15), onde utilizaram a nanoquitosana enfrente os fungos *Aspergillus flavus* e *Penicillium digitatum*. Foi observado o retardamento e a inibição do crescimento dos fitopatógenos em diferentes concentrações da nanoestrutura. Segundo a literatura a propriedade antimicrobiana da nanoestrutura de ZnO é devido a formação de íons Zn^{2+} que induz a formação de espécies de oxigênio reativo (H_2O_2 , OH , O_2) que apresentam uma atividade antimicrobiana, e pela inibição do sistema respiratório do microrganismo ocasionado pela penetração do íon Zn^{2+} na membrana (16). A nanoquitosana, segundo a literatura, ela pode interagir com as proteínas na membrana celular dos fungos causando um comprometimento na estrutura (15).

Coloração do fruto

Os frutos que foram recobertos com os revestimentos enriquecidos com nanoestruturas conseguiram manter uma coloração amarelada com leves pontos esverdeados por maior tempo em relação ao controle, sem nenhum tipo de revestimento. Os mamões do controle também apresentaram uma coloração alaranjada mais intensa no final do experimento. Os resultados de L*, C* e h* estão Tabela 2.

Tabela 2 – Valores dos índices L*, C* e h* com o decorrer dos dias de experimento.

Dia	Controle			NanoZnO			NanoQuitosana		
	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
0	68,24 ± 1,91	57,56 ± 1,94	83,21 ± 2,43	68,36 ± 3,74	63,61 ± 1,74	81,23 ± 1,99	64,80 ± 4,6	62,50 ± 2,93	85,31 ± 1,87
1	63,52 ± 2,94	56,02 ± 1,77	79,60 ± 3,32	60,60 ± 7,74	52,28 ± 3,11	81,51 ± 2,09	65,96 ± 1,93	57,25 ± 1,90	83,72 ± 1,91
2	58,24 ± 3,59	55,77 ± 3,94	69,50 ± 3,03	58,64 ± 4,11	53,56 ± 5,50	73,54 ± 3,98	58,12 ± 2,72	51,96 ± 3,56	73,44 ± 1,51
3	52,40 ± 6,78	52,73 ± 8,58	69,51 ± 2,65	56,44 ± 3,19	56,79 ± 3,30	73,11 ± 3,09	56,36 ± 1,43	57,51 ± 2,21	74,23 ± 1,74
4	55,16 ± 6,19	55,31 ± 8,23	66,58 ± 3,04	54,76 ± 1,35	55,37 ± 2,53	71,55 ± 3,92	55,68 ± 3,98	56,30 ± 3,83	72,55 ± 1,42
5	45,36 ± 5,25	44,20 ± 4,86	66,67 ± 1,73	58,44 ± 2,72	59,40 ± 2,77	73,96 ± 3,30	57,36 ± 2,48	60,17 ± 1,98	73,78 ± 1,27
6	47,36 ± 4,21	44,37 ± 4,04	66,07 ± 1,47	60,12 ± 3,78	60,19 ± 1,61	72,45 ± 2,57	57,44 ± 1,21	60,98 ± 1,73	72,91 ± 1,05
7	49,08 ± 2,91	42,86 ± 4,20	64,35 ± 2,93	56,76 ± 3,59	55,72 ± 4,19	69,99 ± 2,21	58,00 ± 2,14	56,60 ± 3,10	71,66 ± 0,66
8	35,04 ± 2,45	45,10 ± 3,39	62,98 ± 1,93	48,32 ± 3,84	55,01 ± 4,26	72,24 ± 1,23	50,48 ± 2,15	58,05 ± 1,74	73,19 ± 0,90

O resultado mostrou um decaimento de todos os parâmetros com o decorrer do tempo. Entretanto, é observado que o ensaio controle apresentou as maiores diferenças dos valores dos parâmetros relacionado os valores obtidos no dia inicial (dia 0) com o dia final de análise (dia 8). O ensaio controle apresentou uma queda de 48,69% no valor de L*; de 21,64% em C* e de 24,44% em h*. Já os frutos recobertos com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de ZnO apresentou um decaimento de 29,31% em L*, de 13,51% em C* e de 11,06% em h*. E os mamões revestidos com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de quitosana apresentaram uma diminuição de 22,09% em L*, de 7,12% em C* e 14,20% em h*. Resultados que corroboram com as imagens apresentadas

na Tabela 1, na qual os mamões revestidos apresentaram uma mudança de cor e de brilho menor do que os mamões não revestidos do ensaio controle, conseguindo preservar a coloração por mais tempo. Farina et al (2020) (17) utilizou um revestimento a base-gel de babosa para recobrir mamões. No dia 12, os mamões controle apresentaram uma queda de 13% no C^* e de 25% no L^* ; e no frutos revestidos apresentou um decréscimo de 8,33% de C^* e 15% no L^* , reduções menores encontrado neste trabalho. A diferença, provavelmente, é devido a condição diferente durante a realização do experimento. O trabalho de Vittorio foi realizado em uma temperatura de 5 °C durante 12 dias enquanto nesse trabalho os frutos ficaram em temperatura ambiente (25°C), devido o mamão ser uma fruta climatérica, a temperatura que o fruto é exposto tem uma influência direta na taxa de respiração, aumentando a taxa de produção de etileno e aumentando maturação, injúrias físicas, incidências de doenças. Filho et al (2022) (18) revestiu mamões com um revestimento com uma nanoemulsão de carnaúba e com óleo essencial de palmarosa. Houve um decréscimo de 32% no h^* do ensaio controle, enquanto os frutos revestidos apresentaram uma redução de 18,25% do mesmo índice. O índice L^* apresentou um aumento nos valores até o dia 4, após apresentaram um decréscimo 27,27% em L^* no controle e de 15,03% em L^* no fruto revestido, redução similar ao encontrado neste experimento. A diferença de comportamento do índice L^* talvez tenha se dado devido ao estado de amadurecimento dos mamões no dia inicial do experimento, enquanto no trabalho realizado foram utilizados mamões já apresentando uma coloração mais amarelada (não esverdeada), como visto na Tabela 1. A mudança de coloração do mamão iria variar do amarelo para o alaranjado, se tivesse utilizado frutos mais verdes, isso provocaria a mudança do esverdeado para o amarelo e do amarelo para o alaranjado. Provavelmente, o fruto utilizado no trabalho supracitado estava com uma coloração mais esverdeado. Mas é visto uma redução das quedas dos índices L^* , C^* e h^* quando os mamões são revestidos, provavelmente, ocorre pela formação de uma barreira em volta do fruto que dificulta a troca gasosa entre o ambiente revestido com o meio externo, diminuindo a taxa de respiração, conseqüentemente, diminuindo a taxa de produção de etileno no fruto.

Perda de Massa

Os mamões foram pesados durante 10 dias, os valores das massas foram anotadas e foram calculado a perda de massa (%) de cada ensaio como apresentado na Figura 1.

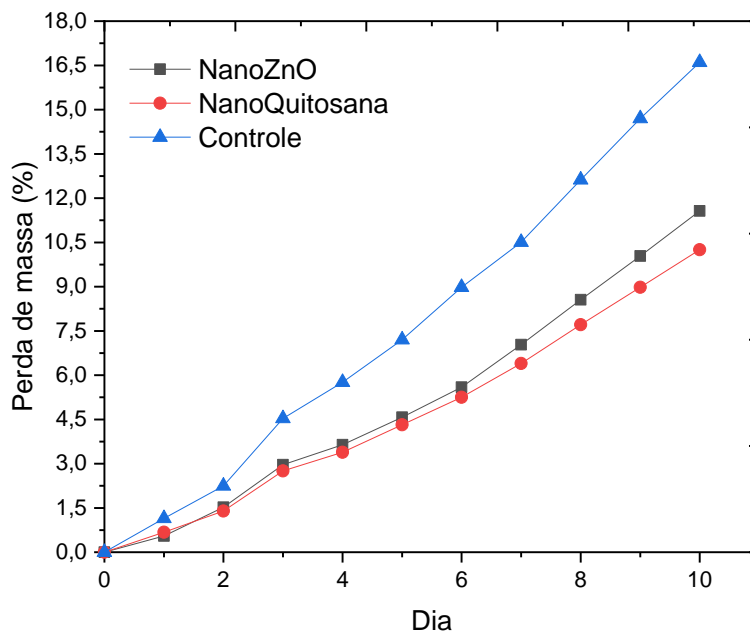


Figura 8 – Gráfico de perda de massa (%) dos mamões por dias de experimento.

O ensaio controle apresentou uma perda de massa de 16,60% no dia 10, enquanto os frutos recobertos com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de ZnO apresentou uma perda de massa de 11,56%, os revestidos com o revestimento de goma guar com nanoestruturas de quitosana obtiveram uma redução de 10,25% de massa. A equação da reta do ensaio controle ficou: $y = 1,6686 x - 0,6797$ com $R^2 = 0,9941$; a equação da reta do ensaio do mamão revestido com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de ZnO ficou: $y = 1,1541 x - 0,6758$ com um $R^2 = 0,9863$ e a equação da reta dos frutos recobertos com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de quitosana ficou: $y = 1,0232 x - 0,4679$ com um $R^2 = 0,9913$. A análise dos coeficientes angulares das equações da reta permite inferir que o ensaio controle apresentou a maior perda de massa por dia (1,6686 % ao dia), enquanto o revestimento de nanoestrutura ZnO apresentou uma perda de 1,1541 % ao dia e com a nanoestrutura de quitosana uma perda de 1,0232% ao dia. Sousa et al (2021) (19), obteve uma equação da reta para a perda de massa (%) da massa sem nenhum revestimento de: $y = 1,47 x + 0,66$ com um $R^2 = 0,99$ e ao revestir com uma solução de amido de mandioca 2% m/v com óleo essencial de gengibre a 0,45% v/v, obteve uma equação da reta de: $y = 1,07 x + 0,45$ com um $R^2 = 0,98$, diminuindo a taxa de perda de massa por dia. Filho et al (2022) (18), obteve uma equação da reta para o controle igual: $y = 1,6452 x - 2,3363$, enquanto utilizando um revestimento de nanoemulsão de carnaúba 9% v/v mais óleo essencial de palmarosa 1,5% v/v apresentou uma equação da reta de: $y = 0,6751 x - 1,0571$, reduzindo mais que a metade a taxa de perda de massa por dia dos frutos analisados. Resultados que demonstram a eficácia da utilização de uma solução de biopolímeros para promover uma estrutura de barreira envolta do fruto. A diferença entre os resultados muito provavelmente é decorrente da diferença da concentração utilizado do biopolímero, da nanoestrutura e do estado inicial dos mamões utilizados durante os experimentos.

Firmeza

Os resultados de firmeza são mostrados na Figura 2.

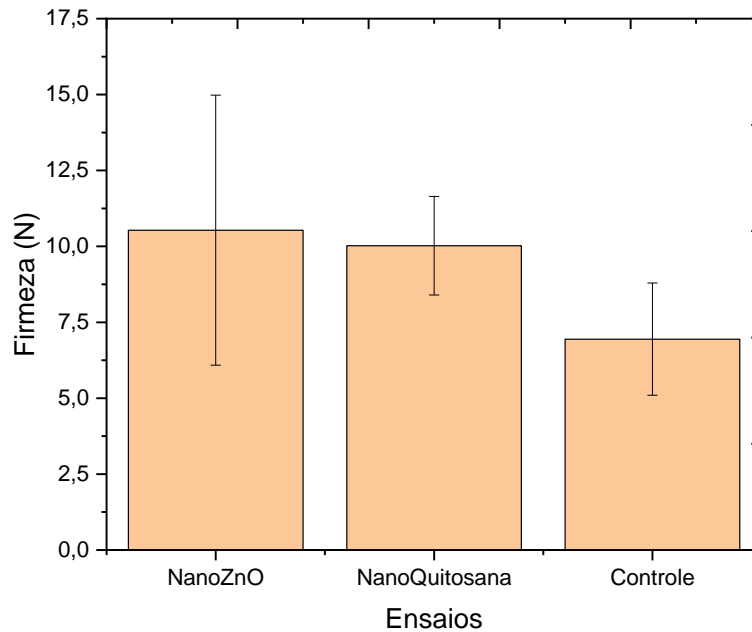


Figura 2 – Firmeza dos mamões no último dia de experimento.

Os mamões do ensaio controle apresentaram uma firmeza média de $6,94 \pm 1,84$ N no final do dia 10. Foi o menor valor de firmeza em comparação aos demais ensaios realizados. Os mamões revestidos com o revestimento de goma guar com nanoestrutura de ZnO apresentaram uma firmeza média de $10,53 \pm 4,44$ N e os frutos recobertos com o revestimento enriquecido com nanoestruturas de quitosana obtiveram um valor médio de $10,02 \pm 1,62$ N. O teste de Tukey com grau de significância de 5% relatou que não houve uma diferença significativa entre os valores de firmeza. Miranda et al (2022) (19) obtiveram resultados similares com uma firmeza de aproximadamente 6 N no controle e aproximadamente 9 N utilizando um revestimento com 9% de uma nanoemulsão de carnaúba com óleo essencial de gengibre. Filho et al (2022) (18), apresentou uma firmeza no controle de $4,8 \pm 0,3$ N e o mamão revestido apresentou $6,3 \pm 0,5$ N após 12 dias em uma temperatura de estocagem de 16 ± 1 °C. Os resultados encontrados neste trabalho são similares com os da literatura e os baixos resultados de firmeza provavelmente é devido os mamões já apresentarem em um estágio avançando de amadurecimento. Os resultados encontrados no experimento apresentaram resultados ligeiramente melhores visto a quantidade de dia de armazenamento com as frutas expostas à 25 °C.

319 CONCLUSÕES

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Os frutos do ensaio controle, frutos não revestidos, apresentaram a maior mudança de coloração, tendo uma diminuição nos índices L^* , C^* e h^* , uma perda de massa maior que os mamões recobertos com os revestimentos nanoestruturados e apresentou uma firmeza média menor também em comparação aos demais grupos analisados.

Os mamões do ensaio controle apresentaram uma coloração mais alaranjada com um número maior de machas amarronzadas e pretas, uma pele mais enrugada e regiões degradadas, chegando até 1/3 do fruto, por agentes fitopatogênicos. Enquanto os frutos revestidos conseguiram preservar por mais tempo a colocaram amarelada característico do fruto, uma quantidade significativamente menor de machas amarronzadas, um aspecto de pele mais lisa.

Os revestimentos de goma guar enriquecidos com nanoestruturas de ZnO ou de quitosana demonstraram um excelente método para preservação de mamão no pós-colheita, conseguindo retardar o feito do amadurecimento do fruto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CNPq, FAPEMIG, CAPES e a Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) por ceder o espaço físico necessário para a realização do projeto e agradeço o grupo de pesquisa Nanotec, por toda ajuda, por reagentes cedidos, equipamentos utilizados e orientações dadas.

REFERÊNCIAS

1. Serafini S, Soares JG, Picoli F, Dinon AZ, da Silva Robazza W, Paulino AT. Aspectos e peculiaridades da produção comercial de mamão (*Carica papaya* Linnaeus) no Brasil: estratégias para o futuro da cultura. *Research, Society and Development*. 2021;10(12):e544101220551–e544101220551.
2. FAO. Food and agriculture data: production: crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
3. Landau EC, da Silva GA. Evolução da produção de mamão (*Carica papaya*, Caricaceae). 2020;
4. Braga H. Mamão: aspectos econômicos, biológicos e potencialidades no processamento para obtenção do néctar. *Enciclopédia Biosfera*. 2020;17(31).
5. Gorayeb TCC, Martins FH, Costa MVCG, Junior JGC, Bertolin DC, Dezani AA. Estudo das perdas e desperdício de frutas no Brasil. *Anais Sintagro*. 2019;11(1).
6. Sá CRL, SILVA E de O, Terao D, Saraiva ACM. Métodos de controle do etileno na qualidade e conservação pós-colheita de frutas. 2008;
7. Ilyas RA, Sapuan SM, Megashah LN, Ibrahim R, Atikah MSN, Ainun ZMA, et al. Regulations for Food Packaging Materials. *Bio-based Packaging: Material, Environmental and Economic Aspects*. 2021;467–94.

8. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 326, DE 3 DE DEZEMBRO DE 2019. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-326-de-3-de-dezembro-de-2019-231272617>. 2019.
9. Adeyeye SAO, Ashaolu TJ. Applications of nano-materials in food packaging: A review. *J Food Process Eng*. 2021;44(7):e13708.
10. Calvo P, Remunan-Lopez C, Vila-Jato JL, Alonso MJ. Novel hydrophilic chitosan-polyethylene oxide nanoparticles as protein carriers. *J Appl Polym Sci*. 1997;63(1):125–32.
11. Vimal S, Taju G, Nambi KSN, Majeed SA, Babu VS, Ravi M, et al. Synthesis and characterization of CS/TPP nanoparticles for oral delivery of gene in fish. *Aquaculture*. 2012;358:14–22.
12. Costa KCB, Schlogl AE, de Souza SM, de Oliveira Júnior EN, Coimbra JS dos R, Santos IJB. Tara Gum Coating with Embedded ZnO Nanostructures for Increased Postharvest Guava Shelf Life. *ACS Food Science & Technology*. 2023;3(4):738–52.
13. AOAC. Method 935.14 and 992.2. In: Association of Officiating Analytical Chemists, editor. *Official Method of Analysis*. 18th ed. Washington, DC, USA; 2005.
14. Salem MF, Abd-Elraoof WA, Tayel AA, Alzuaibr FM, Abonama OM. Antifungal application of biosynthesized selenium nanoparticles with pomegranate peels and nanochitosan as edible coatings for citrus green mold protection. *J Nanobiotechnology*. 2022;20(1):182.
15. Sen SK, Tripathi R, Mandal P, Choudhuri C. Assessment of antifungal activity of nano-chitosan against mung bean seed borne pathogen *Aspergillus flavus* through solid matrix priming. *South African Journal of Botany*. 2022;150:372–86.
16. Arroyo BJ, Bezerra AC, Oliveira LL, Arroyo SJ, de Melo EA, Santos AMP. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). *Food Chem*. 2020;309:125566.
17. Farina V, Passafiume R, Tinebra I, Scuderi D, Saletta F, Gugliuzza G, et al. Postharvest application of aloe vera gel-based edible coating to improve the quality and storage stability of fresh-cut papaya. *J Food Qual*. 2020;2020:1–10.
18. Oliveira Filho JG de, Silva G da C, Oldoni FCA, Miranda M, Florencio C, Oliveira RMD de, et al. Edible Coating Based on Carnauba Wax Nanoemulsion and *Cymbopogon martinii* Essential Oil on Papaya Postharvest Preservation. *Coatings*. 2022;12(11):1700.
19. Vêras MLM, da Mota F de AR, de Melo Silva S. Postharvest conservation of ‘Sunrise Solo’ papaya under cassava starch coatings added with ginger essential oil. *Comunicata Scientiae*. 2021;12:e3407–e3407.



Capítulo 25

DOI: 10.53934/08082023-25

**BIONANOSENSOR DE NANOTUBO DE CARBONO COM FAGO
ADSORVIDO PARA DETECÇÃO DE E.COLI****Delaine Meireles Gouvêa Boggione ; Felipe Ramalho Estanislau ; Regina Célia Santos Mendonça : Igor José Boggione Santos **

Resumo: A ampla utilização de antibióticos e o subsequente surgimento de microrganismos que são resistentes a eles levou a um aumento do interesse em técnicas alternativas para controlar os patógenos e os deterioradores na indústria de alimentos e outros campos. *Escherichia coli* O157:H7 é um patógeno significativo que pode estar presente em alimentos e causar infecções intestinais graves em indivíduos. Uma possível alternativa para detectar esse patógeno em alimentos e eliminá-lo é através da utilização de bacteriófagos. Estes são vírus hospedeiro-específicos para e causam lise e morte celular. O objetivo desta pesquisa é empregar o bacteriófago UFV-AREG1 em nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT) para estabelecer um nanosensor tensiométrico.

Palavras-chave: *E. coli* O157:H7, Bacteriófago, MWCNT, Nanobiosensor

Abstract: The widespread use of antibiotics and the subsequent emergence of microorganisms that are resistant to them has led to increased interest in alternative techniques for controlling pathogens and spoilage in the food industry and other fields. *Escherichia coli* O157:H7 is a significant pathogen that can be present in food and cause severe intestinal infections in individuals. A possible alternative to detecting this pathogen in food and eliminating it is through the use of bacteriophages. These are host-specific viruses for and cause lysis and cell death. The goal of this research is to employ the bacteriophage UFV-AREG1 on multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) to establish a tensiometric nanosensor.

Keywords: *E. coli* O157:H7, Bacteriophage, MWCNT, Nanobiosensor

1. INTRODUÇÃO

Garantir a segurança alimentar para a população global é uma preocupação compartilhada por muitos países. Apesar da implementação de inúmeras medidas preventivas pelas agências reguladoras na última década, muitos indivíduos ainda sofrem de doenças veiculadas por alimentos (DTA) causadas por patógenos conhecidos, resultando em hospitalização ou até mesmo morte (1), (2).

Nos Estados Unidos (EUA), a *Escherichia coli* (O157:H7) é um dos principais culpados de doenças veiculadas por alimentos (3). Este patógeno é responsável pela muitos dos surtos de intoxicação alimentar. Os agentes antimicrobianos convencionais induzem uma resposta SOS na *Escherichia coli* Enterohemorrágica (EHEC), que desencadeia a liberação de uma poderosa toxina *Shiga*. Esta toxina é responsável por grande parte da gravidade e fatalidades associadas às infecções por EHEC. O gado serve como hospedeiro natural para EHEC, e os produtos pecuários são a fonte de aproximadamente 75% dos surtos de EHEC relacionados ao consumo de alimentos. De acordo com o Ministério, o consumo de carne bovina do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) atingiu em 2016 58,74 milhões de toneladas, com consumo estimado de 63 milhões Tonelagem em 2018 (4). Este alimento de origem animal altamente consumido estimula o desenvolvimento de formas mais eficazes de reduzir ou eliminar microrganismos patogênicos veiculados por esses alimentos (5).

O estudo dos patógenos causadores da DTA é realizado pela indústria alimentícia por meio de testes microbianos. Esses testes visam estabelecer os limites aceitáveis para esse patógeno e suas toxinas nos alimentos, bem como o prazo de validade e a segurança dos alimentos (Lopez-Velasco et al., 2015; HOORFAR, 2011). Portanto, é imperativo desenvolver um método rápido, e preciso para detectar bactérias patogênicas que causam DTA. Tem crescido o desenvolvimento e implementação de bionossensores com baixos limites de detecção, incluindo bacteriófagos e sensores baseados em lecitina, bem como a utilização de nanomateriais e outras técnicas mais específicas (7).

A especificidade dos bacteriófagos para os procariontes-alvo, sua incapacidade de infectar células eucarióticas, sua capacidade de autorreplicação e sua ocorrência comum na natureza os tornam um candidato principal para agentes de biocontrole em alimentos (8,9). Os bacteriófagos também podem ser utilizados na criação de sensores, sendo sua imobilização natural utilizada para emitir um sinal que pode indicar a presença de determinadas moléculas. Ao imobilizar fagos em nanomateriais, o sinal indicativo pode ser intensificado (10).

Os nanotubos de carbono (CNTs) são um nanomaterial promissor para utilização em nanobiosensores, devido às suas características eletrônicas e capacidade de absorção de diversas substâncias (11,12). Esses CNTs já estão sendo empregados em interações de superfície com biomoléculas, como proteínas, peptídeos e nucleotídeos, bem como bacteriófagos para aumentar a eficácia como um produto terapêutico plausível (10,13).

O bacteriófago UFV-AREG1 foi isolado a partir de águas residuais de estábulo, mostrando especificidade para *Escherichia coli* O157: H7 (CDC EDL-933), *E. coli* 0111 (CDC O11ab) e *E. coli* (ATCC 23229). Bacteriófago UFV-AREG1 pode atingir concentrações acima de 10^{12} PFU/mL em condições de laboratório quando o hospedeiro é a *E. coli* O157: H7 (14).

Portanto, este projeto tem como objetivo imobilizar o bacteriófago UFV-AREG1 em nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT) para a construção de um nanobiosensor para detecção de *E. coli* O157:H7.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material e micro-organismos

O fago será UFV- AREG1 específico para *E. coli* O157:H7, do Laboratório de Microbiologia de Patógenos de Origem Alimentar e Hídrica (LAMPOAH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O nanotubo de carbono (MWCNTs, chamado aqui apenas de CNT) de paredes múltiplas serão obtidos do Laboratório de Nanomateriais do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Nos experimentos será utilizado a bactéria *E. coli* O157:H7 ATCC 43895 adquirida do banco de culturas da Fiocruz. Os meios microbiológicos usados no estudo serão o Brain Heart Infusion (BHI) caldo, Ágar Bacteriológicos e Ágar Muller Hinton adquiridos da Himedia (Índia).

2.2. Propagação do Fago

O fago para se propagar ele deve infectar uma célula hospedeira. A propagação do fago utiliza solução de ágar base 3,6 g; Tampão SM de 300 mL; solução de Tris HCL (1,18 g); solução de NaCl (0,87 g); solução de $MgSO_4$ (0,3 g); solução de gelatina (1,5 mL). Foram adicionados em microgotas os fagos nas placas contendo ágar base e sobrecamada com uma cultura ativa da bactéria (*E.coli*). Então incubamos as placas a 30°C por 24h. Em seguida, 10 ml de tampão SM será adicionada nas placas e assim colocadas em um shaker a 17°C por 24h na rotação de 100 rpm. Os fagos foram centrifugados por 20 min a 4°C contendo 4000 g em tubos Falcon com adição de 10% clorofórmio e NaCl 1 mol·L⁻¹. Feito a centrifugação dos fagos, o volume recuperado foi de 25 mL de cada solução de fago.

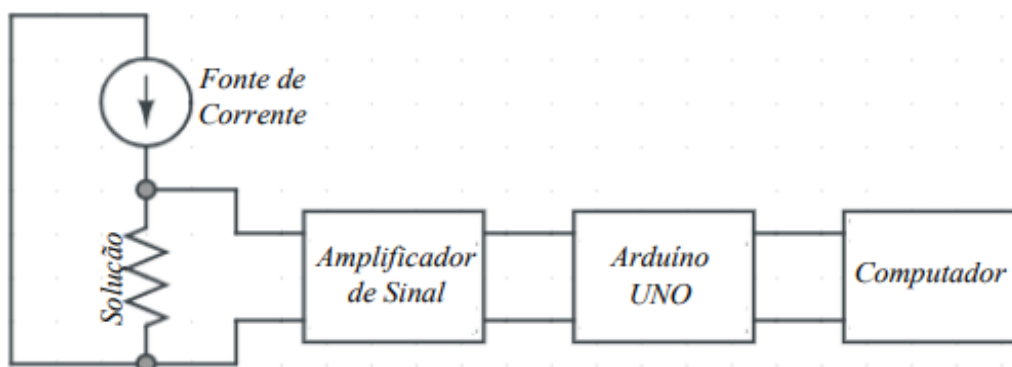
2.2.2. Titulação do Fago

A solução do fago foi testada para verificação do título (PFU/ml). Com isso, o fago foi diluído em série (10^{-1} a 10^{-7}) em tampão SM. Foram colocados $500 \mu\text{L}$ da bactéria em sobrecamada vertidas em placas contendo BHI. Após secagem as placas foram demarcadas em quadrantes até diluição 10^{-7} . Em seguida, $10 \mu\text{L}$ da diluição do fago foi adicionado em seu respectivo quadrante. Feita a diluição, após a secagem das microgotas, as placas foram incubadas a 37°C por 24h.

2.3. Interação fago-CNT

2.3.1. Avaliação da viabilidade dos fagos após interação com CNT

Para avaliar se houve a interação do fago com o CNT enumerou-se as placas de lise formadas após contato fago-CNT com a bactéria. Para isso, $200 \mu\text{L}$ de uma cultura pré-



ativada de *E. coli* O157:H7 será espalhada em ágar BHI, deixando-se secar. Será adicionado ao microtubo fago-CNT (de cada tratamento) $1,0 \text{ mL}$ de tampão SM e será feita às diluições em série e adicionando $10 \mu\text{L}$ da alíquota da diluição na placa contendo a bactéria, pela técnica de microgotas. As análises serão realizadas em triplicata para determinar as unidades formadoras de placas por mL da amostra ($\text{PFU} \cdot \text{mL}^{-1}$) e, assim, elucidar a taxa de adsorção do fago. As placas serão incubadas a 37°C por (18-24h) e as placas de lise formadas serão contadas.

2.4. Montagem do nanosensor

O fago na concentração de $10^9 \text{ PFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ presente no nanotubo (fago-CNT) e a concentração de *E. coli* O157:H7 de $108 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$, serão adicionados, em intervalos de tempo diferentes, em 10 mL de solução tampão SM ($50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Tris-HCl [pH 7,5], $0,1$

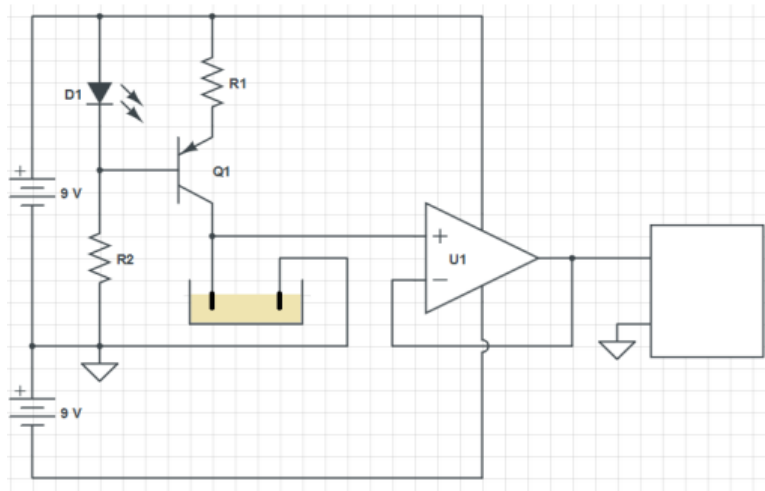
$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl, $8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,01 % (m/v) gelatina) que estarão colocados em uma placa de Petri. Antes de ser adicionado na placa, o microtubo contendo fago-CNT será adicionado de 1,0 mL do mesmo tampão e logo após, adicionado na placa. Em seguida, 100 μL da bactéria pré-ativada será adicionada ao tampão contendo o fago-CNT. Proceder-se, então, a leitura da amostra, em função da atuação do fago-CNT, mostrado na forma de diagrama de blocos na Figura 1. Já que a corrente na solução é constante, as variações de tensão sobre ela representam, em última instância, mudanças na sua resistividade oriundas da interação entre as bactérias e o fago-CNT.

Figura 1 – Diagrama em blocos do sistema de medição da resistência elétrica da solução

O circuito completo do sensor de medição está na Figura 2, sendo que os valores dos seus componentes estão na Tabela 2. Para minimizar os efeitos de carregamento desse sensor no meio, será utilizado um amplificador operacional de alta impedância de entrada na configuração buffer (amplificador com ganho unitário). A tensão sobre a solução (tampão SM + fago-CNT + bactéria) será da ordem de 2 V para uma corrente constante de $450 \mu\text{A}$.

Figura 2 - Circuito eletrônico do sensor

Tabela 2 – Componentes do sensor



Código	Descrição
R1	Resistor 3,9 K Ω – ¼ W
R2	Resistor 680 Ω – ¼ W
Q1	Transistor PNP 2N2907
D1	LED
U1	CI TL071

Para facilitar o processo de mensuração periódica da tensão aplicada sobre a solução (tampão SM + fago-CNT + bactéria), será utilizada uma plataforma de desenvolvimento de baixo custo em placa única baseada num microcontrolador Atmel AVR, com hardware e software abertos. O modelo empregado foi o MEGA da família Arduino, mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Arduíno MEGA



O (código-

firmware do

microcontrolador dessa plataforma será escrito para fazer as leituras da tensão com intervalos de 20 s, enviando-as então para um computador, onde elas foram salvas em um arquivo para posterior análise.

2.5 Protótipo do nanosensor

Ao analisar o resultado obtido anteriormente e sua repetibilidade, será proposto um protótipo de nanossensor via desenho técnico de um circuito eletrônico, aquisição de componentes eletrônicos, impressão em 3D da carcaça do sensor e teste desse protótipo com *E. coli*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução que continha o fago-CNT e a bactéria passou por vários testes de leitura de voltagem para determinar o circuito a ser construído. O protótipo final foi então projetado e montado. Uma vez montado o protótipo do nanossensor para leitura da solução (tampão SM + fago-CNT + bactéria), a leitura do meio foi estabilizada. Aos 4 minutos foi adicionado o fago-CNT e após 3 minutos foi incluída a bactéria pré-ativada (10^8 UFC.mL⁻¹). A leitura foi realizada durante uma 1h e 30min.

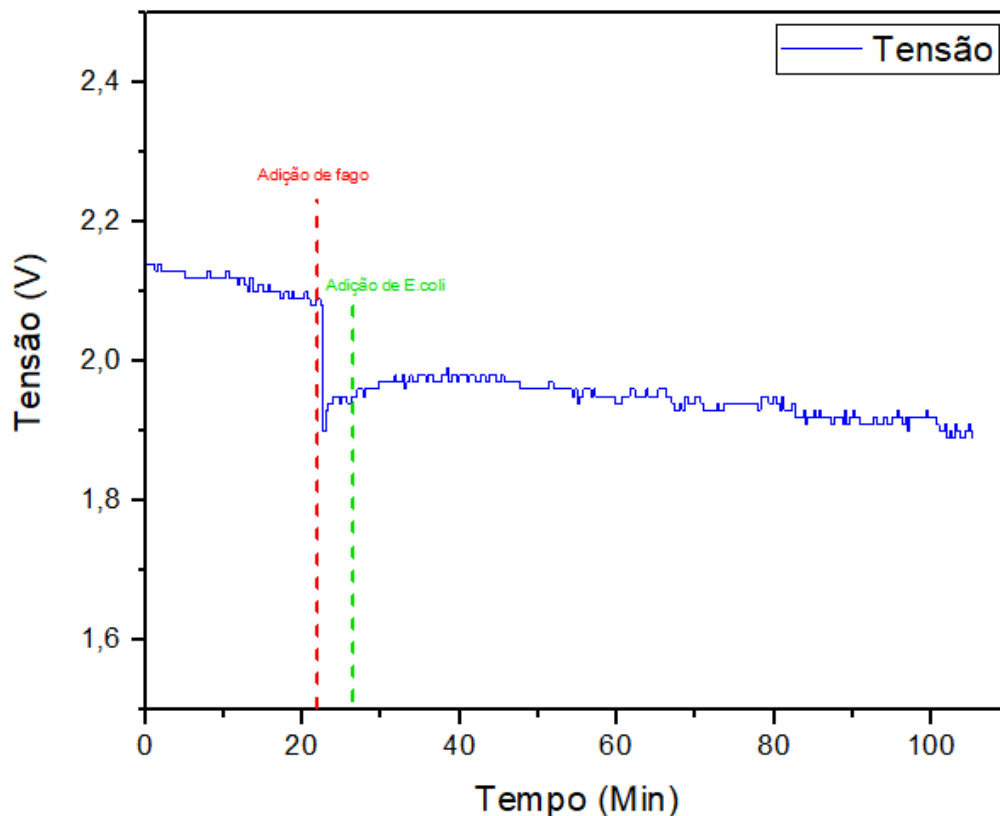


Figura 4 – gráfico da tensão versus tempo da amostra contendo fago-CNT mais a bactéria *E. coli* O157:H7

Após aproximadamente 23 min do contato inicial entre a bactéria e o fago, a voltagem apresentou um pico. Este pico resultou da quebra das células bacterianas, levando à lise celular e consequente liberação de íons do interior da célula para o meio circundante. A

liberação de íons alterou a resistividade do meio. A cinética da investigação do fago UFV-AREG1 revelou que leva cerca de 40-50 minutos para o fago infectar a célula e causar a morte celular, como o teste do fago chegou aproximadamente 23min, serão realizados mais testes com concertações diferentes de fago-CNT e bactéria E.coli O157:H7. Após esse período, ocorre o burst-size, que provoca a liberação de cerca de 18 partículas virais por célula infectada. A parede celular da bactéria contém receptores específicos que o fago deve reconhecer para injetar seu material genético no hospedeiro. Ocasionalmente, modificações genéticas no capsídeo viral são necessárias para o desenvolvimento de certos sensores, pois permitem a imobilização do fago na superfície do sensor, o que é crucial para a detecção eficaz do patógeno.

Um nanobiossensor capaz de medir a voltagem de maneira econômica e direta foi criado usando a cinética do fago como base. A quantidade de tempo que os fagos gastam infectando e lisando células determina a taxa de detecção bacteriana pelo sensor, com períodos mais curtos resultando em detecção mais rápida. Além disso, este nanobiossensor pode determinar o tamanho da explosão do fago utilizado, tornando-se um recurso valioso no estudo da cinética. Nanotubos de carbono de paredes múltiplas foram utilizados para amplificação de sinal e imobilização de fagos devido à sua maior área de superfície, o que permite a produção de dispositivos multifuncionais com uma pequena área de seção transversal. Este aumento na área de superfície também permite um aumento no sinal pretendido usando a molécula de interesse. Com a utilização de vários fagos, o método aqui estabelecido tem potencial para construir nanobiossensores que podem detectar hospedeiros específicos com base em sua identificação.

CONCLUSÕES

A eficácia da imobilização do bacteriófago UFV-AREG1 em CNT foi confirmada pelos resultados da estabilidade e viabilidade do vírus no nanotubo. O experimento foi projetado e conduzido de forma a produzir uma análise estatística que não revelou nenhuma perda viral significativa na carga que foi adsorvida no nanotubo. A atividade antimicrobiana no material preparado foi confirmada pelo teste de disco-difusão. O CNT foi capaz de detectar E. coli O157:H7 e o tempo de explosão do vírus quando o fago imobilizado foi conectado ao circuito eletrônico do nanobiossensor. Este mecanismo pode ser utilizado com outros fagos imobilizados no CNT para detectar o hospedeiro desejado ou para determinar o tamanho da explosão viral. Testes futuros serão realizados para otimizar o nanobiossensor para uso comercial na indústria de análise de alimentos.

REFERÊNCIAS

1. Lopez-Velasco G, Tomas-Callejas A, Sbodio AO, Pham X, Wei P, Diribsa D, et al. Factors affecting cell population density during enrichment and subsequent molecular detection of Salmonella enterica and Escherichia coli O157:H7 on lettuce contaminated during field production. Food Control. 2015 Aug;54:165–75.
2. Scallan E, Griffin PM, Angulo FJ, Tauxe R V., Hoekstra RM. Foodborne Illness Acquired in the United States—Unspecified Agents. Emerg Infect Dis. 2011 Jan;17(1):16–22.

3. Tadese ND, Gebremedhi EZ, Moges F, Borana BM, Marami LM, Sarba EJ, et al. Occurrence and Antibigram of *Escherichia coli* O157 : H7 in Raw Beef and Hygienic Practices in Abattoir and Retailer Shops in Ambo Town, Ethiopia. *Vet Med Int.* 2021 Apr 1;2021:1–12.
4. Trigo IA, Yada MM, Lourençano L da S, Lima YK de. USO DE TECNOLOGIA NA RASTREABILIDADE DO REBANHO DE CORTE. *Revista Interface Tecnológica.* 2018 Dec 30;15(2):381–91.
5. Rani A, Ravindran VB, Surapaneni A, Mantri N, Ball AS. Review: Trends in point-of-care diagnosis for *Escherichia coli* O157:H7 in food and water. *Int J Food Microbiol.* 2021 Jul;349:109233.
6. HOORFAR J. Rapid detection, characterization, and enumeration of foodborne pathogens. *APMIS.* 2011 Nov;119:1–24.
7. Wang Y, Ye Z, Ying Y. New Trends in Impedimetric Biosensors for the Detection of Foodborne Pathogenic Bacteria. *Sensors.* 2012 Mar 12;12(3):3449–71.
8. Hungaro HM, Mendonça RCS, Gouvêa DM, Vanetti MCD, Pinto CL de O. Use of bacteriophages to reduce *Salmonella* in chicken skin in comparison with chemical agents. *Food Research International.* 2013 Jun;52(1):75–81.
9. Horgan M, O’Sullivan O, Coffey A, Fitzgerald GF, van Sinderen D, McAuliffe O, et al. Genome analysis of the *Clostridium difficile* phage Φ CD6356, a temperate phage of the Siphoviridae family. *Gene.* 2010 Aug;462(1–2):34–43.
10. Cooper IR, Illsley M, Korobeinyk A V., Whitby RLD. Bacteriophage-nanocomposites: An easy and reproducible method for the construction, handling, storage and transport of conjugates for deployment of bacteriophages active against *Pseudomonas aeruginosa*. *J Microbiol Methods.* 2015 Apr;111:111–8.
11. Mahony J, McAuliffe O, Ross RP, van Sinderen D. Bacteriophages as biocontrol agents of food pathogens. *Curr Opin Biotechnol.* 2011 Apr;22(2):157–63.
12. Iijima S, Ajayan PM, Ichihashi T. Growth model for carbon nanotubes. *Phys Rev Lett.* 1992 Nov 23;69(21):3100–3.
13. Katz E, Willner I. Biomolecule-Functionalized Carbon Nanotubes: Applications in Nanobioelectronics. *ChemPhysChem.* 2004 Aug 20;5(8):1084–104.

14. Lopez MES, Batalha LS, Vidigal PMP, Albino LAA, Boggione DMG, Gontijo MTP, et al. Genome Sequence of the Enterohemorrhagic Escherichia coli Bacteriophage UFV-AREG1. Genome Announc. 2016 Oct 27;4(5).



Capítulo 26

DOI: 10.53934/08082023-26

**HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAs)
EM CAFÉ: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Edilaine Alves da Silva Santos *; Lucas Caldeirão Rodrigues Miranda ; Natalia
Costa da Silva  Helena Teixeira Godoy 

Edilaine Alves da Silva Santos – Email: edilaineassantos@gmail.com

Resumo: O café se destaca entre os produtos mais comercializados no mundo, entretanto o processamento do grão pode desencadear a formação de contaminantes, a exemplo dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Alguns dos compostos desse grupo apresentam potencial cancerígeno, genotóxico, citotóxico portanto, faz-se necessário estudos que avaliem a presença deles em alimentos. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo, levantar dados a respeito da ocorrência de HPAs em café, bem como de métodos analíticos e de preparo de amostra utilizados para investigação desses compostos. Para isso foi desenvolvida uma revisão de literatura sobre o processamento do café, associando as etapas do processo com a incidência de HPAs, também um levantamento de dados sobre as metodologias descritas para análise de HPAs em amostras de café, tendo como base 56 artigos, de diversos países. Esse levantamento mostrou que a técnica de cromatografia a gás (GC-MS) é a mais utilizada, e para preparo de amostra são principalmente empregadas técnicas de extração em fase sólida (SPE). Também evidenciou a baixa quantidade de estudos que avaliem HPAs em cafés comerciais brasileiros.

Palavras-chave: Contaminante; Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; alimentos

Abstract: Coffee stands out among the most commercialized products in the world, however the processing of the grain can present the formation of contaminants, such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Some of the compounds in this group have carcinogenic, genotoxic, cytotoxic potential, therefore, studies are needed to assess their presence in foods. In view of this, the present work aims to collect data regarding the occurrence of PAHs in coffee, as well as analytical and sample preparation methods used to investigate these compounds. For this, a review of the literature on coffee processing was carried out, associating the process steps with the incidence of PAHs, as well as a data collection on the methodologies described for the analysis of PAHs in coffee samples, based on 56 articles from different countries. This survey showed that the gas chromatography technique (GC-MS) is the most used, and solid-phase extraction (SPE)

techniques are mainly used for sample preparation. It also evidenced the low number of studies evaluating PAHs in Brazilian commercial coffees.

Keywords: Poisoning; Polycyclic aromatic hydrocarbons; foods.

1. INTRODUÇÃO

No contexto mundial, o café destaca-se como uma das bebidas mais populares (1) e tem apresentado aumento no consumo. Esse fato deve-se aos benefícios associados a essa bebida, bem como ao seu aroma e sabor marcantes e agradáveis. Além disso, o café é conhecido como um estimulante (2), uma fonte de ácidos clorogênicos na dieta humana, compostos antioxidantes e outros compostos bioativos (3). Embora os benefícios do consumo de café sejam amplamente divulgados, diversos estudos têm sido conduzidos para avaliar a incidência de contaminantes nesse alimento.

A contaminação por substâncias tóxicas pode ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde o cultivo até o preparo para consumo. Destacam-se contaminantes naturais, como fitotoxinas e micotoxinas, e contaminantes ambientais, como bifenilas policloradas (PCBs), dioxinas. Além disso, durante o processamento do café, podem ser formados contaminantes como acrilamida, nitrosaminas, furano, cloropropanóis aminas heterocíclicas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e agrotóxicos(4)(5)(6)(7). A etapa de torrefação é uma das fases do processamento do café, na qual ocorrem diversas reações químicas que levam à alteração dos compostos presentes nos grãos. Durante esse processo térmico, alguns compostos são degradados enquanto outros são formados. A presença de precursores nessas reações pode desencadear a formação de contaminantes, como é o caso dos HPAs (8)(9)(10). Que são compostos resultantes da combustão incompleta e pirólise da matéria orgânica (11). Eles possuem baixa afinidade com a água, baixa solubilidade e alto coeficiente de partição octanol-água (12). A presença desses compostos em alimentos é motivo de preocupação, uma vez que alguns deles são descritos como mutagênicos, carcinogênicos, genotóxicos ou citotóxicos (13).

No contexto brasileiro, a determinação dos HPAs em amostras de café nacional é de extrema importância, tendo em vista o alto consumo de café pela população. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café, o Brasil ocupa a segunda posição no ranking mundial de consumo de café, e o consumo *per capita* nacional em 2021 foi de 4,84 kg por ano de café torrado. Portanto, é fundamental avaliar a ocorrência de HPAs em amostras de café. Tendo em vista esses fatos, ressaltando a preocupação em torno do tema, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar como pode se dar a ocorrência de HPAs em café e realizar um levantamento de estudos que verifiquem a ocorrência de HPAs em amostras de café.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho realizou-se um levantamento inicial, onde foram selecionados 159 trabalhos. Para essa seleção utilizou-se as palavras-chave, café e HPAs para busca, nas plataformas Science direct e Springer. Depois dessa seleção inicial realizou-se uma segunda seleção, onde os trabalhos foram lidos, e selecionou-se

os que realizaram determinação de HPAs em amostras de café, sendo um total 48 artigos. Além desses trabalhos também foram lidos 56, acerca do tema para estruturar a revisão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2 REVISÃO DE LITERATURA

3.2.1 Café

O café é uma bebida mundialmente conhecida e consumida, sua obtenção se dá a partir do grão do café torrado e moído. O grão do café é obtido do cafeeiro, planta a qual produz frutos arredondados semelhantes a uma cereja, quando maduros podem atingir a coloração amarela ou vermelha. O grão apresenta duas sementes semiesféricas que retiradas do fruto são denominadas de “grão de café verde”, sendo essa parte destinada ao processamento para a obtenção do café torrado e moído (14). O grão de café verde é o principal produto de interesse comercial proveniente do fruto. O grão representa cerca de 50-55% da matéria seca e apresenta variabilidade em tamanho, forma e densidade, características influenciadas por práticas agrícolas e espécie cafeeira (15).

O fruto do cafeeiro é uma drupa, sendo caracterizado como carnosos, com o pericarpo diferenciado em exocarpo, mesocarpo e endocarpo (16). O exocarpo é o tecido mais externo da estrutura do fruto, sendo uma camada de células compactadas. O tecido que compõem mesocarpo é formado por células parenquimatosas, apresenta característica de ser rígido. Já o endocarpo é a estrutura mais interna do pericarpo, formado por células esclerenquimatosas, é a parte mais próxima da semente, que é formada pela película prateada, endosperma e embrião (2). Dentre a estruturas citadas anteriormente, pode-se destacar que a composição do endosperma está associada aos compostos precursores do aroma e sabor do café torrado, sendo também o principal tecido de reserva.

Sobre este grão, historicamente indicasse a Etiópia como lugar de origem do café, sendo que relatado que se disseminou primeiro para a Índia, seguida da Indonésia, Brasil, Colômbia e América Central(16)(17).

3.2.1.1 Classificação botânica

Em relação a classificação botânica, o café pertence à família Rubiaceae, que é composta por vários gêneros, tendo destaque econômico o gênero *Coffea*. Dentro desse gênero são cultivadas as espécies *Coffea liberica* (café Libérica), *Coffea dewevrei* (café Excelsa), *Coffea arabica* (café Arábica) e *Coffea canephora* (café Robusta), onde as duas últimas apresentam grande relevância na economia mundial correspondendo a mais de 60% da produção, sendo importante destacar que a produção de café comercial geralmente tem como base o blend dessas duas espécies, de acordo com Organização Internacional do Café.

O *Coffea arabica* é conhecido por sua fragilidade em comparação com robusta, as plantas têm melhor cultivo em clima temperado (19-22°C), têm a forma de um elipsóide semi-triaxial com uma fenda longitudinal sigmoidal em seu lado plano (15). Essa espécie requerer um manejo agrônômico mais cuidadoso em termos de nutrição, fitossanidade (pragas e doenças), colheita, e pós-colheita (18). Apresentando um preço mais alto no mercado internacional (19). O *Coffea arabica* possui em sua composição

0,8-1,4% de cafeína, 7-9% de ácido clorogênico e 0,6-1,2% de trigonelina. Já o *Coffea canéfora* apresenta em sua composição 1,7-4% de cafeína, 7-12% de ácido clorogênico e 0,3-0,9% de trigonelina (20). As espécies apresentam características distintas em sua composição em decorrência das diferentes condições aplicadas para seu manejo e cultivo. O *Coffea canéfora* ocupam preferencialmente as zonas equatoriais de baixa altitude, caracterizam-se como plantas mais vigorosas, os grãos são mais redondos com uma fenda central ligeiramente reta(15), e são menos suscetíveis a ataques de doenças (18)(Luis et al., 2020).

3.2.1.2 Composição físico-química café verde

As substâncias presentes no grão do café podem ser classificadas de acordo com a afinidade pela água. As substâncias hidrossolúveis são a cafeína, trigonelina, ácido nicotínico, ácidos clorogênicos, mono, di e oligossacarídeos, algumas proteínas, minerais e ácidos carboxílicos. Os compostos insolúveis mais encontrados em maior proporção são celulose, lignina, hemicelulose, lipídios, proteínas e minerais (16).

A composição do café verde inclui inúmeros compostos, podendo-se citar os polissacarídeos, que ficam localizados na parede celular (50%), celulose (15%), arabinogalactana-proteínas (25 a 30%), mananas ou galactomananas (50%) e pectina (5%) (16) (21) (22). Dentre os compostos, alguns apresentam funções primordiais no grão, sendo estes a arabinogalactana, a qual tem a função de agregar os componentes químicos da parede celular; a manana considerada um polissacarídeo de reserva com função de estruturar a parede das células do grão de café; e a celulose que constitui o esqueleto da parede celular da semente. Vale ressaltar que, a sacarose é o carboidrato de baixo peso molecular predominante no café cru (23)(24). Os carboidratos presentes no grão de café são compostos extremamente importantes, pois tem influência no aroma, na estabilidade da espuma, bem como na viscosidade (2).

Além do grupo dos carboidratos, os lipídeos e as proteínas são substâncias presentes em quantidades representativas no grão. Dentre a fração lipídica estão presentes cera, triglicerídeos, ésteres de álcoois diterpênicos, ácidos graxos, álcoois diterpênicos, esteróis, tocoferóis, fosfatídeos e ácidos graxos livre esterificado na forma de triacilgliceróis (25). Já as proteínas podem ser encontradas na semente do café em suas formas solúveis ou insolúveis, também como aminoácidos livres e peptídeos (26).

Outros compostos importantes também são encontrados, a exemplo dos ácidos clorogênicos, onde o ácido cafeico, ferúlico e p-cumárico apresentam maior importância em termos de quantidade (27). A cafeína é uma substância de grande destaque em relação a composição do café, encontrando-se livre no citoplasma e ligada a parede celular podendo estar associada a ácidos clorogênicos. Também há presença de trigonelina, ácido nicotínico, outros ácidos carboxílicos (acético, cítrico, málico, fórmico, químico, succínico), bem como os minerais que correspondem a 4% da massa seca do café cru, tendo destaque potássio, magnésio, fosforo e cálcio (16).

A cafeína é um alcalóide de grande importância para o café, estando diretamente associado à qualidade das bebidas de café, já que tem relação direta com o amargor (28). É reconhecida pela sua ação estimulante no sistema nervoso central, aumento do estado de alerta, circulação sanguínea e respiração (29). Outros possíveis benefícios da cafeína

incluem a melhora do humor e o melhor desempenho em exercícios, sendo um dos fatores que trazem destaque e tem influência sobre a grande aceitação da bebida (30). Embora os benefícios, o consumo de cafeína foi associado a insônia e dependência leve, em altas doses a cafeína foi vinculada a ansiedade, inquietação, tensão, nervosismo e agitação psicomotora (31).

3.2.1.3 Mercado do café

O café se destaca como uma das bebidas mais consumidas em escala mundial. Segundo a Instrução Normativa nº 16, de 24 de maio de 2010, entende-se por café (bebida), o líquido obtido por infusão, percolação, decantação ou outro processo de preparo a partir do café torrado e moído. Apesar de haver diferentes espécies de café, maior parte da bebida café é obtida a partir das espécies *Coffea arabica* (Arabica) e *Coffea canephora* (Robusta). O café arábica se destaca por suas propriedades sensoriais, é uma bebida de aroma e sabor refinado, enquanto o café robusta é descrito como um café neutro, de sabor fraco, destacando o amargor (1).

O café é reconhecido comercialmente como commodity agrícola, tendo grande destaque no cenário mundial. Segundo dados da Organização Internacional do Café, aproximadamente 170 países produzem café, tendo destaque o Brasil, Vietnã, Colômbia e Indonésia. Nesse cenário o Brasil também se destaca como maior exportador desse produto. E com relação ao consumo estima-se que o café seja uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo (32).

A popularidade desta bebida está associada ao aroma e sabor marcante e agradável, bem como as suas propriedades. A infusão do café é conhecida como estimulante, propriedade atribuída principalmente à cafeína (Esquivel & Jiménez, 2012). Além da cafeína outros compostos presentes no café apresentam efeito positivo sobre a saúde, como ácido clorogênico, ácido nicotínico, trigonelina, ácido quinolínico, ácido tanínico, ácido pirogólico (Minamisawa et al., 2004). O café reconhecido como principal fonte de ácido clorogênico da dieta humana, sendo também uma fonte compostos de antioxidantes e outros compostos bioativos (Farah, 2012).

Essa notoriedade dos benefícios do café vem contribuindo com o aumento do consumo por parte da população mundial, a acessibilidade da bebida para qualquer população social e econômica, é um fator que também contribui, bem como os hábitos gerados em torno dessa bebida, como pausa durante o trabalho exaustivo ou dias de estudo, e a necessidade contemporânea de conveniência, espaços de interação social e para simplesmente desfrutar, as cafeterias apresentam um fenômeno relevante em todas as cidades urbanas ao redor do mundo. Em função da demanda durante todos os períodos do ano e por ser sazonal o armazenamento é necessário para manter a melhor qualidade. Nesse sentido, vários países tropicais e subtropicais produzem café extensivamente (33).

3.2.2 Processamento

O processamento para obtenção do café torrado e moído engloba etapas, iniciando com a colheita. A colheita do café pode ser realizada tanto manualmente quanto mecanicamente. A colheita manual confere maior seletividade ao colher frutos em diferentes estádios de maturação, uma vez que no mesmo pé ou até no mesmo galho pode

haver frutos com graus de maturação diferentes, pois os frutos do cafeeiro geralmente não amadurecem de forma simultânea. Sendo importante ressaltar que frutos fora do estágio de maturação tido como o ideal (maduro) podem desencadear formação de defeitos no produto. Apesar de uma boa seletividade dos frutos, esse processo acaba sendo demorado e, portanto, caro. A colheita mecânica é realizada agitando as árvores, ou com equipamentos que funcionam como um “pente flexível” retirando os frutos dos galhos, que ao contrário do outro método, não há seletividade do grão, o que pode ocasionar presença de sujidades, como pedras, galhos, folhas, bem como defeitos de rendimento, frutos não maduros, frutos fermentados ou até mesmo frutos na senescência. No entanto, apresenta um valor menor que a colheita manual(34).

Após a colheita, não é indicado que fruto seja armazenado por longos períodos, pois há risco de fermentação, contaminação microbiana, inclusive por fungos toxicogênicos, podendo também haver a formação de defeitos (16).

3.2.2.1 Processamento primário

O processamento do fruto do café até a obtenção do café torrado moído é composto por várias etapas. Como a recepção que ocorre em moegas, abanação que objetiva a separação de impurezas dos frutos e pode ser realizada de forma manual ou mecânica, na sequência ocorre a separação hidráulica dos frutos, a qual ocorre em lavadores, por meio da diferença de densidade, separando em dois grupos, frutos verdes ou mais densos, e dos menos densos, chamados de boia (3). Em seguida a extração da polpa, nessa etapa ocorre a produção do grão de café verde. Esse processo de extração pode ocorrer por via seca e a via úmida. A Figura 1 esboça um fluxograma de processamento primário do café.

Na via seca os frutos são processados na sua forma integral, as sementes são expostas ao sol ou secadores de ar até que o teor de umidade seja de aproximadamente 10%-12% (34). Logo após o processo de secagem, a casca e a polpa dos grãos são removidas. O exocarpo que originalmente é amarelo ou vermelho torna-se escuro, há diminuição do tamanho da cereja em até 40%, formando o café coco ou café natural. Sendo importante ressaltar que no Brasil o café é normalmente produzido por via seca, e que essa forma de beneficiamento apresenta menor geração de resíduo sólidos e líquidos (16).

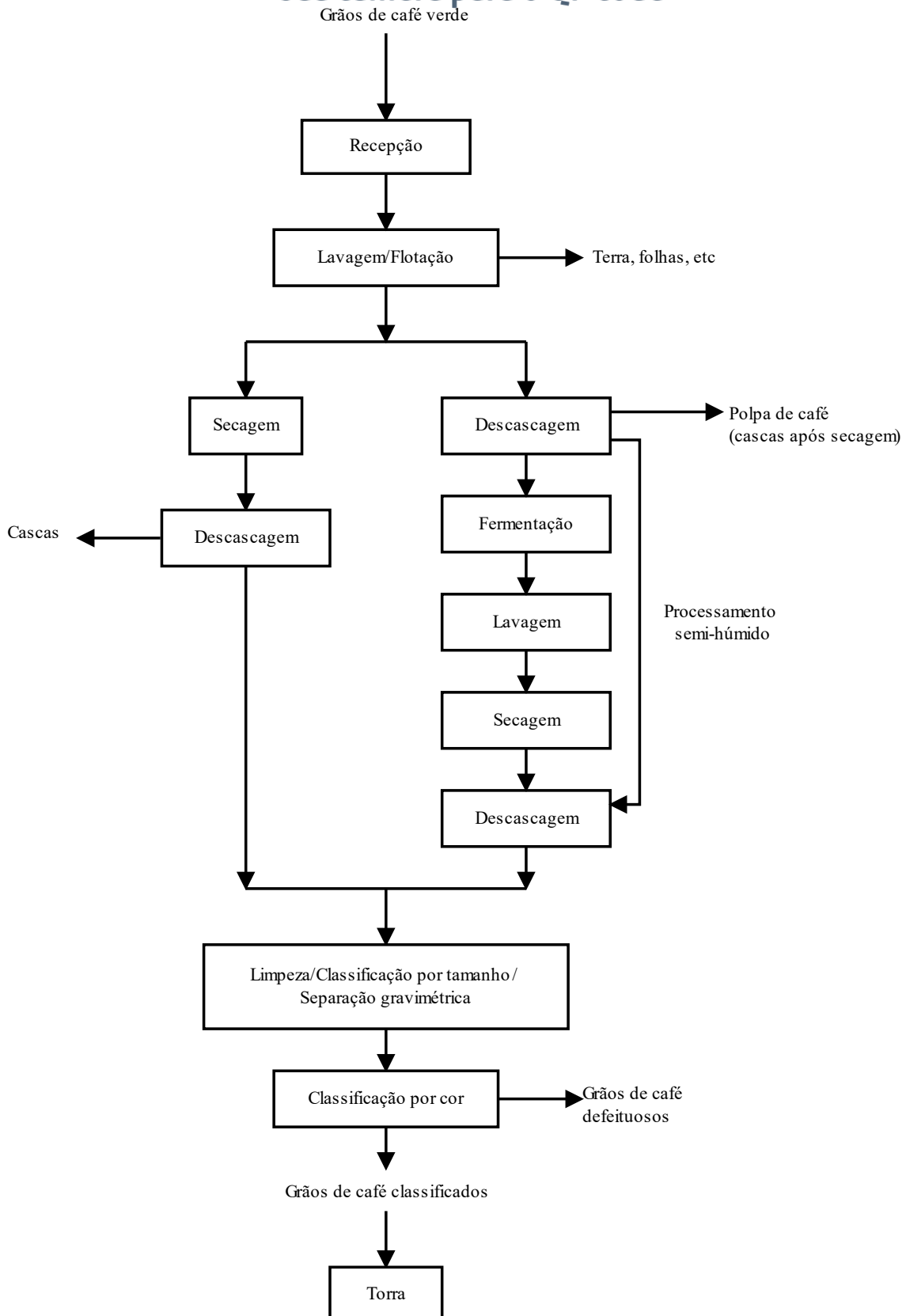


Figura 1. Processamento primário do café (Adaptado de Franca, Oliveira, 2019).

Por outro lado, na via úmida são produzidos os cafés pergaminhos (2). É possível obter três formas de café no processado por via úmida, o café despulpado, obtido pela remoção mecânica da casca e a mucilagem por fermentação biológica, o descascado, com remoção da casca e parte da mucilagem mecanicamente e o desmucilado, obtido

removendo mecanicamente toda a casca e a mucilagem (16). O descascamento é uma etapa comum a todos as formas de processamento por via úmida, a quantidade de frutos verdes é um fator que pode comprometer essa etapa. Em seguida ocorre despulpamento, onde o café descascado é direcionado para tanques de fermentação, por um período de 12 a 48 horas. Essa etapa objetiva a hidrólise da mucilagem. Após a fermentação o café deve ser lavado manual ou mecanicamente para finalizar a remoção da mucilagem e, em seguida, podem ser secos ao sol ou em secadores de ar e armazenados para uso comercial, bem como na via seca (35).

Logo após a secagem dos grãos, por via seca ou via úmida ocorre a cura, que é a retirada da casca e o armazenamento(36). Nesta etapa ocorre limpeza granulometria e por densidade, triagem colorimétrica e ensacamento em sacos padrão de 60kg. Depois desse primeiro tratamento realizado, os grãos podem ser comercializados para serem processados, seguindo etapas de torrefação e moagem (16).

3.2.2.2 Torrefação

Depois da etapa de secagem o café pode ser armazenado ou direcionado para o processamento visando a obtenção de um produto. Nesse sentido é importante destacar a torrefação como uma das principais etapas do processamento, visto que essa etapa é responsável pela conversão do grão do café verde em café torrado. A torrefação é um tratamento térmico a seco, onde os grãos são expostos ao ar quente, havendo o aumento da temperatura, que desencadeia reações químicas, desidratação, e alterações na microestrutura(37). A torrefação do café requer temperaturas elevadas e superiores a 190° C, para possibilitar o desenvolvimento das características sensoriais desejadas (3).

O calor transferido para o café verde tem grande influência sobre as transformações que ocorrem no grão, onde a etapa de torra pode ser dividida em três etapas, sendo inicialmente na torrefação, na qual ocorre a evaporação da água livre. Nesta fase quando a temperatura das sementes atinge 130° C, a sacarose carameliza, e as sementes começam a apresentar coloração dourada e inchar, sendo possível observar também o desaparecimento do cheiro de café verde (14), onde as alterações químicas nesta fase inicial são pequenas em relação as outras fases da torrefação. Ao atingir temperaturas superiores a 160° C, iniciam-se uma série de reações, onde a composição química dos grãos muda drasticamente, ocorrendo desprendimentos em grandes quantidades de moléculas de dióxido de carbono. É perceptível a mudança na coloração das sementes para marrom claro, o aumento do volume e o início da formação de aroma (3). Em temperaturas superiores a 190° C, é possível observar as reações de Maillard e Strecker, que envolvem carboidratos, proteínas e outras classes de compostos de baixo e alto peso molecular (37). Ao atingir a temperatura desejada, pelo período ideal o processo é interrompido e as sementes são rapidamente resfriadas pelo uso de água ou ar, sendo preferível o emprego do ar. Esse tratamento térmico pode durar em período de 3 a 20 minutos (3).

A temperatura nessa fase tem correlação com alguns parâmetros, como a cor, onde quanto maior a temperatura, mais escuro o café, podendo classificar em graus de torra, "leve", "médio" ou "escuro". O aumento da temperatura durante a torrefação é constante até atingir a temperatura máxima que pode variar de 200 a 250° C (37). As temperaturas empregadas na torra podem estar relacionadas ao tipo de torrefador

utilizado, geralmente em torrefadores de cama de fluidos as temperaturas podem atingir até 250° C (3). Bem como o tempo, que influencia as reações, períodos de torra mais longos podem gerar um café amargo e sem o aroma desejado, já períodos de torra curtos podem ser insuficientes para que todas as reações ocorram (37).

Comumente o processo descontínuo para torrefação do café é o que mais ocorre, resumidamente nesse processo os grãos são carregados em cilindros horizontais rotativos, onde o ar quente é soprado para dentro para aquecer os grãos, por temperaturas em torno de 220° C, por um período suficiente para atingir o grau de torra desejado. Com relação ao grau de torra, geralmente é avaliado por medições de refletância de luz de grãos torrados moídos ou inspeção visual de sua cor por um operador (38).

Na torrefação algumas alterações são evidenciadas, em função da sucessão de reações que provocam modificações na composição do grão de café. Essa etapa é considerada como determinante, pois nela ocorre a formação de propriedades físicas, que tem influência direta nas características sensoriais, tecnológicas e funcionais do café (37). Em virtude da formação de compostos relacionados ao sabor e aroma característico da bebida, desenvolvimento da coloração escura, textura porosa e quebradiça que favorece a moagem (14). Outros fatores também podem ser observados, como aumento do volume, a estrutura se torna mais porosa (39) grão, bem como vaporização da água e conversão de matéria seca em compostos voláteis (37). Dentre algumas das reações que ocorrem durante a torrefação, tem a formação carboidratos de baixo peso molecular, a partir de polissacarídeos (40), alteração da coloração em função da pirólise de compostos orgânicos (20). E outras reações, como reação de Maillard, degradação de Strecker, pirólise, caramelização, desnaturação e degradação de proteínas e de alguns ácidos (41).

Após a torrefação do café, há uma alteração da composição em decorrência das reações ocorridas durante o processamento, nessa fase do processo encontram-se os seguintes compostos e suas respectivas concentrações carboidratos (38–42% base seca), melanoidinas (23%), lipídios (11–17%), proteínas (10%), minerais (4,5–4,7%), ácidos clorogênicos (2,7–3,1%), ácidos alifáticos (2,4–2,5%), cafeína (1,3–2,4%), dentre outros em menor concentração (20). O grão do café é, então, moído, podendo ser comercializado como café torrado moído ou podem ser direcionados para fabricação de café instantâneo (3).

Sendo importante destacar a relação da qualidade sensorial do café e a etapa de torrefação. Os atributos sensoriais que indicam qualidade do café, compreendem aroma, acidez, amargor, corpo, sabor e impressão global da bebida. A intensidade e equilíbrio desses parâmetros definem a qualidade sensorial do café (42). Sabe-se que esses parâmetros são influenciados diretamente pelas espécies utilizadas, manejo e condições de cultivo das plantas, grau de maturação na colheita, método de colheita e método do processamento.

3.2.3 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) se referem a um grupo formado por mais de 200 compostos orgânicos, em sua estrutura apresentam dois ou mais anéis aromáticos fundidos (43). Como características, destaca-se a alta hidrofobicidade, baixa solubilidade em água, alto coeficiente de partição octanol-água, baixa pressão de

vapor e altos pontos de fusão e ebulição, dependendo das estruturas (12). Tais propriedades torna-os mais persistentes no ambiente (44). Outro ponto importante sobre as características dessas substâncias, é que há HPAs de baixo peso molecular, estes são formados por três ou menos anéis aromáticos, já os de alto peso molecular, são moléculas que em sua estrutura apresentam quatro ou mais anéis aromáticos (11).

Esses compostos são formados principalmente como resultado da combustão incompleta e pirólise da matéria orgânica, sendo contaminantes ambientais que podem estar presente em qualquer meio devido a deposição desses compostos na atmosfera, pela ocorrência incêndios florestais, erupções vulcânicas, emissão de gases e partículas de veículos motorizados e indústrias, derramamentos de óleo, sistemas de aquecimento doméstico, usinas de energia, combustíveis fósseis, refino de petróleo, gaseificação de carvão e incineração de resíduos. Tais fatores e as características dos HPAs possibilitam a bioacumulação destes no meio ambiente (45); (11); (46).

O contato dos seres humanos com os HPAs está associado a três principais vias, ingestão, respiração e o contato dérmico. O consumo de alimentos é uma via importante para a exposição humana a contaminantes ambientais (47). Estudos tem evidenciado que a contaminação de alimentos por esses compostos podem ser a partir de fontes ambientais, processamento de alimentos industriais e de preparação de alimentos domésticos (48).

A ocorrência dessas substâncias em alimentos deve-se ao preparo, processamento de alimentos ou até mesmo pela entrada na cadeia produtiva de alimentos quando culturas ou plantas são cultivadas com recursos contaminados, como solo, ar ou água (49). Tecnologias de processamento que envolvam altas temperaturas, como secar, assar ou grelhar são indicadas como possíveis fontes de formação de contaminantes como HPAs (50). Nos últimos anos estudos vêm sendo realizados para determinar os níveis de exposição a HPAs, e alimentos como cereais, carnes, gorduras e óleos demonstram níveis significativos desses compostos quando estes são defumados e grelhados (49). Processos de torrefação e secagem de grãos de café, grãos de cacau e folhas de chá podem contribuir para o aumento do teor de HPAs (51), principalmente quando estes passam por processos excessivos em relação a temperatura e tempo de exposição a temperatura elevadas (52).

A formação dos HPAs no café ocorre pela pirólise de compostos presentes nessa matriz, durante a etapa de torrefação. Em função da complexidade da composição do café é difícil descrever as reações envolvidas na formação desses compostos com precisão (53). Sob altas temperaturas ocorre a quebra de macromoléculas (carboidratos, lipídeos e proteínas), podendo acarretar a formação de moléculas mais leves de baixo peso molecular e radicais livres intermediários, que apresentam alta reatividade (47); (54). Quando estes compostos são ciclicizados e recombinados podem formar compostos de alto peso molecular a exemplo dos HPAs (55). Essas moléculas migram gradualmente para a parte hidrofóbica do alimento e se acumulam (56).

Em um estudo realizado por (57) sobre mecanismos para formação de HPAs, são sugeridas três vias de formação desses compostos, sendo essas, com adições de acetileno, mecanismo Diels-Alder e mecanismo de formação com radicais, mas nenhuma das vias é diretamente indicada como principal via para formação desses compostos em alimentos.

A exposição aos HPAs pode estar associada a efeitos adversos, como interferência na função normal das membranas celulares e sistemas enzimáticos (58). A toxicidade dos HAPs pode induzir sintomas como vômitos, náuseas, diarreia, inflamação e vermelhidão da pele, danos nos rins e fígado, diminuição da imunidade ou imunossupressão, ruptura de células sanguíneas, deficiências congênitas, doenças mediadas por estresse oxidativo, toxicidade genética, transformação celular e carcinogenicidade (59); (60); (61); (62); (63); (64). Os efeitos tóxicos associados a exposição aos HPAs são separados em efeitos agudos e efeitos crônicos. Estudos destacam que os efeitos agudos promovidos pelos HPAs dependem do tempo, da via de exposição, número ou concentração de exposição, do nível de toxicidade do composto, estado de saúde e idade (65);(61);(66). O impacto da exposição a curto prazo dos HPAs não é claro, já a exposição ocupacional, a longo prazo a poluentes mistos contendo altas concentrações de HPAs, pode causar sensibilidade ocular, irritação, náusea, vômito, diarreia, confusão, irritação e inflamação da pele (67), podendo-se citar o antraceno e benzo(a)pireno como irritantes diretos da pele que podem causar reações alérgicas cutâneas em animais e humanos (68); (52). Estudos indicam que alguns desses compostos são relacionados a teratogenicidade (69); (70); (62); (71); (64), genotoxicidade (72); (73); (74), imunotoxicidade (75), carcinogênese e efeitos citotóxicos (13). A carcinogenicidade desses compostos pode variar de acordo com o número e estrutura dos anéis aromáticos que compõem a molécula (76).

Após entrar no organismo, em função da sua lipofilicidade, os HPAs são facilmente absorvidos (77); (67). Boa parte dos contaminantes desse grupo são ingeridos junto com alimentos, passam pelo trato gastrointestinal, seguem absorvidos pelo metalismo de primeira passagem e, então, no fígado, passam pela biotransformação (78). Normalmente os HPAs não apresentam características eletrofílicas, que permitem a ocorrência de interações covalentes com os centros nucleófilos do DNA e outras moléculas. Entretanto, quando ocorre conversão metabólica dos HPAs, por sistemas microsômicos oxidativos, são formados intermediários (epóxidos e diol epóxidos) capazes de gerar espécies de carbocátions altamente reativas que, por sua vez, estão associados com a ligação com o DNA. Essa ativação ocorre por meio de enzimas do citocromo P450(79); (63). Os produtos de adição formados causam uma distorção na estrutura de dupla hélice do DNA, comprometendo sua função e induzindo o desenvolvimento de aduto, e conseqüentemente alteração genética, erros e mutações na replicação do DNA (43), porém os organismos possuem mecanismo de reparo para eliminação de adutos de DNA, por meio da excisão de nucleotídeos (80). Caso esses adutos não sejam reparados, podem causar mutações permanentes (81), podendo ser pior se esses metabolitos estiverem em locais críticos com genes supressores de tumor ou oncogenes, pois podem iniciar o processo de carcinogênese (82).

A atividade carcinogênica do BaP, por exemplo, é resultado de sua biotransformação. No fígado esse composto é oxidado formando o BaP-7,8-dihidrodiol-9,10-epóxido, que pode se ligar ao DNA modificando o mecanismo de replicação(83); (84). Para esclarecer mais esse processo, sabe-se que a estrutura dos HPAs não apresenta características eletrofílicas, entretanto quando ocorre conversão metabólica desses compostos por sistemas oxidativos, podem ser formados intermediários eletrofílicos, capazes de reagir com DNA. Os produtos dessa reação têm o potencial de causar uma

distorção na estrutura de dupla hélice do DNA, o que irá comprometer sua função, promovendo o travamento do aduto em uma alteração genética(43).

Diante da incidência desses compostos em alimentos e o risco associado, pode-se destacar o benzo(a)Pireno (BaP), benz(a)Antraceno (BaA), benzo(b)Fluoranteno (BbF) e Criseno (CHR), conhecido como grupo dos 4HPA, bem como a soma de 8 HPAs (os 4HPA juntamente com o benzo[k]fluoranteno [BkF], Dibenzo[ah]antraceno (DB(a,h)A), benzo [g,h, i]perileno B(g,h,i)P e indeno[1,2,3-c,d]pireno (I(c,d)P)) são compostos a serem monitorados. Esses grupos foram estabelecidos pelo Painel da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), como sendo indicador adequado de HPA em alimentos (48).

A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classifica os compostos em grupos, sendo esses: Grupo 1 - carcinogênico para humanos; Grupo 2A - provavelmente carcinogênico para humanos; Grupo 2B - possivelmente carcinogênico para humanos; Grupo 3 - não classificável quanto à sua carcinogenicidade para humanos e Grupo 4 - provavelmente não carcinogênico para humanos. Nesse sentido, é importante ressaltar que a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou alguns compostos do grupo dos HPAs, como o benzo(a)Pireno em carcinógeno humano (Grupo 1), bem como o naftaleno e o criseno, que foram considerados possivelmente cancerígenos para humanos (Grupo 2B).

Nesse sentido, o estudo desses compostos em alimentos é de suma importância, verificar níveis, processos associados e com isso tentar mensurar o risco associado a exposição a esses compostos. Segundo dados da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), os cereais e os frutos do mar são as classes de alimentos que mais contribuem para exposição dietética aos HPAs(48). Com isso foi determinado o limite máximo de 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de benzo(a)pireno ou sua soma com benzo(a)antraceno, criseno e benzo(b)fluoranteno em alimentos infantis, para óleos e gorduras não deve exceder 10 $\mu\text{g/kg}$, para grãos de cacau e produtos derivados 35 $\mu\text{g/kg}$, e para carnes e produtos da pesca 30 $\mu\text{g/kg}$ (85)(European Commission, 2011). Sendo importante ressaltar que não há legislação que estabeleça limites para HPAs em café.

3.2.4 Metodologias para análise de HPAs em café

3.2.4.1 Técnicas Analíticas

A avaliação de contaminantes em matrizes alimentares vem sendo realizada para o monitoramento desses compostos, possibilitando a verificação da concordância com os limites máximos de resíduos permitidos para liberação de moléculas alvo, que podem estar presentes em níveis traços. Dessa maneira o uso de técnicas seletivas, com boa capacidade de separação são imprescindíveis. Nesse sentido, a cromatografia é a técnica analítica mais citada na literatura para análise de HPAs, acoplada a detectores apropriados podem reduzir o efeito de interferentes presentes nos alimentos. Para análise de HPAs em matrizes alimentares a Cromatografia Gasosa (GC) acoplada à espectrometria de massa (MS) é uma das técnicas mais citadas (50). Para análise de HPAs em café junto com GC-MS a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) usando detecção de fluorescência (FLD) é uma das mais reportadas na literatura (86); (87).

3.2.4.2 Técnicas de preparo de amostra

O uso dessas técnicas analíticas requer um preparo de amostra, idealmente este deve englobar extração e limpeza, possibilitando a diminuição do efeito matriz. Atualmente técnicas de preparo de amostra como QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and safe), MSPE (Extração em Fase Sólida Magnética), LLE (Extração Líquido-Líquido), SPE (Extração em fase solida), tem sido utilizadas para análise de HPAs em amostras café em diversos estudos (88); (89); (90); (91).

Sobre o levantamento realizado com trabalhos que avaliaram HPAs em amostras foi perceptível que das técnicas mais citadas na literatura, GC-MS é a mais reportada para análise de HPAs. Esse fato está associado as características dos HPAs, que são moléculas volatilizáveis, bem como a sensibilidade apresentada pela técnica e seletividade do espectrômetro de massas que possibilita a confirmação da identidade da molécula através do espectro de massas. A segunda técnica mais reportada nos trabalhos é o HPLC-FLD, outras técnicas também vêm sendo utilizadas como, CG-FID, GC-SIM-MS, GC-IDMS, GC-NPD, GC-MSD, HPLC-FD, UHPLC-UV, HPLC-DAD, LC-MS, SFC-APCI-MS, RP-HPLC e HPLC -UV-VIS.

Para as técnicas de preparo de amostra a extração em fase solida (SPE) é bastante utilizada, bem como variações dessa técnica como a Extração em fase sólida magnética (MSPE) e a Microextração em Fase Solida (μ -SPE). A extração líquido-líquido também é reportada em vários trabalhos, bem como QuEChERS e Microextração Líquido-Líquido Dispersiva (DLLME).

Por meio desse levantamento foi possível perceber que há muitos estudos sobre a incidência de HPAs em amostras de café, esses trabalhos avaliaram o grão do café verde, grão torrado e moído e a bebida de café, e foram desenvolvidos em diversos países, tendo destaque China, Japão, Tailândia, Etiópia. No Brasil não há muitos estudos realizados em amostras de café comercial, sendo um ponto que chama atenção em virtude da representatividade dessa commodity em nosso território.

CONCLUSÕES

Na literatura diversos trabalhos que avaliam a presença de HPAs em amostra de café torrado evidenciam a contaminação das amostras frente ao processo de obtenção do produto comercial. Contudo, no Brasil não são apresentados dados suficientes para as amostras comercializadas em território nacional, em contrapartida o Brasil é considerado o principal exportador de café e segundo maior consumidor a nível mundial, o que reforça a importância de estudos e levantamento de dados relacionados a esse nível de contaminação. A geração de dados que demonstrem a incidência de HPAs em amostras de café produzidos e comercializados no Brasil torna-se essencial. Para isso é indispensável o desenvolvimento de técnicas analíticas e métodos de preparo e extração eficientes.

1. Bertrand B, Guyot B, Anthony F, Lashermes P. Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. 2003;387–94.
2. Esquivel P, Jiménez VM. Functional properties of coffee and coffee by-products ☆. FRIN [Internet]. 2012;46(2):488–95. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
3. Farah A. 2 Coffee Constituents. 2012;
4. Arcila A, Benavides P. Determinación de trazas de pesticidas en la producción de café en Colombia. Rev Cenicafé [Internet]. 2019;70(ISSN-0120-0275):8–9. Available from: <https://www.cenicafe.org/es/publications/Revista70%282%29-Web.pdf#page=6>
5. Barrios-Rodríguez YF, Gutiérrez-Guzmán N, Pedreschi F, Mariotti-Celis MS. Rational design of technologies for the mitigation of neo-formed contaminants in roasted coffee. Trends Food Sci Technol. 2022;120(August 2021):223–35.
6. Mokhtarian M, Tavakolipour H, Bagheri F, Oliveira CAF, Corassin CH, Khaneghah AM. Aflatoxin B1 in the Iranian pistachio nut and decontamination methods: A systematic review. Qual Assur Saf Crop Foods. 2020;12(4):15–25.
7. Maziero MT, Bersot LS. Micotoxinas Em Alimentos Produzidos No Brasil. Rev Bras Prod Agroindustriais. 2010;12(1):89–99.
8. Chu Y-F. Coffee: emerging health effects and disease prevention. Vol. 59. John Wiley & Sons; 2012.
9. da Silva CQ, Fernandes A da S, Teixeira GF, França RJ, Marques MR da C, Felzenszwalb I, et al. Risk assessment of coffees of different qualities and degrees of roasting. Food Res Int. 2021;141(March 2020).
10. Javed F, Shahbaz HM, Nawaz A, Olaimat AN, Stratakos AC, Wahyono A, et al. Formation of furan in baby food products: Identification and technical challenges. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2021;
11. Premnath N, Mohanrasu K, Raj RG, Dinesh GH, Prakash GS, Ananthi V, et al. Chemosphere A crucial review on polycyclic aromatic Hydrocarbons - Environmental occurrence and strategies for microbial degradation. Chemosphere [Internet]. 2021;280(March):130608. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130608>
12. Lee B-K, Vu VT. Sources, Distribution and Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Particulate Matter 99 X Sources, Distribution and Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Particulate Matter [Internet]. 2010. Available from: www.intechopen.com
13. Armstrong B, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review and meta-analysis. Vol. 112, Environmental Health Perspectives. Public Health Services, US Dept of

Health and Human Services; 2004. p. 970–8.

14. Buffo RA, Cardelli-freire C. Coffee flavour : an overview. 2004;(February):99–104.
15. Franca AS, Oliveira LS. Coffee. In: Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products. Elsevier; 2019. p. 413–38.
16. Borém FM. Pós-Colheita do Café. UFLA; 2008.
17. Illy A, Viani R. Espresso coffee: the chemistry of quality. 1995;
18. Luis C, Vegro R, Almeida LF De. Global coffee market : Socio-economic and cultural dynamics [Internet]. Coffee Consumption and Coffee Industry Strategies in Brazil. Elsevier Inc.; 2020. 3–19 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00001-9>
19. Gielissen R, Graafland J. Concepts of price fairness : empirical research into the Dutch coffee market. 2009;18(2):165–78.
20. Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P. Coffee, tea, cocoa. Food Chem. 2009;938–70.
21. Navarini L, Gilli R, Gombac V, Abatangelo A, Bosco M, Toffanin R. Polysaccharides from hot water extracts of roasted *Coffea arabica* beans: isolation and characterization. Carbohydr Polym. 1999;40(1):71–81.
22. Redgwell RJ, Trovato V, Curti D, Fischer M. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans. Carbohydr Res. 2002;337(5):421–31.
23. Rogers WJ, Michaux S, Bastin M, Bucheli P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. Plant Sci. 1999;149(2):115–23.
24. Silwar R, Lullmann C. The determination of mono-and disaccharides in green Arabica and Robusta coffees using high performance liquid chromatography. Café Cacao Thé. 1988;
25. Speer K, Kölling-Speer I. The lipid fraction of the coffee bean. Brazilian J Plant Physiol. 2006;18:201–16.
26. Mazzafera P, Robinson SP. Characterization of polyphenol oxidase in coffee. Phytochemistry. 2000;55(4):285–96.
27. Clifford MN, Johnston KL, Knight S, Kuhnert N. Hierarchical scheme for LC-MS n identification of chlorogenic acids. J Agric Food Chem. 2003;51(10):2900–11.
28. Farah A, Monteiro MC, Calado V, Franca AS, Trugo LC. Correlation between

- cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chem.* 2006;98(2):373–80.
29. Belay A, Ture K, Redi M, Asfaw A. Food Chemistry Measurement of caffeine in coffee beans with UV / vis spectrometer. 2008;108:310–5.
 30. Heckman MA, Weil J, De Mejia EG. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: a comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters. *J Food Sci.* 2010;75(3):R77--R87.
 31. Daly JW, Fredholm BB. Caffeine – an atypical drug of dependence. 1998;
 32. Tommerdahl KL, Hu EA, Selvin E, Steffen LM, Coresh J, Grams ME, et al. Coffee Consumption May Mitigate the Risk From the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Kidney Int Reports [Internet].* 2022;7(7):1665–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.04.091>
 33. Ghosh P, Venkatachalapathy N. Processing and drying of coffee--a review. *Int J Eng Res Technol.* 2014;3(12):784–94.
 34. Toci A, Farah A, Carlos Trugo L. EFEITO DO PROCESSO DE DESCAFEÍNAÇÃO COM DICLOROMETANO SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ANTES E APÓS A TORRAÇÃO. Vol. 29, *Quim. Nova.* 2006.
 35. Pereira GVDM, Neto DPDC, Júnior AIM, Vásquez ZS, Medeiros ABP, Vandenberghe LPS, et al. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chem [Internet].* 2019;272(August 2018):441–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>
 36. Vincent JC. Green coffee processing. In: *Coffee.* Springer; 1987. p. 1–33.
 37. Schenker S, Rothgeb T. The Roasted Creating the Beans ' Signature. 2017;245–71.
 38. Dutra ER, Oliveira LS, Franca AS, Ferraz VP, Afonso R. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast. *J Food Eng.* 2001;47(3):241–6.
 39. Schenker S, Handschin S, Frey B, Perren R, Escher F. Structural properties of coffee beans as influenced by roasting conditions. In: *ASIC, 18e colloque, Helsinki.* 1999.
 40. Arya M, Rao LJM. An Impression of Coffee Carbohydrates An Impression of Coffee. 2010;8398(2007).
 41. Aguiar J, Estevinho BN, Santos L. Trends in Food Science & Technology Microencapsulation of natural antioxidants for food application e The specific case of coffee antioxidants e A review. *Trends Food Sci Technol [Internet].*

2016;58:21–39. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>

42. Stalmach A, Mullen W, Nagai C, Crozier A. On-line HPLC analysis of the antioxidant activity of phenolic compounds in brewed , paper-filtered coffee. 2006;18(figure 1):253–61.
43. Binello A, Cravotto G, Menzio J, Tagliapietra S. Polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee samples : Enquiry into processes and analytical methods. Food Chem [Internet]. 2021;344(November 2020):128631. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128631>
44. Patel AB, Shaikh S, Jain KR, Desai C, Madamwar D. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. Vol. 11, Frontiers in Microbiology. Frontiers Media S.A.; 2020.
45. Harvey J, Lacey MG. A postsynaptic interaction between dopamine D1 and NMDA receptors promotes presynaptic inhibition in the rat nucleus accumbens via adenosine release. J Neurosci. 1997;17(14):5271–80.
46. Purcaro G, Barp L, Moret S. Determination of hydrocarbon contamination in foods. A review. Anal Methods. 2016;8(29):5755–72.
47. Singh L, Agarwal T, Simal-Gandara J. PAHs, diet and cancer prevention: Cooking process driven-strategies. Vol. 99, Trends in Food Science and Technology. Elsevier Ltd; 2020. p. 487–506.
48. EFSA. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food 1 Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain Adopted on 9 June 2008. 2008;(June):1–114.
49. Lawal AT. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review. Cogent Environ Sci. 2017;3(1):1339841.
50. Kacmaz S. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in flour, bread, and breakfast cereals. In: Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention. Elsevier; 2019. p. 13–20.
51. Pincemaille J, Schummer C, Heinen E, Moris G. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and non-smoked black teas and tea infusions. Food Chem. 2014;145:807–13.
52. Rose M, Holland J, Dowding A, Petch SRG, White S, Fernandes A, et al. Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting. Food Chem Toxicol. 2015 Apr 1;78:1–9.
53. Houessou JK, Goujot D, Heyd B, Camel V. Modeling the formation of some polycyclic aromatic hydrocarbons during the roasting of Arabica coffee samples. J Agric Food Chem. 2008;56(10):3648–56.
54. Huang L, Chen Z, Wen Q, Zhao L, Lee D-J, Yang L, et al. Insights into Feast-

- Famine polyhydroxyalkanoate (PHA)-producer selection: Microbial community succession, relationships with system function and underlying driving forces. *Water Res* [Internet]. 2018;131:167–76. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313541731028X>
55. Badger GM, Buttery RG. 501. The formation of aromatic hydrocarbons at high temperatures. Part IV. The pyrolysis of styrene. *J Chem Soc* [Internet]. 1958;2458 – 2463. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-37049056537&doi=10.1039%2FJ9580002458&partnerID=40&md5=ad97898cb22c4394d2f52a4ad7d9e3c0>
56. Chen BH, Chen YC. Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the smoke from heated model lipids and food lipids. *J Agric Food Chem*. 2001;49(11):5238–43.
57. Reizer E, Viskolcz B, Fiser B. Formation and growth mechanisms of polycyclic aromatic hydrocarbons: A mini-review. Vol. 291, *Chemosphere*. Elsevier Ltd; 2022.
58. Cross AJ, Freedman ND, Ren J, Ward MH, Hollenbeck AR, Schatzkin A, et al. Meat consumption and risk of esophageal and gastric cancer in a large prospective study. *Am J Gastroenterol* [Internet]. 2011;106(3):432 – 442. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952359390&doi=10.1038%2Fajg.2010.415&partnerID=40&md5=67b5ba31ca6b426d25451a9074cee7fa>
59. Diggs DL, Huderson AC, Harris KL, Myers JN, Banks LD, Rekhadevi P V, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons and digestive tract cancers: A perspective. *J Environ Sci Heal - Part C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* [Internet]. 2011;29(4):324 – 357. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84857857577&doi=10.1080%2F10590501.2011.629974&partnerID=40&md5=78d447307ae58b702d0ba7435499551f>
60. Iko Afé OH, Saegerman C, Kpoclou YE, Anihouvi VB, Douny C, Igout A, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of traditionally grilled pork marketed in South Benin and health risk assessment for the Beninese consumer. *Food Addit Contam - Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2020 May 3;37(5):742–52.
61. Khalil A, Villard PH, Dao MA, Burcelin R, Champion S, Fouchier F, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons potentiate high-fat diet effects on intestinal inflammation. *Toxicol Lett*. 2010 Jul;196(3):161–7.
62. Rossnerova A, Rossner P, Milcova A, Topinka J, Ambroz A, Pavlikova J, et al. The impact of polycyclic aromatic hydrocarbons in polluted air and diet on newborns. *Toxicol Lett*. 2015;2(238):S120.
63. Sugimura T, Wakabayashi K, Nakagama H, Nagao M. Heterocyclic amines:

- Mutagens/carcinogens produced during cooking of meet and fish. *Cancer Sci* [Internet]. 2004;95(4):290 – 299. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-1942504286&doi=10.1111%2Fj.1349-7006.2004.tb03205.x&partnerID=40&md5=2e4d54bf744264a67ca343446edf9ccf>
64. Tiwari M, Sahu SK, Pandit GG. Distribution of PAHs in different compartment of creek ecosystem: Ecotoxicological concern and human health risk. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2017 Mar 1;50:58–66.
65. Domingo JL, Nadal M. Human dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review of the scientific literature. Vol. 86, *Food and Chemical Toxicology*. Elsevier Ltd; 2015. p. 144–53.
66. Lee JG, Suh JH, Yoon HJ. Occurrence and risk characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons of edible oils by the Margin of Exposure (MOE) approach. *Appl Biol Chem*. 2019 Dec 1;62(1).
67. Rengarajan T, Rajendran P, Nandakumar N, Lokeshkumar B, Rajendran P, Nishigaki I. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine [Internet]. Vol. 5, *Asian Pac J Trop Biomed*. 2015. Available from: www.elsevier.com/locate/apjtb
68. Bil W, van der Bent SAS, Spiekstra SW, Nazmi K, Rustemeyer T, Gibbs S. Comparison of the skin sensitization potential of 3 red and 2 black tattoo inks using interleukin-18 as a biomarker in a reconstructed human skin model. *Contact Dermatitis* [Internet]. 2018;79(6):336 – 345. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85052635020&doi=10.1111%2Fcod.13092&partnerID=40&md5=50af4cfed39b1d07bb20466e9af36042>
69. Crowell SR, Hanson-Drury S, Williams DE, Corley RA. In vitro metabolism of benzo[a]pyrene and dibenzo[def,p]chrysene in rodent and human hepatic microsomes. *Toxicol Lett*. 2014 Jul 3;228(1):48–55.
70. Perera F, Tang D, Whyatt R, Lederman SA, Jedrychowski W. DNA Damage from Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Measured by Benzo[a]pyrene-DNA Adducts in Mothers and Newborns from Northern Manhattan, The World Trade Center Area, Poland, and China [Internet]. 2005. Available from: <http://aacrjournals.org/cebp/article-pdf/14/3/709/2263240/709-714.pdf>
71. Tarantini A, Maître A, Lefèbvre E, Marques M, Rajhi A, Douki T. Polycyclic aromatic hydrocarbons in binary mixtures modulate the efficiency of benzo[a]pyrene to form DNA adducts in human cells. *Toxicology*. 2011 Jan 11;279(1–3):36–44.
72. Lewtas J. Air pollution combustion emissions: Characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects. Vol. 636, *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*. 2007. p.

95–133.

73. Onopiuk A, Kołodziejczak K, Szpicer A, Wojtasik-Kalinowska I, Wierzbicka A, Półtorak A. Analysis of factors that influence the PAH profile and amount in meat products subjected to thermal processing. Vol. 115, Trends in Food Science and Technology. Elsevier Ltd; 2021. p. 366–79.
74. Schwerdtle T, Ebert F, Thuy C, Richter C, Mullenders LHF, Hartwig A. Genotoxicity of soluble and particulate cadmium compounds: Impact on oxidative dna damage and nucleotide excision repair. Chem Res Toxicol. 2010 Feb 15;23(2):432–42.
75. Corsini E, Van Loveren H. Molecular Immunotoxicology. Wiley; 2014.
76. Amirdivani S, Khorshidian N, Dana G, Mohammadi R, Amir M, Lorena S, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and dairy products. 2019;72(1).
77. Celik-Saglam I, Balcik C, Cetin B. Concentrations, sources, and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in black, green and fruit flavored tea in Turkey. J Food Compos Anal. 2022 Jun 1;109.
78. Gerde P, Muggenburg BA, Lundborg M, Dahl AR. The rapid alveolar absorption of diesel soot-adsorbed benzo[a]pyrene: bioavailability, metabolism and dosimetry of an inhaled particle-borne carcinogen and 2 Battelle association warrants further investigation. Vol. 22, Carcinogenesis. 2001.
79. Bendtsen KM, Bengtsen E, Saber AT, Vogel U. A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports. Vol. 20, Environmental Health: A Global Access Science Source. BioMed Central Ltd; 2021.
80. Kropachev K, Kolbanovskiy M, Liu Z, Cai Y, Zhang L, Schwaid AG, et al. Adenine-DNA adducts derived from the highly tumorigenic dibenzo[a,l]pyrene are resistant to nucleotide excision repair while guanine adducts are not. Chem Res Toxicol. 2013 May 20;26(5):783–93.
81. Zhou GD, Richardson M, Fazili IS, Wang J, Donnelly KC, Wang F, et al. Role of retinoic acid in the modulation of benzo(a)pyrene-DNA adducts in human hepatoma cells: Implications for cancer prevention. Toxicol Appl Pharmacol. 2010 Dec 15;249(3):224–30.
82. Olivier M, Hollstein M, Hainaut P. TP53 mutations in human cancers: origins, consequences, and clinical use. Cold Spring Harb Perspect Biol [Internet]. 2010;2(1):a001008. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77955363995&doi=10.1101%2Fchshperspect.a001008&partnerID=40&md5=813f5a7511da5c6fcf3a04ef00ccb9cb>
83. Delft JHM Van, Mathijs K, Staal YCM, Herwijnen MHM Van, Brauers KJJ, Kleinjans JCS. Time Series Analysis of Benzo [A] Pyrene-Induced

Transcriptome Changes Suggests That a Network of Transcription Factors Regulates the Effects on Functional Gene Sets. 2010;117(2):381–92.

84. Miller KP, Ramos KS. Impact of cellular metabolism on the biological effects of benzo [a] pyrene and related hydrocarbons. *Drug Metab Rev.* 2001;33(1):1–35.
85. Pareja L, Fernández-Alba AR, Cesio V, Heinzen H. Analytical methods for pesticide residues in rice. Vol. 30, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry.* 2011. p. 270–91.
86. Bozkurt SS, Merdivan M, Erdem P, Altınıs A. Talanta Chitosan and dicationic ionic liquid intercalated clay-coated solid-phase microextraction fiber for determination of sixteen polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee and tea samples. 2021;235(July).
87. Singh L, Agarwal T. Comparative analysis of conventional and greener extraction methods and method validation for analyzing PAHs in cooked chicken and roasted coffee. *Food Chem [Internet].* 2021;364(June):130440. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130440>
88. Bishnoi NR, Mehta U, Sain U, Pandit GG. Quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons in tea and coffee samples of Mumbai City (India) by high performance liquid chromatography. *Environ Monit Assess.* 2005;107(1–3):399–406.
89. Houessou JK, Benac C, Delteil C, Camel V. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee brew using solid-phase extraction. *J Agric Food Chem.* 2005;53(4):871–9.
90. Kamal El-Deen A, Shimizu K. Modified μ -QuEChERS coupled to diethyl carbonate-based liquid microextraction for PAHs determination in coffee, tea, and water prior to GC–MS analysis: An insight to reducing the impact of caffeine on the GC–MS measurement. *J Chromatogr B Anal Technol Biomed Life Sci [Internet].* 2021;1171(January):122555. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2021.122555>
91. Wu H, Li D, Zhao B, Guan S, Jing X, Ding Y, et al. Magnetic covalent organic framework nanocomposites as a new adsorbent for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and food samples. *Anal Methods.* 2021;13(25):2847–56.



Capítulo 27

DOI: 10.53934/08082023-27

DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA LÁCTEA COM SORO DE RICOTA SABORIZADA COM MURICI (*BYRSONIMA CRASSIFOLIA*)

Bianca Ferreira Augustinho *; Ellen Godinho Pinto ; Ana Paula Stort
Fernandes ; Dayana Silva Batista Soares ; Wiaslan Figueiredo Martins 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br

Resumo: A bebida láctea é um produto obtido da mistura do leite, soro de leite e demais ingredientes. O uso de soro proveniente do processamento de ricota em sua formulação serve para agregar valor, além de eliminar os problemas ambientais gerados com o seu descarte inadequado. O presente trabalho teve por objetivo a elaboração de uma bebida láctea fermentada e não fermentada com soro de ricota e saborizada com murici. Foi realizado o processo de colheita, seleção e higienização dos frutos. Em seguida foi realizada a formulação das bebidas lácteas. O soro, polpa de murici e as bebidas lácteas foram analisados quanto ao pH, Acidez Titulável (g/100 g), Sólidos Solúveis Totais (°Brix), Aw e Umidade, todos seguindo a metodologia do Instituto Adolf Lutz. Ambas as bebidas lácteas apresentaram boas características físico-química, assemelhando-se as literaturas, tendo divergência apenas no valor de pH o qual foi inferior, sendo vantajoso do ponto de vista comercial, pois tem maior segurança microbiológica, e pode influenciar na aceitabilidade sensorial.

Palavras-chave: *Byrsonima crassifolia*; cerrado; fermentação

Abstract: The dairy drink is a product obtained from a mixture of milk, whey and other ingredients. The use of whey from ricotta processing in its formulation serves to add value, in addition to eliminating environmental problems generated by its improper disposal. The present study aims to develop fermented and non-fermented milk beverage with ricotta whey flavored with murici. The process of harvesting, selecting and sanitizing the fruits was performed. Subsequently, then formulation of the dairy beverages was carried out. The whey, murici Pulp, and milk beverages were analyzed for pH, Titratable Acidity (g/100g), Total Soluble Solids (°Brix), Aw, and Humidity, following the methodology of the Adolf Lutz Institute. Both dairy drinks showed good physical-chemical characteristics, consistente with the literature, except for a lower pH value. This lower pH value is advantageous from a comercial stand point, but it may influence sensory acceptability.

Keywords: *Byrsonima crassifolia*; cerrado; fermentation

INTRODUÇÃO

Segundo o Regulamento de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea (1), entende-se por Bebida Láctea o produto lácteo resultante da mistura do leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea deve representar pelo menos 51% (cinquenta e um por cento) massa/massa (m/m) do total de ingredientes do produto.

Durante o processamento de ricota, o rendimento é de aproximadamente 5% em relação ao volume de soro de queijo utilizado, sendo o restante soro. O soro resultante da fabricação da ricota possui importantes propriedades nutricionais, como 0,15 a 0,22% de proteínas, 4,8 a 5,0% de lactose, 1,0 a 1,3% de sais minerais e 0,20 a 0,25% de ácidos orgânicos, que podem agregar valor ao desenvolvimento de novos produtos, além de eliminar os problemas ambientais gerados com o seu descarte inadequado (2; 3).

O soro resultante da fabricação da ricota pode possuir gosto ácido e elevado teor salino, o que tem sido um fator limitante para o seu aproveitamento na alimentação humana, por isso é indispensável a saborização dos produtos fabricados com o seu uso (3).

O murici (*Byrsonima crassifolia*) é uma drupa consumido principalmente *in natura*, sendo encontrado de dezembro a março, nas regiões serranas do Sudeste, nos cerrados de Mato Grosso e Goiás e no litoral do Norte e Nordeste do Brasil. Quando maduro, apresenta coloração amarela, com formato levemente achatado e esférico, e dispõe de um diâmetro aproximado de 1,5 a 2,0 cm. É um fruto energético, rico em lipídios, fibras alimentares, cálcio e componentes antioxidantes como os fenólicos e os carotenoides, com aroma e sabor característicos. A polpa é carnosa e macia, podendo ser consumida *in natura* ou sob a forma de sucos, geleias, sorvetes e licores (4).

O presente trabalho teve por objetivo realizar a elaboração de bebida láctea fermentada e, também, não fermentada com adição de soro de ricota e saborizada com murici (*Byrsonima crassifolia*).

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do murici foram adquiridos na região de Morrinhos-GO, sendo em seguida transportados para o laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos. Foram selecionados, lavados com água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$ por 15 minutos.

O leite utilizado foi adquirido em mercado local, sendo este tipo UHT. O soro de ricota foi obtido do processamento de ricota, armazenado e posteriormente utilizado para a elaboração da bebida láctea.

Para a elaboração das bebidas lácteas fermentadas e não fermentadas foram utilizadas as proporções de ingredientes dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de ingredientes para elaboração de bebida láctea de murici e proporções

Ingredientes	Não fermentada	Fermentada
Soro	36,36%	31,75%
Leite	36,36%	31,75%
Açúcar	9,09%	7,94%
Murici	18,18%	15,86%
Iogurte	0,00%	12,70%

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Para a elaboração da bebida láctea não fermentada, realizou-se a junção dos ingredientes e homogeneização manual. Para a fermentação da bebida láctea, aqueceu-se o leite e soro a 40°C e posteriormente adicionou-se iogurte natural e deixou-se em repouso por aproximadamente 4 horas e após levou para refrigeração. Quebrou-se a massa fermentada por agitação manual e adicionou-se a polpa de Murici pasteurizada.

O fruto, soro e as bebidas lácteas foram submetidos às análises físico – químicas em triplicata de: umidade, pH, acidez titulável, atividade de água (Aw) e sólidos solúveis totais (° Brix).

A umidade foi determinada através de leitura direta no analisador de umidade por infravermelho MB27 da marca Ohaus, conforme a metodologia descrita no manual do fabricante.

O pH foi medido por meio de pHmetro previamente calibrado com soluções padrões 4,0 e 7,0.

A acidez titulável foi determinada por método titulométrico, utilizando solução de hidróxido de sódio 0,1 M e indicador fenolftaleína (3-5 gotas), sendo expressa em g/100 g de ácido láctico.

A índice de atividade de água (Aw) foi determinado utilizando o analisador de atividade de água do Pre Water Activity Analyzer da marca Aqua Lab.

O teor de sólidos solúveis totais (° Brix) foi determinado por leitura direta em refratômetro manual.

Todas as análises foram realizadas seguindo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (5), em triplicata.

Para análise estatística da composição físico-química das bebidas lácteas, os dados foram submetidos à análise de teste t com nível de significância previamente estabelecido em 5% ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico ASSISTAT 7.7 (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bebidas lácteas obtidas podem ser observadas na Figura 1 disposta abaixo.



Figura 1 – Aspecto visual das bebidas lácteas obtidas após processamento.

Fonte: Os autores (2023).

Visualmente, ambas as bebidas apresentaram cor levemente amarela, sendo esta proveniente de matéria-prima saborizante.

Constata-se na Tabela 2, os resultados da composição físico-química do murici *in natura* e soro da ricota.

Tabela 2 – Caracterização físico-química do murici *in natura* e soro obtido do processamento de ricota.

Análises	Murici <i>in natura</i>	Soro da ricota
pH	1,10±0,02	3,05±0,09
Acidez Titulável (g/100 g)	2,08±0,05	0,18±0,01
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	9,33±0,57	7,33±0,57
Aw	0,900±0,01	0,908±0,00
Umidade (%)	77,90±0,80	80,89±0,22

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Verifica-se que o valor de pH do Murici *in natura* foi de 1,10, o qual se difere do encontrado por Morzelle *et al.* (6) que foi de 4,74. A acidez total titulável dos Muricis *in natura* foi de 2,08 g/100 g de ácido cítrico, valor esse semelhante ao encontrado por Santos *et al.* (7) que foi de 2,44 g/100 g. O teor de umidade dos frutos encontrado no presente estudo foi de 77,90% que corrobora com o encontrado por Monteiro *et al.* (8) que foi de 75,87%,

aproximando-se também a atividade de água que foi de 0,980.

O teor de sólidos solúveis totais é um importante fator de qualidade quanto ao sabor, segundo Chitarra e Chitarra (9), ele é usado como medida indireta do teor de açúcares, pois à medida que os teores de açúcares vão se acumulando na fruta, os teores sólidos solúveis totais aumentam. O valor encontrado de 9,33°Brix está superior a 9%, o que é bastante desejável do ponto de vista comercial.

As variações dos resultados encontrados podem ser atribuídas a diversos fatores, podendo ser eles devido ao grau de maturação dos frutos, fatores endofoclimáticos e metodologias de análises (10;11).

O soro de ricota é um produto com elevada umidade e A_w , como verificado no presente estudo essas são de 80,89% e 0,900, respectivamente. O soro de leite ácido apresenta um pH inferior ao valor de 5,1 (12), estando o valor obtido no presente estudo dentro desse padrão. O soro de ricota apresentou uma acidez de 0,18 g/100 g de ácido láctico, valor esse semelhante ao encontrado por Paula *et al.* (3) em seu estudo, o qual foi 0,13 g/100 g.

Tabela 3 - Caracterização físico-química das bebidas lácteas fermentada e não fermentada obtidas com adição de soro de ricota e saborizado com polpa de murici.

Análises	Bebida láctea	Bebida láctea fermentada
pH	2,32 ±0,00 ^a	2,02±0,01 ^b
Acidez Titulável (g/100 g)	0,34±0,00 ^b	0,59±0,00 ^a
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	15,00±0,00 ^b	17,33±0,57 ^a
A_w	0,846±0,03 ^a	0,888±0,01 ^a
Umidade (%)	80,45±0,21 ^a	78,93±0,79 ^a

As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste T.

Em seu estudo Paula *et al.* (3), encontraram um valor de pH de 3,72 para a bebida láctea fermentada com soro de ricota, valor esse que se diferencia do obtido no presente estudo para ambas as bebidas lácteas. Isso se dá devido a saborização da bebida láctea estudada, onde a matéria-prima saborizante (polpa de murici) apresentou um baixo pH o que influenciou no produto final.

É possível observar que a bebida láctea fermentada apresentou pH inferior a demais. O valor do pH decresce ao longo da fermentação devido a lactose ser transformada em ácido láctico (3). Valores baixos de pH inibem o desenvolvimento de microrganismos, o que se torna vantajoso do ponto de vista comercial, mas pode influenciar negativamente em sua aceitabilidade sensorial (13). O valor de acidez também é influenciado pelo mesmo fator, e o mesmo também é encontrado em maior valor na bebida láctea fermentada, sendo ela de 0,59 g/100 g de ácido láctico.

Um fator de grande expressividade na aceitabilidade de bebidas lácteas e demais

produtos é o teor de sólidos solúveis, o qual tem influência direta no sabor do produto. Verifica-se que a bebida láctea não fermentada apresentou 15 °Brix, estando de acordo com algumas marcas comercializadas analisadas (13), que variaram de 11,66 a 15,33 °Brix. Já a bebida láctea fermentada apresentou teor superior de sólidos solúveis, sendo ele de 17,33 °Brix ficando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação que estabelece um valor de 15 a 18 °Brix (1).

Não se era esperado um teor de sólidos solúveis superior na bebida láctea fermentada, uma vez que durante a fermentação láctica ocorre a quebra da lactose, componente com maior expressividade neste teor. Entretanto, isto pode ser ocorrido devido a produção de metabólicos. Os períodos iniciais de fermentação apresentam um maior teor de sólidos solúveis e esse tende a decrescer a medida com que ocorre esse processo, uma vez que os açúcares disponíveis serão hidrolisados. Em um determinado tempo de fermentação, esse valor se estabiliza, o que indica que os açúcares disponíveis foram consumidos (14)

Neste trabalho, foram encontrados valores de A_w de 0,846 para a bebida láctea não fermentada e 0,888 para a bebida láctea fermentada, sendo semelhante estatisticamente e indicando um alto índice de perecibilidade, uma vez que essa água está disponível para as reações químicas e/ou para o desenvolvimento de microrganismo. Entretanto, no caso das bebidas lácteas fermentadas, a alta atividade de água é compensada pela acidez elevada, pois valores de pH inferiores a 4,5 limitam o crescimento da maioria dos microrganismos indesejados (15)

Costa (16), obteve valor do teor de umidade entre 80,50% a 81,04 para diferentes bebidas lácteas fermentadas formuladas com frutos do Cerrado (araçá, araticum, gabioba, mangaba, murici e pequi), valor esse próximo ao encontrado no presente estudo para ambas as bebidas, não diferenciando estatisticamente.

CONCLUSÕES

O uso do soro de ricota apresenta viabilidade tecnológica e aplicabilidade para a elaboração de bebidas lácteas, gerando bons produtos finais e resguardo do meio ambiente. As bebidas lácteas obtidas apresentaram boas características físico-química, assemelhando-se as literaturas, tendo divergência apenas no valor de pH o qual foi inferior, sendo vantajoso do ponto de vista comercial, mas pode influenciar na aceitabilidade sensorial. A saborização com Murici foi satisfatória uma vez que suas características foram transferidas ao produto e o seu uso gera seu maior conhecimento e valorização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela parceria e disponibilização de seus laboratórios para a realização das análises.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.16, de 23 de agosto de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 24 ago. 2005; seção 1: 7.
2. Antunes, AJ. Funcionalidade de Proteínas do Soro de Leite Bovino. 1. ed. Manole; 2003.
3. Paula JCJ, Baccia JN, Sobral D, Costa RGB, Moreira GMM, Paiva PHC, Teodoro VAM. Aproveitamento do soro de ricota na elaboração de bebida láctea acidificada carbonatada. Revista Inst Laticínios Cândido Tostes. 2020; 75 (2): 105-114.
4. Reis AF, Schmiele M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. Brazilian Journal of Food Technology. 2019; 22.
5. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo-SP; 2005.
6. Morzelle MC, Bachiega P, Souza EC, Boas EVBV, Lamounier ML. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e Murici provenientes do Cerrado brasileiro. Revista Brasileira Frutic. 2015; 37 (1): 96-103.
7. Santos EF, Oliveira JS, Silva IC, Gallo CM, DE LEMOS, E. E. P.; REZENDE, L. P. Caracterização física e físico-química em frutos de muriri (*Byrsonima crassifolia l. rich*) de ocorrência nos tabuleiros costeiros de alagoas. Ciência Agrícola. 2018; 16 (3): 11-20.
8. Monteiro DCB, Sousa WC, Pires CRF, Azevedo LA, Borges JS. Caracterização físico-química do fruto e da geleia de murici (*Brysonima crassifolia*). Enciclopédia Biosfera. 2015; 11 (21): 33-56.
9. Chitarra MIF, Chitarra AB. Póscolheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. UFLA; 2005.
10. Potter NN. La ciencia de los alimentos. Edutex; 1973.
11. Hamacek FR. Caracterização física, química e valor nutricional de espécies frutíferas do Cerrado de Minas Gerais [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2012.
12. Carvalho F, Prazeres AR, Rivas, J. Cheese whey wastewater: Characterization. Revista Jovens Pesquisadores. 2013; 445–446 (1): 385–396.
13. Gomdim RCC, Nascimento AS, Alves JEA, Oliveira CA. Avaliação físico-química de bebidas lácteas produzidas na região do sertão pernambucano e comercializadas em salgueiro-pe. In: Congresso internacional de ciências agrárias, I. Anais, 2016.

14. Cavalcante ACSS. Desenvolvimento de uma bebida alcoólica fermentada gaseificada do fruto do sapotizeiro (*Manilkara zapota L.*) [Dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2022.
15. Honaiser TC, Fabiane KC, Tonsa CR, Redecker M, Bach K, Simonetti AF. Caracterização físico-química de bebida láctea fermentada durante shelf life. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6. Anais... FAURGS, 2018.
16. Costa AVS. Avaliação de bebida láctea fermentada saborizada com polpa de araticum [Tese]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2013.



Capítulo 28

DOI: 10.53934/08082023-28

DESENVOLVIMENTO DA CULTURA EM SEGURANÇA DE
ALIMENTOS: RELATO DE EXPERIÊNCIANeirivani de Oliveira Peres ***Autor correspondente (Corresponding author) – Email: noperesadmbio@gmail.com***Resumo**

A cultura em segurança de alimentos, tem sido elemento chave das empresas do ramo alimentício para ampliação da eficácia dos sistemas de gestão implantados, porém falar de cultura em segurança de alimentos, é falar de mudança de hábitos, que não é uma tarefa fácil, sendo necessário escolher metodologias e estratégias corretas para que a empresa possa atingir seu objetivo. Este relato de experiência trata-se de um trabalho desenvolvido em um abatedouro frigorífico de bovinos, com aproximadamente 600 funcionários. O objetivo do trabalho, foi realizar atividades para o desenvolvimento da cultura dos funcionários em segurança de alimentos e, em intervalos periódicos realizar uma medição por meio de metodologias pré-estabelecidas para avaliação do nível de percepção dos funcionários sobre o tema abordado. O desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos é um trabalho árduo e a equipe técnica responsável por esse trabalho, deve ser preparada, ter persistência e visão para mudanças de metodologias quando necessário e, total apoio da alta direção da empresa.

Palavras-chave: alimentos; cultura; funcionários**Abstract**

The food safety culture has been a key element of companies in the food industry to increase the effectiveness of the implemented management systems, but talking about food safety culture is talking about changing habits, which is not an easy task, and necessary to choose correct methodologies and strategies so that the company can reach its objective. This experience report is about a work developed in a cattle slaughterhouse, with approximately 600 employees. The objective of the work was to carry out activities for the development of employees' culture in food safety and, at periodic intervals, carry out a measurement through pre-established methodologies to assess the level of perception of employees on the topic addressed. The development of a food safety culture is hard work and the technical team responsible for this work must be prepared, have persistence and vision to change methodologies when necessary, and full support from the company's top management.

Keywords: foods; culture; employees

INTRODUÇÃO

Considera que a invenção do conceito de CULTURA se deu pós-evolução semântica da palavra CULTURA, que ocorreu na língua francesa no século XVIII, e só depois se difundiu, por empréstimo linguístico, às línguas alemã e inglesa (1).

O termo “cultura” no sentido figurado começa a ser utilizado, com mais frequência, no século XVIII, inicialmente, seguido de um complemento, “cultura das artes”, “cultura das letras”, “cultura das ciências”, como se fosse necessário que a coisa cultivada estivesse explicitada; em seguida, para designar a “formação”, a “educação” (1).

Conforme Hall (2) “toda ação social é cultural, que todas as práticas sociais expressam ou comunicam um significado e, neste sentido, são práticas de significação”, ou seja, toda prática social tem uma dimensão cultural, da mesma forma que as práticas política e econômica, também possuem uma dimensão cultural. Para Neto (3), não é “tomar a cultura como uma instância epistemologicamente superior às demais instâncias sociais, mas sim tomá-la atravessando tudo aquilo que é do social”.

A expressão segurança alimentar foi utilizada, pela primeira vez, na Europa, com o fim da Primeira Guerra Mundial, pois perceberam que o controle sobre o fornecimento de alimentos era determinante para o comando de outro. Em outras palavras, um país que tem os meios de produção e distribuição de alimentos é capaz de controlar os outros que sofrem com a escassez de comida. Tratava-se de uma estratégia importante sob a perspectiva militar, sobretudo quando aplicada por um país com grande potencial. Dessa forma, o termo passou a ser visto como uma questão de segurança nacional, pois cada país passava a ter capacidade de ser autossuficiente e garantir estoques estratégicos de alimentos (4).

Em suma, segurança alimentar consiste em garantir a todas as pessoas alimentos básicos de qualidade, em quantidades suficientes, de maneira permanente, mas sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, baseado em práticas alimentares saudáveis. No entanto, embora os termos segurança alimentar e segurança dos alimentos estejam associados um aos outros, e comumente confundidos, apresentam realidades distintas. Podemos dizer que a segurança dos alimentos é um conjunto de práticas que garante o controle e a redução dos riscos de contaminação física e microbiológica nos processos de produção, manipulação e distribuição de alimentos (4).

Segundo a Global Food Safety Initiative (GFSI), cultura de segurança de alimentos apresenta a seguinte definição: “São valores compartilhados, crenças e normas que afetam o pensamento e o comportamento em relação à Segurança de Alimentos em, através, e por toda a organização” (5).

A relação entre a Cultura de Segurança de Alimentos e a Segurança de Alimentos é muito forte, estando ambas intrinsecamente ligadas, não sendo possível existir segurança dos alimentos sem a cultura de segurança de alimentos, e vice-versa (4).

A norma global em segurança de alimentos BRCGS FOOD, em agosto de 2022 publicou a revisão 9, que passou a valer a partir de fevereiro de 2023, no qual a cultura em segurança de alimentos continua sendo uma parte importante da norma, principalmente no quesito melhorias continua (6).

METODOLOGIA

Uma das metodologias mais indicadas atualmente é o PDCA (planejamento, execução, verificação e ação). Então com base nessa metodologia, planejou-se algumas atividades, com o objetivo de promover o desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos, como os exemplos citados abaixo.

Comunicação visual e campanhas de conscientização: esta prática foi um ótimo recurso para a fixação dos valores da empresa. Utilizamos como meio de comunicação um painel disponível na área de descanso, de fácil acesso aos funcionários. Os principais exemplos utilizados para a prática dessa metodologia foram: campanha com fotos do público que consome os produtos e frases de efeito (principalmente se o público-alvo for uma população de risco, como crianças ou idosos). Nesse sentido ressaltamos a importância da segurança dos alimentos, quando os próprios colaboradores e suas famílias consomem os produtos elaborados pela empresa, ou seja, por eles mesmo. Com a aplicação dessa metodologia, percebeu-se que houve uma certa sensibilização e orgulho dos funcionários, vendo o resultado de seu trabalho na mesa dos consumidores. O painel também é utilizado para tratativas de assuntos que a equipe julga importante para o desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos.

Programa *GQ de portas abertas: outra metodologia que foi muito aceita, e que vem tendo resultados, é o programa *Garantia de Qualidade de portas abertas, que tem como objetivo, informar os funcionários durante as integrações e treinamentos de reciclagens, que as portas da Garantia de Qualidade, estão abertas, para o funcionário informar sobre qualquer risco a segurança dos alimentos que seja evidenciada no seu ambiente de trabalho ou no ambiente de forma em geral. Ainda nas integrações e treinamentos os colaboradores são informados sobre a possibilidade de relatar estas situações de maneira confidencial. Para relatos de forma confidencial, disponibilizou-se caixinhas de sugestão e formulários específicos em locais estratégicos da indústria, para que os funcionários possam informar por escrito as situações de risco ou propostas de melhorias que são evidenciadas no seu dia a dia. Semanalmente as caixinhas são abertas, e recolhe-se os formulários, a equipe de gestão reúne-se para realizar as investigações e tratativas das situações apontadas.

E, por fim os treinamentos são essenciais para promoção do desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos. Nos treinamentos são abordados o tema, e informados as metodologias utilizadas para o desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos, além de auxiliar os funcionários em como eles podem nos ajudar, por exemplo, é informado sobre os programas e metodologias disponíveis.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Seguindo a metodologia PDCA, na parte de execução, iniciou-se alguns trabalhos e projetos sobre o tema “cultura em segurança de alimentos” entre o ano de 2020 e 2021, porém não foram efetivos e, devido a pandemia, foram interrompidos. A partir de fevereiro de 2022, retornamos os projetos e, em fevereiro de 2023, completou-se um ano, desde o início efetivo, dessa forma, o presente relato de experiência é sobre esse período, onde

realizou-se várias atividades com o propósito de desenvolver a cultura de segurança de alimentos dos trabalhadores.

Há duas ocasiões específicas em que são abordados o tema de cultura em segurança de alimentos, sendo na integração de novos funcionários e nos treinamentos de reciclagens que devem ocorrer no mínimo uma vez ao ano. Sabe-se que, somente nesses dois momentos, não teríamos os resultados esperados, dessa forma, agregou-se outras atividades, dentre elas, disposição de painel na área de descanso dos funcionários, esse painel trata de um assunto por mês, onde é disponibilizado material para leitura. Junto ao painel, também se disponibiliza outras cartilhas sobre diversos assuntos, para que os funcionários possam ter acesso. Dentre os assuntos tratados no painel no decorrer de um ano temos: informativos sobre os PAC's – Procedimentos de Autocontrole; informativos sobre as bactérias (ruim e boas); informativos sobre a origem do programa de segurança de alimentos APPCC – Análises dos Perigos e Pontos Críticos de Controle; informativo sobre quem é o manipulador de alimentos (regras de boas práticas de fabricação); informativos sobre o procedimento de lavagem das mãos e botas; informativos sobre conservação dos alimentos (congelados e resfriados); informativos sobre doenças transmitidas por alimentos; informativo sobre os resultados da semana da qualidade; informativo sobre alergênicos (contaminações cruzadas), dentre outros temas que se julga de importância para o desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos.

Após sete dias de disponibilização do novo tema do painel, a equipe de qualidade questionam os funcionários nos setores de produção, se já sabem qual o novo tema do painel, caso esses acertem de forma objetiva, ou seja, já tenham feito a leitura e conhecimento do tema, esse funcionário ganhará uma estrela, e seu nome e setor, juntamente com a estrela dourada, será disponibilizada no painel, em parte específica para esse tipo de demonstração, isso servirá de estímulo e incentivo para os demais, e caso não saiba ainda sobre o tema, o questionador irá instigar o funcionário a ir realizar a leitura.

O programa *GQ de portas abertas, foi uma forma que se encontrou de aproximar os funcionários da equipe de qualidade, fazê-los entender que o objetivo da qualidade é ajudar, auxiliar e orientar, e dessa forma tentar desmitificar a teoria de polícia e ladrão. Essa mudança de comportamento dos funcionários perante a equipe de qualidade, é um fator muito importante para o sucesso do desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos. Há opções do contato direto com a equipe, onde o funcionário pode chegar em qualquer membro da equipe da qualidade e expor suas dúvidas, solicitar orientação, ou até mesmo relatar situações que possam comprometer a qualidade e segurança dos alimentos produzidos. Sabe-se que muitos ainda possuem receio desse contato, e também alguns preferem conservar sua identidade, criou-se também a opção deles se expressarem de forma confidencial, por meio da disponibilização das caixinhas de sugestão em locais estratégicos, com disponibilidade de canetas e formulários para relatos por parte dos funcionários. É importante não ter câmeras de segurança nesses locais, para preservar as identidades.

Durante esse período de um ano, recolheu-se muitos questionamentos dos funcionários, onde todos foram investigados, e em caso de procedências tratados e, essas tratativas disponibilizadas em mural, para que todos os funcionários possam acompanhar. Esse procedimento também estimula os funcionários a terem vontade de se manifestar, tendo em vista, que seus relatos estão sendo tratados. A seguir alguns relatos de situações apontadas pelos funcionários, por meio das caixas de sugestão: colocar botão de ligar e desligar a bomba, no corredor de boi quente, entre as câmaras 6 e 12; colocar ventilador na

Assista a apresentação deste trabalho apontando sua câmera para o Qr-code

sala de lavagem de caixas do setor de miúdos; roupas da lavanderia estão ficando encardidas; desentupir o bico do lavador de caixa da desossa; trocar registro de água da sala de utensílios da desossa; falta suporte de mangueira no corredor das câmaras novas; seria interessante disponibilizar uma pia na sala de manutenção imediata do setor de desossa; atraso na entrega dos uniformes; ponto de ar do setor de triparia está ruim; tanque da sala de salga do filé mignon, com problemas de saída de água. Esses são alguns exemplos, entre várias outras, que auxiliam a equipe de gestão dos setores produtivos. Em um certo momento no decorrer desse período, também recebemos o seguinte relato, “parabéns a gerência administrativa, industrial e de qualidade, que Jesus os abençoe”.

No decorrer do ano, é programada a semana da qualidade, que é o período em que temos uma interação mais descontraída, por meio de atividades diversificadas, que tem o objetivo de elevar o conhecimento dos funcionários em cultura de segurança de alimentos. As figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 demonstram algumas das atividades desenvolvidas.

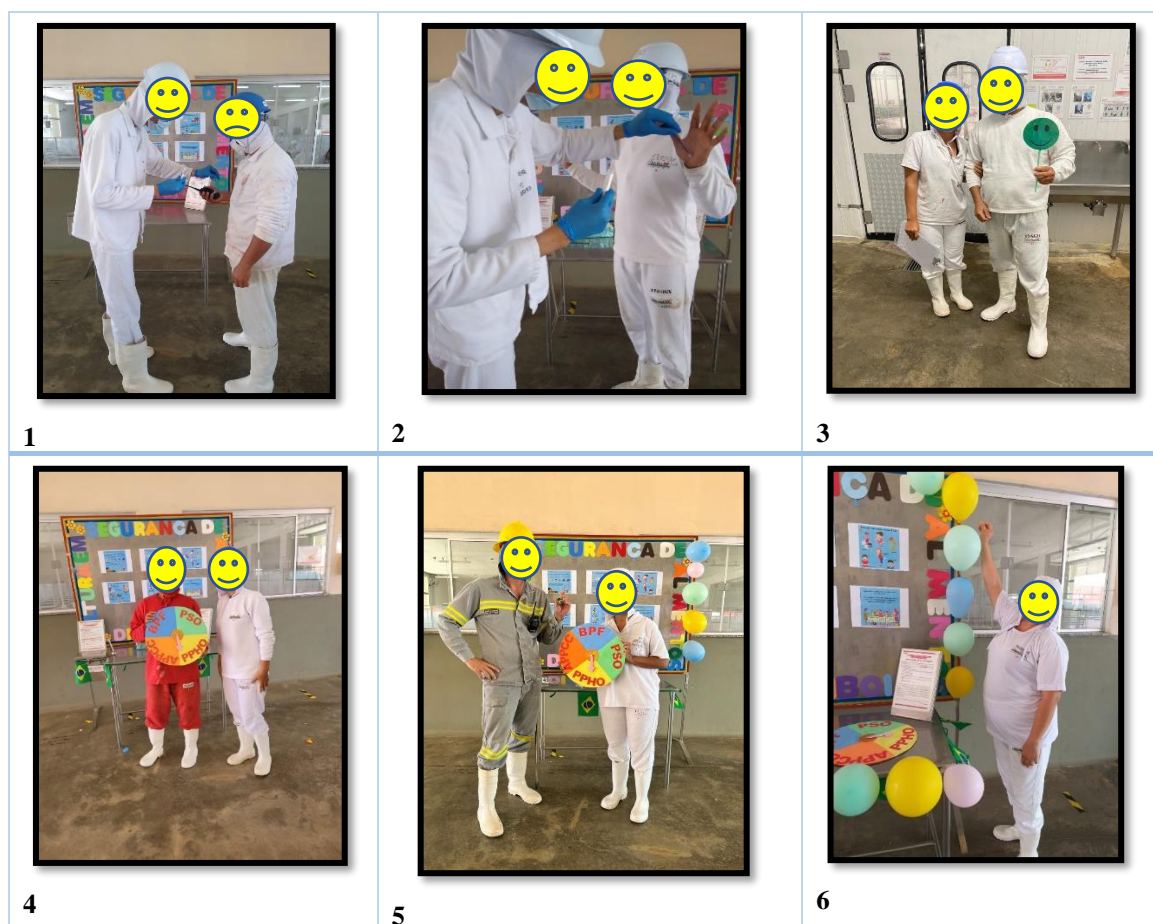


Figura 1: coleta de swab de rádio de comunicação, para pesquisa de microrganismos. **Figura 2:** coleta de swab de mãos de comunicação, para pesquisa de microrganismos. **Figura 3:** avaliação de lavagem de mãos e botas. **Figura 4:** roleta de pergunta referente aos PAC²s. **Figura 5:** roleta de pergunta referente aos PAC²s. **Figura 6:** os funcionários que acertaram as perguntas relacionada na atividade da figura 4 e 5, estoura o balão e ganha um prêmio surpresa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em consonância com os projetos / atividades demonstradas, na fase de verificação da metodologia do PDAC, realiza-se pesquisa mensal com os funcionários. Essa pesquisa ocorre de forma direta, onde um representante da qualidade, aborda uma amostragem de

Assista a apresentação deste trabalho apontando sua câmera para o Qr-code

funcionários (individualmente), e realiza algumas perguntas pré-selecionadas pela equipe técnica, relacionadas com os assuntos tratados nas atividades desenvolvidas, para que possamos ter um pressuposto inicial para medir como está sendo o desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos.

No ano de 2022, foram entrevistados 459 funcionários, distribuídos entre os setores produtivos e de apoios. O resultado dessa pesquisa foi estratificado e chegamos aos resultados apresentados abaixo na figura 7.

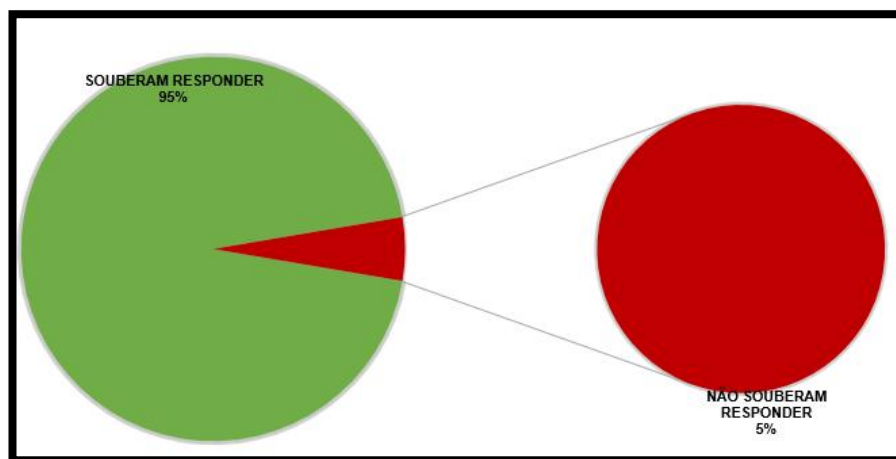


Figura 7: resultados das entrevistas ano de 2022.

Já no ano de 2023 (janeiro a abril), foram entrevistados 278 funcionários, distribuídos entre os setores produtivos e de apoios, e os resultados podem ser observado na figura 8, 9, 10 e 11.

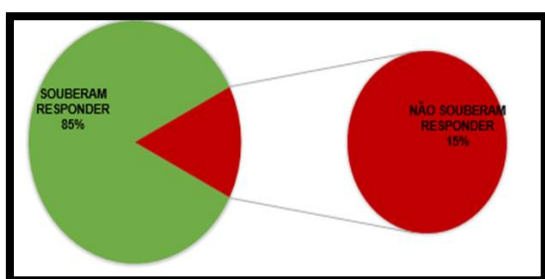


Figura 8: resultados das entrevistas janeiro 2023.

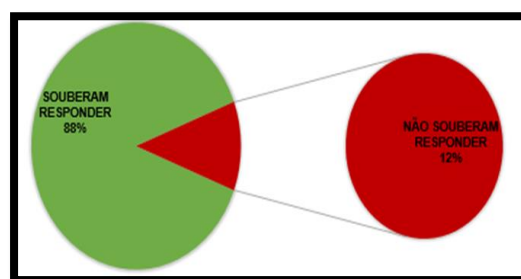


Figura 9: resultados das entrevistas fevereiro 2023.

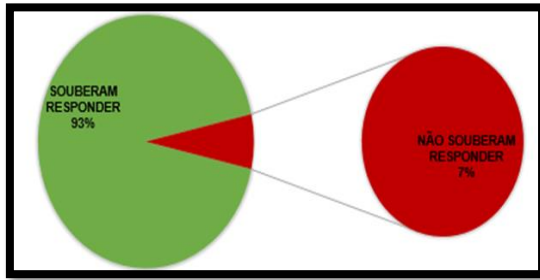


Figura 10: resultados das entrevistas março 2023.

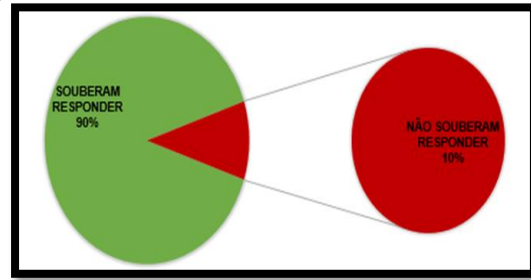


Figura 11: resultados das entrevistas abril 2023.

Observe que temos variações, o que reflete muito o contexto de rotatividade de funcionários, ressaltando aqui, a importância do setor de Recursos Humanos sobre o processo de contratação, integração e, principalmente o acompanhamento do desenvolvimento do novo funcionário em suas atividades, em consonância com os resultados da equipe técnica, responsável pelo desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos.

A equipe técnica, avaliando esse indicador, determinou-se essa metodologia como forma de avaliação do desenvolvimento da cultura em segurança de alimentos, e como meta, estabelece no mínimo 80% de respostas corretas (souberam responder), abaixo de 80%, deverão ser incrementadas medidas extras (ações conforme a metodologia PDCA), para reestabelecimento da meta.

É notório, que somente essa forma de medir a cultura em segurança de alimentos de uma empresa com aproximadamente 600 funcionários, não é o suficiente, não se pode afirmar que esta empresa possui excelência e cultura de segurança de alimentos, somente com esse indicador, porém é um bom começo, para que demais oportunidades de melhorias possam ser apresentadas, implantadas, implementadas com o tempo, visando sempre, a produção de alimentos de qualidade e seguros.

CONCLUSÃO

Podemos imaginar uma pirâmide, onde temos com a base os programas de pré-requisitos (BPF – Boas Práticas de Fabricação, PSO – Procedimento Sanitário Operacional e; PPHO – Procedimento Padrão de Higiene Operacional), intermediário o programa de segurança de alimentos APPCC – Análises dos Perigos e Pontos Críticos de Controle, seguindo as normas em segurança de alimentos, tais como BRCGS FOOD, e no topo o conceito de segurança de alimentos, tendo como pressuposto que a **Cultura de Segurança de Alimentos corresponde aos valores compartilhados, crenças e normas que afetam a mentalidade e o comportamento dos funcionários de uma organização de forma geral, desde o funcionário da limpeza ao CEO.**

Este relato de experiência, foi um passo inicial, sabendo-se que há muito trabalho pela frente, pois mudar valores e comportamentos, não é uma tarefa fácil, porém a largada foi dada, e a partir desse pressuposto conseguiu-se obter uma visão mais abrangente para melhorias contínuas, pois é de conhecimento de todos que, apesar de ainda ser pouco disseminada, a cultura em segurança de alimentos está consolidada para o futuro das

organizações que trabalham no ramo alimentício, sendo um grande diferencial, principalmente falando-se de mercado, onde os consumidores estão cada dia mais exigentes, e os acordos bilaterais para exportações mais restritos.

AGRADECIMENTOS

A equipe técnica da qualidade, Wemili Graziele Santana, Magda da Silva Luciano, Gilvana Ferreira, Pedro Felício, Yllen Stocco, Viviane Jacomini, Endryo Vieira, Analice de Almeida, assim como todos os auxiliares de qualidade que atuam diariamente dentro dos setores de produção, monitorando e verificando os processos produtivos, para atendimento dos PAC²s – Procedimentos de Autocontrole e, auxiliando no desenvolvimento da cultura de segurança de alimentos, meu muito obrigada.

REFERÊNCIA

1. GODOY E. V & SANTOS V. M. Um olhar sobre a cultura. Educação em Revista. Belo Horizonte: v.30; n.03; p.15-41, 2014.
2. HALL, S. A centralidade da cultura: notas sobre as revoluções culturais do nosso tempo. Educação e Realidade, Porto Alegre, n. 2, v. 22, p .5, 1997.
3. NETO, A. V. Currículo, cultura e sociedade. Educação Unisinos, Porto Alegre, v. 8, n.º 15, p. 157-171, 2004.
4. Cultura de segurança dos alimentos: qual a importância desse conceito na indústria? Disponível em: <https://blogdasegurancaalimentar.volkdoBrasil.com.br/cultura-de-seguranca-dos-alimentos/> acesso em: 28/05/2023.
5. GFSI (*Global Food Safety Initiative*). A Culture of Food Safety. V1.0-4/11/18. Disponível em: <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/GFSI-Food-Safety-Culture-Summary.pdf> acesso em: 28/05/2023.
6. BRCGS (*Global Standard Food Safety*), edição 9 de agosto de 2022.



Capítulo 29

DOI: 10.53934/08082023-29

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E MICROSCÓPICA DE AÇÚCAR
DO TIPO MASCAVOOsania Emerenciano Ferreira *; Renata Campolim Camargo  Marília Assunção
Mendonça **Autor correspondente (Corresponding author) – Email: osania.ferreira@uemg.br*

Resumo: Tendo em vista a demanda por produtos naturais, o açúcar mascavo tornou-se muito procurado, com pouco e/ou sem a presença de aditivos químicos. Por ser consumido também *in natura*, é importante que esses alimentos atendam a padrões de qualidade sem contaminações, que possam afetar diretamente a saúde de quem consome. Na presente pesquisa avaliou-se a qualidade de 9 marcas de açúcar mascavo, comercializadas no município de Frutal-MG. Foi verificado se as amostras atendiam os padrões microbiológicos determinados pela legislação para este produto, através da quantificação de (bactérias mesófilas totais, leveduras e bolores, bactérias Gram negativas fermentadoras ou não de lactose). Foi determinado o teor de umidade e feita a análise de microscopia. Os resultados microbiológicos mostraram que 5 marcas estavam fora do padrão internacional estabelecido para bactérias mesófilas, 3 apresentaram presença de coliformes totais e termotolerantes e 5 marcas não conformes para bolores e leveduras. Para os teores de umidade, os valores variaram de 3,60 à 1,43%. Observou-se correlação entre o teor de umidade e o crescimento de bolores e leveduras. Amostras com teores mais elevados de umidade, apresentaram maior crescimento destes microrganismos. A microscopia dos açúcares evidenciou a falta de higiene no processo produtivo com presença de fragmentos de insetos e impurezas minerais e vegetais. Todas as amostras apresentaram ao menos uma condição com alguma não conformidade, sendo esta microbiológica ou microscópica. Faz-se necessário a observância dos fatores que contribuem para a ocorrência de contaminação microbiana no açúcar mascavo tais como, normas básicas de manipulação dos alimentos.

Palavras-chave: alimento; legislação; saúde; padrão de qualidade

Abstract: Given the demand for natural products, brown sugar has become much sought after by people looking for more nutritious foods with few or no chemical additives. As it is also consumed raw, these foods must meet quality standards without contamination, which can directly affect the health of those who consume it. The present research evaluated the quality of 9 brown sugar brands commercialized in the city of Frutal-MG. It was verified

whether the samples met the microbiological standards determined by legislation for this product through quantifying (total mesophilic bacteria, yeasts and molds, Gram negative bacteria that ferment lactose or not). Moisture content was determined, and microscopy analysis was performed. The microbiological results showed that 5 brands were outside the established international standard for mesophilic bacteria, 3 with total and thermotolerant coliforms, and 5 non-compliant brands for molds and yeasts. For moisture content, values ranged from 3.60 to 1.43%. A correlation was observed between the moisture content and the growth of molds and yeasts. The samples with higher moisture contents showed greater growth of these microorganisms. The microscopy of the sugars showed a lack of hygiene in the production process. All samples showed at least one condition with some non-compliance, which was microbiological or microscopic. It is necessary to observe the factors contributing to microbial contamination in brown sugar, such as basic rules for handling food

Keywords: food; legislation; health; quality standard

INTRODUÇÃO

Atualmente o comportamento do consumidor vem mudando, e nesse sentido cresce a busca por produtos alimentícios considerados naturais. O açúcar mascavo é um exemplo desse tipo de alimento, sendo produzido através do caldo de cana-de-açúcar. Por não passar pelo processo de refino, ele mantém vitaminas e minerais como Cálcio, Fósforo e Ferro. contém uma rica fonte de vitaminas e nutrientes, possuindo uma boa quantidade de vitaminas do complexo B, além de ser 100% natural, o açúcar mascavo se torna um produto superior quando comparado ao açúcar cristal branco ou de refinaria, já que proporciona mais energia para o corpo e por possuir menos calorias, auxilia no processo de emagrecimento; além de digestão mais rápida, entre outros, sendo estes caracterizados apenas por seu poder de doçura ⁽¹⁾. Os diabéticos não devem consumir o açúcar mascavo como substituto do açúcar comum, pois ele após ser absorvido eleva a glicemia da mesma forma que o açúcar comum

O açúcar tornou-se um produto alimentício no qual a sua qualidade é de extrema importância, pois muitas das vezes é utilizado na elaboração de vários alimentos e bebidas e também consumido *in natura*. As indústrias de bebidas e alimentos, que fazem consumo deste, passaram a exigir não somente as especificações tecnológicas como também a qualidade microbiológica ⁽²⁾.

A microscopia de alimentos permite análise mais completa que vai além das análises convencionais (microbiológicas, físico-químicas, sensoriais e bromatológicas). A microscopia permite verificar a qualidade do produto, através da presença de matérias estranhas macroscópicas e microscópicas. Permite avaliar qualidade da matéria-prima, indicar falhas na aplicação das boas práticas de fabricação, armazenamento, transporte e distribuição dos alimentos que possam trazer riscos à saúde humana ^(3,4).

Uma das características peculiares do açúcar mascavo está na sua produção, praticamente artesanal sendo produzido em pequena escala pelos agricultores. O açúcar mascavo é o açúcar natural sem tratamentos químicos. Produzido de forma natural, sua

fabricação dispensa os processos de purificação/clarificação do caldo, o que pode acarretar perdas da qualidade do produto, em especial quando boas práticas de fabricação não são adotadas ⁽⁵⁾.

O açúcar mascavo granulado ou “batido” é obtido após o resfriamento do xarope de caldo de cana-de-açúcar concentrado, sendo composto por sacarose, glicose, frutose e demais componentes presentes no caldo. Estes componentes formam os grânulos de cor marrom claro, sem a forma de cristal definido, o açúcar mascavo este conter um mínimo de 90% de sacarose, elaborado a partir de caldo de cana livre de fermentação, isento de matéria estranha ⁽⁶⁾.

Para se obter uma conservação ideal, é necessário que sua umidade não ultrapasse 1,5%, porém como este açúcar é produzido muitas vezes de forma rústica em engenhos, a sua umidade chega em torno de 5%. Para melhorar a aparência e a durabilidade deste açúcar, tornando-o um produto possível de estocagem por longos períodos, realiza-se a centrifugação que irá retirar o excesso de umidade, separando os cristais de açúcar do mel final¹.

⁽²⁾ Em estudo realizado, os autores observaram em açúcares mascavo altos teores de umidade (maior que 8%). Esse alto teor pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos e problemas na estocagem ao provocar o empedramento do açúcar.

No processo fabricação do açúcar mascavo é necessário que seja rigorosamente seguidas informações técnicas que garantam que o produto obtido atenda a padrões estabelecidos. Observa-se deficiência quanto aos padrões de identidade e qualidade adequados a este tipo de produto, além da ausência de Boas Práticas de Fabricação (BPF) durante a produção, estocagem e comercialização, que podem afetar a qualidade deste tipo de produto e hoje são barreiras que impedem a colocação deste produto tanto no mercado interno como externo. Conforme a INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF, 2005), alguns microrganismos podem desenvolver-se durante a extração e/ou refino do açúcar, podendo até mesmo contaminar o produto depois do processamento. Normalmente eles são inferiores a 10² UFC/g, porém quando presentes em números elevados podem causar deteriorações em alimentos que contenham açúcar como ingrediente

Diante do exposto, faz-se necessário avaliar a qualidade do açúcar mascavo comercializado. Através da microbiologia e da microscopia é possível avaliar a qualidade do açúcar, produtos fora dos padrões de qualidade poderá causar prejuízos, não só econômicos como também os relacionados à saúde pública, por conta da deterioração que o produto possa apresentar. Assim é proposto a avaliação microbiológica e microscópica de açúcar do tipo mascavo disponíveis em supermercados, lojas de produtos naturais dentre outros comércios no qual o produto pode estar disponível do Município de Frutal.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e preparo das amostras

Os açúcares foram adquiridos em supermercados e lojas de produtos naturais do município de Frutal - MG. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Microbiologia da Universidade do Estado de Minas Gerais, onde as embalagens foram

desinfetadas com solução de álcool 70%. Após este processo foi retirada asepticamente 25g de açúcar, que foi transferida para Erlenmeyer com 225mL de solução de água peptonada estéril a 0,1%, esta diluição foi considerada 10^{-1} , a partir desta foram feitas diluições até 10^{-3} . Foram avaliadas 9 amostras de açúcar, sendo as análises foram realizadas em triplicada e o resultados expressos utilizando as médias dos ensaios.

Análises microbiológicas

Para contagem microbiana de bactérias mesófilas totais utilizou-se de meio Plate Count Agar (PCA) e bolores e leveduras Ágar Batata Dextrose (BDA, acidificado com ácido tartárico até pH 3,5), retirou-se 0,1mL da amostra preparada diluída e esta foi colocada em placas de Petri e aproximadamente 15mL de meio de cultura foi derramado sobre o material. As placas foram homogeneizadas em forma de 8 por 20 vezes. Após a solidificação, as mesmas foram incubadas em posição invertida em estufa a 33°C, durante 48 horas. O mesmo procedimento foi feito para contagem de Bactérias Gram negativas fermentadoras ou não de lactose utilizando como meio de cultivo o Ágar MacConkey. As placas foram incubadas em posição invertida em estufa a 33°C, durante 96 horas. Após o período de incubação foi feita a contagem de colônias e o resultado foi expresso em UFC de colônias grama (g) de açúcar.

Determinação da Umidade

A umidade foi determinada a partir de 30g da amostra, que foi homogeneizada e colocada em cápsula de porcelana (Previamente seca 105°C por 30 minutos) de forma não exceder a 1 cm de altura e colocado em estufa por 3 horas a 105°C⁽⁷⁾. O valor de umidade foi determinado pelo cálculo:

$$\% \text{ umidade} = (\text{Perda de peso na secagem} / \text{Peso da amostra}) \times 100$$

Análises microscópicas: Pesquisa de sujidades em açúcar mascavo com microscópio estereoscópio e óptico.

No preparo das amostras 100g de açúcar foi transferida para um béquer de 600 mL e este material dissolvido em 400 mL de água destilada. O material foi aquecido em mantas com agitação constante por 10 minutos, após aquecimento e completa dissolução do açúcar, as amostras foram filtradas em papel de filtro. Foi feita a análise dos filtros em microscópio estereoscópico, verificando a presença de insetos ou fragmentos de insetos, e materiais estranhos. Posteriormente os filtros foram umedecidos em água glicerina à 2% e raspados, para análises em microscópio óptico, foi verificada a presença de materiais como: elementos histológicos da cana, substancias amilíferas, fungos, leveduras, esporos, detritos vegetais e materiais estranhos⁽⁸⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram comparados aos padrões microbiológicos, nacional e internacional, utilizando-se como comparação o padrão da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, conforme a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001⁽⁹⁾, International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA)⁽¹⁰⁾ e da National Canners Association (NCA)⁽¹¹⁾.

Da contagem de bactérias mesófilas, as amostras 1, 2, 3, 4 e 7 não apresentaram conformidade, de forma que excederam ao limite estabelecido pela NCA e INCUMSA,

apresentando valores inferiores a 50 UFC/g, Tabela 1. A legislação brasileira não estabelece limite para este parâmetro ⁽¹²⁾. Foi observado predominância de bactérias mesófilas em amostras de açúcar mascavo proveniente de pequenas indústrias artesanais. Estes autores citam que a presença dessas bactérias indica as condições higiênicas, na qual o produto foi processado. Assim, contatos manuais ou ausência de rigoroso controle da higiene não só durante o processamento, mas também na etapa de embalagem podem acarretar altas cargas microbianas.

Os resultados deste trabalho demonstram que os produtos avaliados não atendem aos padrões estabelecidos pela legislação internacional, sendo importante a implantação das normas básicas dos procedimentos de manipulação dos alimentos, como boas práticas de fabricação (BPF) mediante análises de perigos e pontos críticos de controle (APPCC), imprescindíveis para produção de alimentos microbiologicamente seguros. Em estudo realizado ⁽¹³⁾, de trinta e uma amostra analisada, dez não atendiam ao limite de 50 UFC/g para bactérias mesófilas. A ausência de padrões para este parâmetro na legislação brasileira é uma lacuna importante a ser preenchida, visto a importância por indicarem problemas com as Boas Práticas de Fabricação, quanto as normas de produção e sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle. Sendo importante a verificação constante pelos órgãos competentes com o objetivo de avaliar o cumprimento da Portaria n°.1428/MS, de 26/11/93⁽¹⁴⁾, cujo objetivo é proteger e defender a saúde do consumidor, em caráter preventivo.

Tabela 1. Contagem microbiana de bactérias Mesófilas totais, coliformes totais, Bolores e Leveduras e Teor de umidade, em amostras de açúcar mascavo, comercializadas no Município de Frutal - MG.

Amostras	Bactérias mesófilas totais	Coliformes totais e termotolerantes	Bolores e leveduras	Teor de umidade (%)
	(UFC/g**)			
1	10x10 ²	Ausente	70x10 ³	3,01
2	10x10 ²	Ausente	10x10 ³	3,15
3	18x10 ²	4,0x10 ²	11,0x10 ²	2,43
4	20x10 ²	Ausente	< 0,1	1,43
5	< 0,1	Ausente	< 0,1	2,76
6	< 0,1	23x10 ²	< 0,1	2,20
7	20x10 ²	14x10 ²	6,0x10 ²	2,1
8	< 0,1	Ausente	< 0,1	2,91
9	< 0,1	Ausente	32x10 ²	3,60
Brasil, 2001	*	10²NMP/g	*	*
NCA***	50 UFC/g	Ausência	50 UFC/g	*
ICUMSA****	200 UFC/10g	Ausência	20 UFC/10g	*

*Não estabelece limites

**Unidades Formadoras de Colônia (UFC). Os resultados foram expressos em UFC/g a partir das médias das três repetições.

***National Canner Association (NCA)

**** International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA)

Da avaliação de coliformes totais e termotolerantes, todas as amostras apresentaram condição higiênico-sanitárias satisfatórias de acordo com o estabelecido pela ANVISA, pois apesar de terem apresentando crescimento dessas bactérias, não ultrapassaram o limite de 10^2 NMP/g. Ressalta-se que para as agências internacionais de regulamentação as amostras 3, 6 e 7 não atenderiam aos parâmetros exigidos. Isto evidencia uma preocupação, indicando falhas no pós-processamento ou durante o processo de fabricação no que envolvem as questões ligadas as condições higiênico sanitárias que não estão sendo cumpridas. A presença destes microrganismos nos açúcares, pode interferir na vida útil do produto e proporcionam perdas e riscos à saúde.

Em relação à presença de bolores e leveduras apenas as amostras 3, 4, 6 e 8 atendiam aos padrões internacionais, todas as demais amostras apresentaram valores elevados para os padrões estabelecidos pela NCA e INCUMSA (50 UFC/g). Apesar da legislação vigente não especificar o mínimo e o máximo para umidade, açúcares com elevado teor de umidade apresentam maior crescimento de bolores e leveduras⁽¹²⁾. Na Tabela 1, resultado semelhante foi observado neste trabalho, onde observou-se correlação onde os teores de umidade mais elevados, foi onde também ocorreu as maiores contagens de colônias fúngicas.¹⁵ Encontraram quatro marcas de açúcares mascavo fora do limite estabelecido por padrão internacional para bactérias mesófilas e duas marcas não conforme para bolores e leveduras, evidenciando assim a influência da umidade e atividade da água no desenvolvimento de microrganismos neste tipo de alimento. A presença de bolores ou leveduras são potenciais deterioradores destes alimentos, acarretando principalmente problemas de conservação e armazenamento dos produtos. A umidade do açúcar, está diretamente relacionada a sua qualidade, altos valores causa deterioração do produto, aumento de açúcares redutores, mudança na cor do produto, diminuição do teor de sacarose, alterações em suas características físicas, podendo ocasionar no empedramento pela aglomeração dos cristais tornando-o menos atrativo ao consumidor^(13,16,1). Da avaliação microscópica dos açúcares, todas as amostras apresentaram alguma impureza vegetal, materiais estranhos, e substâncias amilíferas. Em nenhuma observou-se a presença de substâncias amorfas. Observou-se presença de esporos na amostra 01; fragmentos de insetos nas amostras 03 e 04; cristais de sal na amostra 03; fungos nas amostras 03 e 04, presença de linhas na amostra 03 e 6, presença de leveduras na amostra 04, e substâncias amilíferas, impurezas minerais e vegetais, além de materiais estranhos em todas as amostras, de acordo com a RDC N° 623⁽¹⁷⁾ que dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, para fins de avaliação de conformidade. Alguns elementos encontrados nas amostras de açúcar estão na figura 1.

Assista a apresentação deste trabalho apontando sua câmera para o Qr-code

Figura 1. Análise microscópica das amostras de açúcar mascavo, comercializadas no Município de Frutal-MG e região, em Microscópio óptico com resolução de 40X



Dentre as amostras analisadas a 08 foi a que melhor apresentou condições higiênic-sanitárias. A presença de leveduras, fungos e fragmentos de insetos em alimentos indica a falta de higiene no processo produtivo ou de embalagem e armazenamento ⁽¹⁸⁾. ⁽⁴⁾ Em estudo realizado onde se avaliou amostras de açúcar mascavo comercializados no Estado de Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Rio grande do Sul, Acre, Goiás, Santa Catarina, observou a presença de sujidades e matérias estranhas em 55,56% das amostras, que estavam em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira na qual deve estar isento de matéria terrosa, de parasitas e de detritos animais ou vegetais. A microscopia é o método que permite a identificação de matérias estranhas nos alimentos, sendo nocivas ou não, originadas de contaminação, devido às práticas inadequadas durante as fases de colheita, produção, processamento, armazenamento, transporte e distribuição. Como exemplo de algumas matérias estranhas podemos citar: sujidades, parasitos e larvas.

CONCLUSÕES

A qualidade microbiológica do açúcar mascavo demonstra a não conformidade com os padrões de qualidade internacionais ICUMSA e National Canner Association. As análises microscópicas evidenciaram que estas indústrias precisam melhorar as condições de higiene do processo produtivo. A ausência da padronização da qualidade do açúcar mascavo ainda é uma barreira, que interfere diretamente na qualidade do produto.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), e a Universidade do Estado de Minas Gerais através do Programa Institucional de Apoio à Pesquisa da UEMG – PAPq / UEMG, pela concessão de bolsas. Trabalho dedicado em *In memoriam* a Amanda Vitória Nobre Caetano, exímia pesquisadora que nos deixou em tenra idade.

REFERÊNCIAS

1. Delgado, AD, Delgado, AP. Produção do açúcar mascavo, rapadura e melado. Piracicaba: Alves; 1999.
2. Verruma-Bernardi, MR, Borges, MTMR, Lopes, CH, Modesta, RCD, Antonini, SRC. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de açúcares mascavo comercializados na cidade de São Carlos – SP. Braz. J. Food Technol. 2007, 10:205-211.
3. Oliveira F, Ritto JLA, Jorge LIF, Barroso ICE, Prado BW. Microscopia de Alimentos. Exames microscópicos de alimentos in natura e tecnologicamente processados. São Paulo: Atheneu; 2015.
4. Matos, JAM M. Análise de matérias estranhas e sujidades no açúcar mascavo. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, 2018.
5. Lopes, CH., Borges, MTMR. Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado de cana. Araras: SEBRAE, 1998.
6. Jeronimo; EM Anjos, IA, Landell, MG, Andrade. Açúcar mascavo: Potencial de produção e diferenças em relação ao açúcar refinado. 2016. Disponível em: <http://www.apta regional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao2016/janeiro-junho-4/1674-acucar-mascavo-potencial-de-producao-e-diferencas-em-relacao-ao-acucar-refinado/file.html>
7. Fermentec. Métodos analíticos para o controle da produção de açúcar e álcool. 3. ed. Piracicaba: Fermentec, 2003.
8. Rodrigues, RMMS, Atui, BM, Correia, M. Métodos de análise microscópica de alimentos, vol. 1. 1ª ed. São Paulo: Letras e Letras, 1999.
9. Brasil (2001). Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. [cit. 2016.12.26].
10. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. England (ICUMSA), 111: 6, 2004.
11. National Canners Association (NCA). Laboratory manual for food canners and processors: analysis, sanitation, and statistics. AVI Publishing Company, 3:2, 1968.
12. Parazzi, CJ, Jesus, DA, Lopes, JJC, Valsechi, OA. Análises microbiológicas do açúcar mascavo. Bioscience Journal. 2009, 25:32-40.
13. Generoso, WC, Borges, MTMR, Ceccato-Antonini, SR, Marino, AF, Silva, MVM, Nassu, RT, Verruma-Bernardi, MR. Avaliação microbiológica e físico-química de açúcares mascavo comerciais. Revista do Instituto Adolfo Lutz. 2009, 68:259-268.
14. Brasil, Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1993. Aprova o Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos, as Diretrizes para o estabelecimento de Boas Práticas de Produção e Prestação de Serviços na Área de Alimentos e Regulamento. Brasília: Presidência da República, 1977.

15. Silva, RF, Bueno, AC, Ramos, PJRB, Orlandi, RDM, Borges, MTMR, Medeiros, SDS, Ceccato-Antonini, SR, Martin, JGP, Spoto, MHF, Verruma-Bernardi, MR. Avaliação da qualidade de açúcares mascavado. Revista de Ciências Agrárias, 41:1098-1106, 2018.
16. Sarantopoulos, C, Oliveira, L, Canavesi, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. Campinas: CETEA/ITAL, 2001.
17. Brasil (2022). Resolução RDC N° 623, DE 9 DE MARÇO DE 2022. Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. [cit. 2022.03.09]. 18
18. Silva, N, Junqueira, VCA, Silveira, NFA. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. São Paulo: Varela, 1997.



Capítulo 30

DOI: 10.53934/08082023-30

**DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE MODELO DE NEGÓCIO
INOVADOR EM ANÁLISE MICROBIOLÓGICA: RELATO DE
EXPERIÊNCIA****Eduarda Pereira Soares Dias¹ *; Arthur Alves Coelho² ; José Clecildo Barreto
Bezerra³ **¹Estudante do Curso de Biotecnologia - IPTSP – UFG.²Estudante do Curso de Biotecnologia - IPTSP – UFG.³Docente do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública – UFG.**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: eduardapdias@gmail.com***Resumo**

A E-co Tech é uma startup de Biotecnologia, que tem como objetivo desenvolver tecnologias de fácil uso e interpretação para análises microbiológicas. A nossa primeira solução - AcquaID - visa o controle de qualidade da água em pequenas e médias indústrias com um biossensor capaz de detectar bactérias contaminantes e informar a contaminação ao mudar de coloração. Nossa meta é democratizar o acesso a tecnologias de controle da qualidade, promovendo o desenvolvimento sustentável. Para alcançarmos esse objetivo, utilizamos de diferentes metodologia para modelagem da empresa - como o Business Model Canvas e Lean Canvas - e para gestão empresarial - metodologias ágeis (Scrum e KANBAN). Para a pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, técnicas de química analítica, microfluídica e microbiologia são executadas. A experiência em empreender em Biotecnologia no Brasil é desafiadora, visto que o aporte financeiro é alto, assim como o risco tecnológico aliado ao tempo extenso para desenvolvimento. Entretanto, mesmo sendo desafiadora, a Biotecnologia é uma das áreas mais promissoras e em crescimento exponencial no Brasil e no mundo, visto que é por meio da mesma que diferentes soluções em ciências da vida são desenvolvidas. A E-co Tech é uma startup brasileira determinada a levar tecnologia de monitoramento de alta qualidade e baixo custo na palma das mãos dos clientes, sendo uma empresa propícia à inovação e de crescimento de profissionais em Biotecnologia e áreas afins.

Palavras-chave: água; análise microbiológica; *Escherichia coli*; startup.

Abstract

E-co Tech is a Biotechnology startup aiming to develop user-friendly and interpretable technologies for microbiological analyses. Our first solution - AcquaID - aims at water quality control in small and medium-sized industries with a biosensor capable of detecting contaminating bacteria and reporting contamination when changing colour. Our goal is to democratise access to quality control technologies, promoting sustainable development. To achieve this goal, we use different methodologies for company modeling - Business Model Canvas and Lean Canvas - and business management - agile methodologies (Scrum and KANBAN). For the research and development of the technology, techniques of analytical chemistry, microfluidics and microbiology are performed. The experience in undertaking in Biotechnology in Brazil is challenging, since the financial contribution is high, as well as the technological risk combined with the extensive time for development. However, even though it is tough, Biotechnology is one of the most promising and exponentially growing areas in Brazil and in the world, since it is through the same that different solutions in life sciences are developed. E-co Tech is a Brazilian startup determined to bring high-quality, low-cost monitoring technology into the palm of customers' hands, being a company conducive to innovation and growth of professionals in Biotechnology and related areas.

Keywords: *Escherichia coli*; microbiology analysis; startup; water

INTRODUÇÃO

A E-co Tech é uma startup de Biotecnologia que objetiva desenvolver tecnologias revolucionárias para análises microbiológicas, trazendo rapidez, baixo custo e facilidade. Oferecemos soluções para o controle de qualidade em pequenas e médias indústrias, além de redes de abastecimento hídrico, com um biossensor capaz de detectar bactérias contaminantes em água e informar a contaminação ao mudar de cor. Nosso primeiro objetivo como empresa é democratizar o acesso a tecnologias de controle da qualidade, promovendo o desenvolvimento sustentável de indústrias brasileiras do setor alimentício, de bebidas e outros.

O primeiro produto da E-co Tech é o AcquaID, um biossensor que identifica *Escherichia coli* em amostras de água. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) afetam 10% da população mundial por ano (1). No setor produtivo, como nas pequenas e médias indústrias alimentícias, amostras de água contaminadas causam retrabalho e prejuízos financeiros (2, 3, 4, 5, 6). Com isso, surge a oportunidade de desenvolvimento de biossensores para análise de água, visto que esse mercado está em crescimento (US\$ 36 bilhões em 2025) (7). O potencial da E-co Tech é demonstrado pelo número de empresas existentes no país e a escalabilidade é vista com a estrutura do negócio que visa atingir diferentes mercados em ascensão no Brasil (cervejeiro, leiteiro e farmacêutico) (8) e oferecer produtos direcionados que atendam às necessidades dos

clientes (biossensores para outras amostras, como leite e alimentos sólidos). Entre o que é conhecido como Nível de Maturidade Tecnológica ou TRL (Technology Readiness Level) ou MRL (Manufacturing Readiness Levels) de um produto ou processo (MANKINS, 1995 ou <https://biotechtown.com/blog/trl/> (BIOTECHTOWN, 2021) (9, 10), o estágio de desenvolvimento do AcquaID encontra-se em TLR3, ou seja, já realizamos a prova de conceito do biossensor e agora devemos partir para a prototipação e aprimoramento do AcquaID visando sua aplicação in loco. Pretendemos alcançar com o desenvolvimento do AcquaID um biossensor sensível e eficiente para detecção de estruturas específicas da E. coli. Além disso, o baixo custo e impacto ambiental comparado a concorrentes e a facilidade de manuseio e interpretação do teste no dia a dia de pequenas e médias indústrias também são objetivos. Por fim, visamos o impacto na vida dos brasileiros a partir do aumento da testagem da água utilizada em diferentes estabelecimentos, o que corrobora ao tratamento de água mais efetivo e a diminuição de casos de DTHAs. Dessa forma, objetivamos ter um impacto positivo na saúde pública e no saneamento básico brasileiro.

Além disso, desenvolvemos a E-co Tech como empresa pela criação e regularização do seu CNPJ e conseguimos financiamento e apoio de diferentes instituições brasileiras (MCTI e Finep - Programa Centelha e Fundação de Desenvolvimento de Tecnópolis - FUNTEC - Programa de Projetos Inovadores). Também estamos em busca novas parcerias para estudo e desenvolvimento da ampliação do nosso portfólio de produtos e possíveis clientes. O objetivo da E-co Tech é desenvolver testes rápidos facilmente interpretados para otimizar o dia a dia de empresas e instituições de gestão de recursos hídricos brasileiras. Com um teste facilmente aplicável e interpretado, contenções em lotes de produtos contaminados são feitas mais rapidamente, impedindo que esses produtos cheguem no consumidor final e tragam prejuízos na saúde e bem-estar dessas pessoas.

METODOLOGIA

A E-co Tech faz uso de metodologias ágeis para gestão e alcance dos resultados, a citar as metodologias Lean (métodos enxutos que buscam redução de perdas no processo) (11) e o Scrum (12) que consiste na implementação de ciclos curtos de aprendizados e priorização de tarefas que são executadas em sprints. Os sprints consistem em encontros rápidos para alinhamento de objetivos e na E-co Tech são executados semanalmente. Além disso, na rotina da gestão também são aplicadas ferramentas como Canvas, Trello, documentos e planilhas em Google Drive, que são organizados e construídos a partir de técnicas como 5W2H (13) e o KANBAN (14). Nesse aspecto, semanalmente avaliamos quantas e quais metas foram cumpridas e trocamos feedback entre os membros, dividimos as tarefas entre o desenvolvimento do AcquaID, gestão, financeiro e comercial, equilibrando as demandas por disponibilidade e especialidade de cada sócio. Não obstante, entendemos que é preciso monitorar a efetividade de nosso processo produtivo, com os números dos componentes e reagentes consumidos e dos biossensores produzidos, seguindo ferramentas de PDCA (15) e matriz de ishikawa (16) para identificar problemas e contorná-los.

Quanto à metodologia voltada ao desenvolvimento da nossa primeira solução tecnológica, o AcquaID funciona a partir de cromatografia por fluxo lateral (17), e dessa maneira partimos para estruturação e design de um biossensor de papel que ao ser mergulhado em uma amostra de água indica a contaminação microbiológica por mudança colorimétrica. Basicamente, este dispositivo identifica a bactéria *Escherichia coli*, que é a principal indicadora de contaminação fecal em água e alvo de fiscalização pela ANVISA (18), pela reação com uma estrutura biológica presente nesse microrganismo, o que gera uma mudança de cor no papel. O teste demora menos de 10 minutos e pode ser transportado e armazenado facilmente, além de não necessitar de pessoal especializado para sua realização, o que permite a sua aplicação mesmo em locais de difícil acesso. Portanto, nossa metodologia de PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) abarca a emergente área de desenvolvimento de labs-on-a-chip ou a miniaturização de laboratórios que combinam potencial da microfluídica e química analítica no desenvolvimento de análise acuradas e em escala reduzida, o que reduz o custo e promove a sustentabilidade na gestão e produção de resíduos químicos. Além disso, com objetivo de expandir o portfólio de tecnologias, a E-co Tech também aplica a metodologia de Design Thinking (19) que abrange técnicas que vão desde a compreensão das demandas do consumidor final e de mercado até o processo criativo de proposição de soluções alternativas e adequadas às problemáticas enfrentadas.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Nós vislumbramos a E-co Tech pela primeira vez em 2020 durante a Olimpíada de Empreendedorismo (OEU) da Universidade Federal de Goiás (UFG). A ideia original surgiu com o objetivo sanar a demora e necessidade de infraestrutura e mão de obra especializadas das análises microbiológicas tradicionais de água (20) e nos levou ao 2º lugar na competição na categoria de Negócio Socioambiental. Após a OEU, a E-co Tech foi pré-incubada no Centro de Empreendedorismo e Incubação (CEI) da UFG e nós iniciamos as atividades de pesquisa e desenvolvimento no Laboratório de Espectroanalítica, Eletroanalítica e Sensores (LEES) da UFG.

Em 2021, escrevemos o projeto e a E-co Tech foi contemplada por um convênio de cooperação institucional, científica, econômica e financeira entre nós e a Fundação de Desenvolvimento de Tecnópolis (FUNTEC) com aporte financeiro de R\$ 15.000. Esse valor nos permitiu concluir a prova de conceito do AcquaID e constituir a E-co Tech como microempresa. Ainda em 2021, participamos de programas de aceleração como o Avante (Distrito) que é um programa de empreendedorismo com um campeonato de startups das universidades. Nesse campeonato, fomos selecionados entre as 10 melhores startups.

Já em 2022, a E-co Tech foi uma das cinco finalistas da competição Hack Brazil (Brazil Conference), a qual visa apoiar e desenvolver startups brasileiras que resolvem problemas reais brasileiros. A competição contou com três etapas eliminatórias, as quais envolveram mentorias diretas com especialistas em negócios e em Biotecnologia/Ciências da Vida. Chegamos na final com outras quatro empresas de impacto com objetivo de apresentar a nossa solução a estudantes, professores e investidores da comunidade de Harvard e Massachusetts Institute of Technology - MIT em Boston - EUA. Após a competição, conseguimos nos conectar com diferentes atores

do cenário nacional e internacional, permitindo uma melhor idealização de nosso negócio e a expansão da E-co Tech como empresa.

A aprovação no programa Centelha Goiás 2 foi conquistado em 2022 e as atividades iniciadas em 2023. Com o aporte financeiro de R\$ 60.000, visamos finalizar o protótipo do AcquaID e dar os primeiros passos para entrada no mercado brasileiro. Atualmente também estamos na fase de busca por novas parcerias como a do o Hub do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do estado de Goiás que é responsável por editais de fomento na área de desenvolvimento de novas soluções para a indústria nacional. Também estamos desenvolvendo a parceria com o Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas (IST-Goiás), o qual está em contato direto com indústrias do setor alimentício, permitindo que possamos validar a nossa solução diretamente com os consumidores finais do AcquaID e ter acesso aos editais de fomento e infraestrutura laboratorial também fornecido por essa agência.

O início da E-co Tech foi árduo devido a todos os sócios serem ainda estudantes de graduação, impedindo uma dedicação exclusiva as atividades da empresa assim como expertise em todas as áreas que o gerenciamento e fundação de uma startup em Biotecnologia exige. Com a aprovação em editais de fomento e conquista em competições, conseguimos ter maior visibilidade e possibilidades de crescimento, permitindo a conquista de parcerias estratégicas. Vale ressaltar que os sócios-fundadores são ex-presidentes da empresa júnior de Biotecnologia na UFG, fato que contribuiu com a fundação da E-co Tech e nos permitiu ter uma visão do mercado de trabalho em Biotecnologia antes mesmo da graduação. Entretanto, mesmo com as conquistas alcançadas, sabemos que ainda temos muito que avançar no desenvolvimento dos nossos produtos e na resolução dos problemas dos nossos futuros clientes para que possamos ter a nossa missão atingida.

CONCLUSÕES

Empreender em uma área disruptiva como a Biotecnologia é desafiador, mas proporciona grandes oportunidades, visto que problemas da sociedade podem ser solucionados de forma ainda não proposta anteriormente. Com a E-co Tech, é possível vivenciar os desafios de se empreender no Brasil com a Biotecnologia, mas também vislumbrar um portfólio de soluções que propiciem o desenvolvimento de produtos de maior qualidade e segurança aos brasileiros, o que implica no desenvolvimento sustentável de indústrias e no bem-estar da população.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Espectroanalítica, Eletroanalítica e Sensores (LEES - UFG) e ao Centro de Empreendedorismo e Incubação (CEI - UFG) pelo apoio passado e presente nos desenvolvimentos da E-co Tech. Agradecemos a Fundação de Desenvolvimento de Tecnópolis (FUNTEC) e ao Centelha Goiás (Finep e MCTI) pelo apoio financeiro e institucional. Agradecemos aos programas HackBrazil e AVANTE

pelo suporte, oportunidades, formações e conexões ofertadas. Agradecemos aos mentores Livia Flório Sgobbi, Fernando Caixeta e Heloisa Beigin pelo suporte em modelagem de negócios em Biotecnologia e desenvolvimento tecnológico. Agradecemos à Empresa Júnior By Technology pelo cultivo à cultura empreendedora em nossa formação, mentor José Clecildo Barreto Bezerra.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Saúde. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) [Internet]. Ministério da Saúde. 2023. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>
2. EXAME Negócios. 7 casos de contaminação de alimentos que deram o que falar [Internet]. Exame. 2013. Available from: <https://exame.com/negocios/7-casos-de-contaminacao-de-alimentos-que-deram-o-que-falar/>
3. Facilities A. 4 Maiores Causadores De Contaminação Nas Indústrias De Alimentos E Bebidas | All Facilities [Internet]. AllFacilities. 2021 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://allfacilities.com.br/4-maiores-causadores-de-contaminacao-nas-industrias-de-alimentos-e-bebidas/>
4. GEPEA. Contaminação na linha de produção de alimentos [Internet]. GEPEA - Consultoria Em Engenharia de Alimentos. 2021 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://gepea.com.br/contaminacao-na-producao/>
5. ARSYSTEM. Contaminação nas indústrias de alimentos e bebidas | Blog | [Internet]. Arsystem | Comprar bem é investir em soluções. 2023 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://www.arsystem.com.br/blog/hhhhhh-f9ss>
6. Negócio Seguro. Contaminação na indústria de alimentos e bebidas e o seguro: o que eles têm a ver? [Internet]. AIG. 2020 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://www.negocioseguroaig.com.br/blog/de-olho/contaminacao-na-industria-de-alimentos>
7. Research and Markets. Global Biosensors Market (2021 to 2026) - Increasing Use of Biosensors to Monitor Glucose Levels in Individuals with Diabetes is Driving Growth [Internet]. www.prnewswire.com. 2021 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-biosensors-market-2021-to-2026---increasing-use-of-biosensors-to-monitor-glucose-levels-in-individuals-with-diabetes-is-driving-growth-301280126.html>
8. Associação Brasileira de Indústria de Alimentos (ABIA). Números do setor - ABIA [Internet]. www.abia.org.br. 2022. Available from: <https://www.abia.org.br/numeros-setor#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20alimentos>
9. Mankins JC. TECHNOLOGY READINESS LEVELS A White Paper [Internet]. 2004. Available from: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
10. Guedes E. TRL: como funciona o método Technology Readiness Level [Internet]. BiotechTown. 2021. Available from: <https://biotechtown.com/blog/trl/>
11. Blank S. Why the lean start-up changes everything [Internet]. Harvard Business Review. 2013. Available from: <https://hbr.org/2013/05/why-the-lean-start-up-changes-everything>
12. Mieimankulova M. What is Agile Scrum Methodology and How Can it Help Your Startup? [Internet]. Altar.io. 2023 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://altar.io/agile-scrum-startup-guide/>
13. Ferramentas de qualidade. 5W2H [Internet]. Ferramentas da Qualidade. 2018. Available from: <https://ferramentasdaqualidade.org/5w2h/>
14. Atlassian. Kanban - A brief introduction [Internet]. Atlassian. 2023. Available from: <https://www.atlassian.com/agile/kanban#:~:text=Kanban%20is%20a%20popular%20framework>
15. American Society for Quality. PDCA Cycle - What is the Plan-Do-Check-Act Cycle? | ASQ [Internet]. Asq.org. 2019. Available from: <https://asq.org/quality-resources/pdca-cycle>
16. Hayes A. Ishikawa Diagram Definition [Internet]. Investopedia. 2021. Available from: <https://www.investopedia.com/terms/i/ishikawa-diagram.asp#:~:text=An%20Ishikawa%20diagram%20is%20a>
17. Koczula KM, Gallotta A. Lateral flow assays. Essays In Biochemistry. 2016 Jun 30;60(1):111–20.
18. Ministério de Saúde. Ministério da Saúde [Internet]. https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. 2021. Available from: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html

19. Yu Siang T. What is Design Thinking? [Internet]. The Interaction Design Foundation. 2009. Available from: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/design-thinking>
20. Fundação Nacional de Saúde. Manual Prático de Análise de Água [Internet]. 2006. Available from: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf



Capítulo 31

DOI: 10.53934/08082023-31

**PROGRAMA RAMA E A SEGURANÇA DO ALIMENTO: RELATO
DE EXPERIÊNCIA**Alexia Souza Porto *; Eduarda Ramos de Souza 

Resumo: Diante de uma maior preocupação com o consumo de alimentos seguros em aspectos físicos, químicos e biológicos por parte da população, práticas de rastreabilidade e monitoramento de resíduos de agrotóxico em alimentos de origem vegetal se tornam ferramentas fundamentais para sustentar a entrega de um produto seguro e de qualidade. Nesse contexto, o Programa de Rastreabilidade e Monitoramento de Alimentos, o RAMA, idealizado pela ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados), surge com o intuito de estabelecer diretrizes e práticas quanto aos pilares de rastreabilidade, monitoramento residual de agrotóxicos em frutas, legumes e verduras (FLVs), gerando, conseqüentemente, o incentivo as boas práticas agrícolas. O Programa é estruturado através da consolidação do processo de rastreabilidade em supermercados, da coleta amostral de produtos devidamente identificados com a sua origem e dispostos nos supermercados contratantes do RAMA e da análise residual de agrotóxico dessas amostras. A partir dos resultados das análises, toda cadeia de abastecimento interage de forma colaborativa para a resolução de casos de inconsistência. No ano de 2022, o Programa RAMA analisou um total de 2.350 amostras referentes a 994 fornecedores, coletadas em 66 redes de supermercados localizadas em 20 estados do Brasil, gerando dados e informações que promovem o crescimento do setor produtivo em um processo virtuoso com base nos princípios de colaboração e compartilhamento para a entrega de um alimento seguro ao consumidor final.

Palavras-chave: agrotóxico; RAMA; rastreabilidade; resíduos

Abstract: In view of a greater concern with the consumption of safe food in physical, chemical and biological aspects by the population, traceability practices and monitoring of pesticide residues in food of plant origin become fundamental tools to support the delivery of a safe and quality product. In this context, the Food Traceability and Monitoring Program, the RAMA, idealized by ABRAS (Brazilian Supermarket Association), arises in order to establish guidelines and practices regarding the pillars of traceability, residual monitoring of pesticides in fruits, vegetables and greens, generating, consequently, the incentive for good agricultural practices. The program is structured through the consolidation of the traceability process in supermarkets, the sampling of products duly identified with their origin and arranged in the supermarkets that are RAMA contractors, and the residual analysis of pesticides in these samples. Based on the

results of the analysis, the entire supply chain interacts collaboratively to resolve cases of inconsistency. In 2022, the RAMA Program analyzed a total of 2.350 samples from 994 suppliers, collected in 66 supermarkets located in 20 states in Brazil, generating data and information that promote the growth of the productive sector in a virtuous process based on the principles of collaboration and sharing for the delivery of safe food to the final consumer.

Keywords: pesticide; RAMA; residual; traceability

INTRODUÇÃO

Devido ao crescente aumento da preocupação da população com o consumo de alimentos seguros, seja referente aos aspectos físicos, químicos ou biológicos, desenvolver e aplicar mecanismos para gerenciar a qualidade e a segurança dos produtos comercializados passa a ser uma responsabilidade de todos participantes da cadeia de abastecimento de alimentos. Diante disso, a aplicação dos controles de rastreabilidade e o monitoramento de resíduos de agrotóxico em alimentos de origem vegetal, são cada vez mais ponderados e solicitados através da criação de requisitos legais e regulatórios em diversos países (1) (2).

A rastreabilidade foi definida como a “*habilidade de seguir a movimentação de um alimento por estágios específicos de produção, processamento e distribuição*” (3). Por meio do registro e do monitoramento de informações de um alimento desde a origem até o consumidor final é possível identificar quais etapas do processo estão operando de forma correta ou incorreta, permitindo detectar rapidamente a causa de potenciais problemas de contaminação. Dessa forma, o acompanhamento e a documentação do caminho percorrido viabiliza o monitoramento, com evidência, para o fornecimento de um alimento seguro e com informações confiáveis aos diferentes atores da cadeia de abastecimento, assim como aos consumidores.

Muitos estudos já apontam que a exposição e o uso indiscriminado de agrotóxico podem ocasionar sintomas de intoxicação aguda e crônica na saúde do homem (4), bem como contaminar ecossistemas e recursos naturais (5), comprometendo a segurança sanitária dos alimentos (6). Nesse contexto, a análise e o monitoramento de resíduos de agrotóxico em alimentos de origem vegetal é o mecanismo utilizado para a detecção da presença e concentração de pesticidas em frutas, legumes e verduras (FLVs). A partir dos resultados de conformidade, é possível gerar a produção e a comercialização de um alimento seguro e de qualidade, permitindo também a proteção dos biosistemas.

Por meio dessa análise é possível verificar se um produto encontra-se de acordo com o Limite Máximo de Resíduos (LMR - quantidade máxima de resíduos de agrotóxicos em decorrência da aplicação em uma cultura agrícola) oficialmente permitido e estabelecido pelas monografias da Anvisa para alimentos de origem vegetal (7). As monografias são o resultado da avaliação toxicológica de pesticidas realizada pela Anvisa, onde constam, para cada agrotóxico, informações das culturas autorizadas e seus respectivos Limites Máximos de Resíduos (LMRs) (8).

Nesse contexto, o Programa de Rastreabilidade e Monitoramento de Alimentos, o RAMA, idealizado pela ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados) surge com o intuito de estabelecer diretrizes e práticas que promovam a rastreabilidade, o monitoramento de resíduos de agrotóxico em frutas, legumes e verduras (FLVs) e,

consequentemente, o incentivo as boas práticas agrícolas. O RAMA é um programa privado e estruturado mediante a adesão voluntária e colaborativa, onde os supermercados participantes têm acesso a um conjunto de informações quanto a detecção de resíduos em alimentos vegetais com a devida identificação de origem, podendo realizar uma seleção mais consciente de seus fornecedores e até mesmo auxiliá-los a aprimorar seus processos para a promoção e comercialização de alimentos perecíveis com maior controle de qualidade.

O principal objetivo do Programa RAMA consiste no desenvolvimento colaborativo da cadeia produtiva de perecíveis vegetais por meio da rastreabilidade e do monitoramento de resíduos, viabilizando a identificação da origem de contaminações com resíduos de agrotóxico e permitindo a aplicação de políticas de correção para aperfeiçoar as práticas agrícolas utilizadas pelos produtores no campo. Dessa forma, o RAMA compreende a rastreabilidade e o monitoramento de resíduos de agrotóxicos como seus pilares fundamentais.

O presente trabalho tem como finalidade avaliar a importância do Programa RAMA para a segurança do alimento na cadeia de abastecimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O Programa RAMA depende da colaboração de todos os elos da cadeia produtiva, no qual os supermercados participantes solicitam que os fornecedores adotem a solução de rastreamento da empresa PariPassu, o Sistema Rastreador PariPassu, para a identificação dos alimentos perecíveis através do código de rastreamento que aponta a trajetória percorrida pelo produto desde a sua origem. A rastreabilidade gerada pelo Sistema Rastreador PariPassu também permite incluir a data de colheita, o nome do produtor, o tipo e quantidade do produto, seu talhão ou parcela.

Com o processo de rastreamento ocorrendo conforme o fluxo correto, inicia-se a operação de coleta amostral dos produtos dispostos nos supermercados contratantes do RAMA para, assim, conduzi-los para análise de resíduos de agrotóxicos. A listagem dos produtos que são coletados tem como base os mesmos itens analisados pelo Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da Anvisa, sendo eles: abacaxi, abobrinha, alface, alho, banana, batata, batata doce, beterraba, brócolis, cebola, cenoura, chuchu, couve, goiaba, citros, maçã, mamão, mandioca, manga, maracujá, milho, morango, pepino, pêra, pimentão, quiabo, repolho, tomate e uva. As amostras recolhidas são encaminhadas para laboratórios acreditados pelo INMETRO (Cgcre) na ABNT NBR ISO/IEC 17025 para a determinação de resíduos de agrotóxicos em alimentos, havendo a investigação de uma rodada completa de multiresíduos.

Todos os dados das amostras coletadas, assim como os resultados das análises residuais de agrotóxicos, são cadastrados no Sistema de Acompanhamento de Resultados das Análises (SARA) da PariPassu. No SARA, tanto o varejo onde houve a coleta, como o fornecedor do produto coletado, têm acesso às informações da amostra analisada e do laudo gerado pelo laboratório que realizou a análise. Caso seja detectado algum tipo de inconformidade nas análises, os agentes envolvidos na produção do alimento têm a responsabilidade de elaborar um plano de ação para correção do problema identificado, no prazo máximo de 30 dias, e evitar próximos resultados negativos. Dessa forma, produtores e distribuidores acompanham os resultados dos laudos analisados e dialogam

com seus parceiros de negócios para esclarecer, argumentar ou justificar as ações, onde, de forma colaborativa, toda cadeia de abastecimento interage para a resolução da inconsistência.

Por fim, através do Painel de Monitoramento do Programa RAMA é possível visualizar resultados em *dashboards* que indicam dados evolutivos de região de coleta, de tipo de problema, de conformidade e inconformidade por tipo de produto e origem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme foi divulgado no Balanço RAMA 2023 (9), o volume de produtos rastreados por meio do Rastreador PariPassu no ano de 2022 chegou a 2.370.000 toneladas (Figura 1), sendo a batata a cultura mais representativa nos dados de rastreabilidade, seguido pela banana, laranja, cebola e tomate. De 2013 até 2022, verifica-se uma evolução expressiva desse dado, chegando a mais de 200% de crescimento e evidenciando como a rastreabilidade se consolida ano após ano como uma ferramenta essencial para todos os envolvidos na cadeia produtiva de alimentos de origem vegetal.

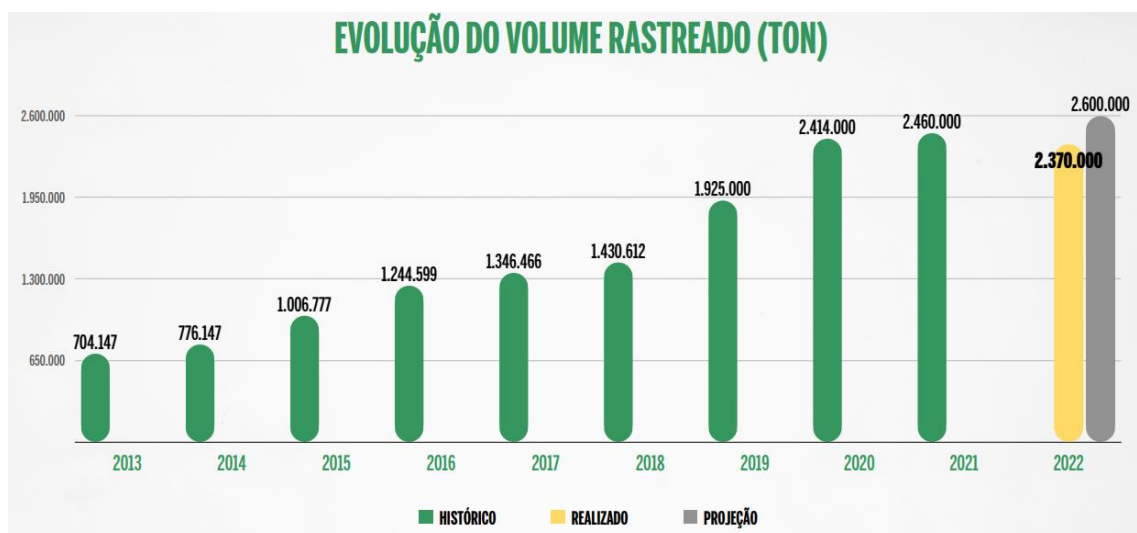


Figura 1 – Evolução do volume rastreado do sistema Rastreador PariPassu
Fonte: Balanço RAMA 2023

No ano de 2022, o Programa RAMA analisou um total de 2.350 amostras referentes a 994 fornecedores, coletadas em 66 rede de supermercados localizadas em 20 estados do Brasil, apresentando 78% de amostras conformes, de acordo com o gráfico de Evolução de Conformidade representado na Figura 2.



Figura 2 – Evolução de conformidade do Programa RAMA

Fonte: Balanço RAMA 2023

O gráfico de Evolução de Conformidade demonstra como a taxa de amostras satisfatórias para a análise residual de agrotóxicos veio progredindo de 2019 até 2021, apesar da redução de 3 pontos percentuais no ano de 2022.

Por fim, foi também divulgado as culturas de frutas, legumes e verduras analisadas em cumprimento do Programa RAMA que demonstraram maior conformidade no ano de 2022. Entre as frutas e os legumes analisados, respectivamente, a manga e a cenoura lideraram com 80% das amostras com conclusões satisfatórias na análise residual de agrotóxicos. Já para os legumes, com 67% de conformidade, a alface foi a cultura com um maior número de laudos de análise de resíduos de agrotóxicos satisfatórios.

CONCLUSÕES

Identificar os princípios ativos relativos a problemas de contaminação por resíduos de agrotóxicos em produtos distribuídos, assim como os produtores e fornecedores envolvidos na produção do alimento inconforme, é uma das formas mais relevantes de impactar, positivamente, a qualidade do que está sendo consumido, assim como viabilizar a segurança do alimento comercializado.

Além de apenas identificar um resultado satisfatório ou insatisfatório nas análises de amostras de origem vegetal, o Programa RAMA apresenta como solução o desenvolvimento de toda cadeia de abastecimento, possibilitando o fortalecimento das parcerias comerciais por meio de orientações que capacitam e incentivam as boas práticas agrícolas. Este processo ocorre pelo envolvimento de diferentes especialistas nas ações de capacitação, treinamento e orientação junto a produtores, distribuidores e supermercados.

Os dados e o conhecimento gerado através das ações do Programa RAMA promovem o crescimento do setor produtivo, co-responsabilizando todos os agentes participantes da cadeia a entregar um alimento seguro ao consumidor final, em um processo virtuoso com base nos princípios de colaboração e compartilhamento.

REFERÊNCIAS

1. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de boas práticas agrícolas e sistema APPCC [Internet]. Brasília: EMBRAPA, 2004 [acesso em 14 Abr 2023]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18226/1/MANUALBOASPRATICASAGRICappcc.pdf>
2. PETERSEN, A. Status of food traceability in the European Union (EU) and United States of America (US), with special emphasis on seafood and fishery products. Masters' Assignment. Denmark: Danish Technical University. 2004.
3. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Food Traceability Guidance. Santiago, 2017 [acesso em 18 Abr 2023]. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i7665e/i7665e.pdf>
4. THAYER, K.; HOULIHAN, J. Pesticides, Human Health, and the Food Quality Protection Act., WMELPR, 2004; 28: 257-312
5. CARSON, R. Primavera Silenciosa. 1. ed. São Paulo: Gaia, 2010.
6. GEBARA, A. B.; CISCATO, C. H. P.; FERREIRA, M. da S.; MONTEIRO, S. H. Pesticide Residues in Vegetables and Fruits Monitored in São Paulo City, Brazil, 1994–2001. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2006; 75: 163–169
7. ANVISA. Monografias de agrotóxicos [Internet]. 2021 [acesso em 2023 Abr 24]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/dadosabertos/informacoes-analiticas/monografias-de-agrotoxicos>
8. Godoy R, Oliveira M. Agrotóxicos no Brasil: Processo de Registro, Riscos à Saúde e Programas de Monitoramento [Internet]. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2004 [acesso em 2023 Abr 24]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/653905/1/documento134.pdf>
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS – ABRAS. Balanço anual RAMA 2023 [acesso em 2023 Mai 25].



Capítulo 32

DOI: 10.53934/08082023-32

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DA PUPA DO-
BICHO-DA-SEDA E SUA CONTRIBUIÇÃO PROTEICA NA
PRODUÇÃO DE DOCES**

Isabela de Almeida Agostinelli ; Loyz Sousa Assis ; Ana Carolina Oliveira
Medeiros ; Ariana Vieira Alves ; Fabrício Fagundes Pereira ; Eliana Janet
Sanjinez Argandoña 

*Loyz Sousa Assis (Corresponding author) – Email: loyz.sousa.assis@gmail.com

Resumo: Os insetos são fonte alternativa de alimento para humanos, principalmente por ser fonte de proteínas e lipídeos de boa qualidade nutricional. Entre os insetos comestíveis o bicho-da-seda (*Bombyx mori*) destaca-se por ser um dos mais consumidos ao redor do mundo, porém nos países ocidentais é pouco utilizado como alimento. O presente estudo objetivou caracterizar os constituintes nutricionais da pupa de bicho-da-seda e desenvolver doces com adição do inseto. As pupas foram doadas por criador particular da cidade de Dourados-MS. A elaboração de doce de amendoim foi realizada com ingredientes básicos para doce tipo paçoca com adição de 35% (F35), 40% (F40) e 55% (F55) de pupa de *B. mori*, o doce sem adição de pupa foi considerada a amostra controle (C). Análises da Composição nutricional, caracterização de aminoácidos e ácidos graxos foram realizadas na pupa de *B. mori*, no doce tipo paçoca sem adição de pupa e no doce da melhor formulação (F35), definida pelo teste de aceitabilidade e intenção de compra. A composição nutricional tanto da pupa quanto das paçocas evidenciou o potencial proteico e lipídico, podendo considerar as paçocas como fontes proteicas. A caracterização de ácidos graxos demonstrou quantidades significativas de ácidos graxos insaturados. F35 apresentou maiores teores de alguns aminoácidos essenciais em relação ao produto controle. Os resultados da análise sensorial mostraram que a F35 apresentou melhor aceitação sensorial. Essas constatações mostram potencial de aproveitamento de pupas de bicho-da-seda, um subproduto descartado na produção de seda, justificando o estudo e suas futuras aplicações.

Palavras-chave: *Bombyx mori*, entomofagia, inovação, potencial nutricional.

Abstract: Insects are an alternative food source for humans, mainly because they are a source of protein and lipids of good nutritional quality. Among edible insects, the silkworm (*Bombyx mori*) stands out as one of the most consumed insects around the

world, but in western countries it is little used as food. The present study aimed to characterize the nutritional constituents of silkworm pupae and to develop sweets with the addition of the insect. The pupae were donated by a private breeder in the city of Dourados-MS. The preparation of peanut candy was performed with basic ingredients for paçoca type candy with addition of 35% (F35), 40% (F40) and 55% (F55) of added pupa of *B. nori*, the candy without added pupa was considered the control sample (C). Analyses of nutritional composition, characterization of amino acids and fatty acids were performed on the pupa of *B. nori*, the sweet without added pupa and the best formulation (F35), defined by the acceptability test and purchase intention. The nutritional composition of both the pupa and the paçocas showed the protein and lipid potential, and the paçocas can be considered as protein sources. The characterization of fatty acids showed significant amounts of unsaturated fatty acids. F35 presented higher contents of some essential amino acids in relation to the control product. The results of sensory analysis showed that F35 presented better sensory acceptance. These findings show potential for utilization of silkworm pupae, a by-product discarded in silk production, justifying the study and its future applications.

Keywords: *Bombyx mori*, entomophagy, innovation, nutritional potential.

INTRODUÇÃO

De acordo com a ONU para Agricultura e Alimentação (FAO) em 2050 seremos nove bilhões de pessoas, o que demandará mais fontes de alimentos disponíveis (1). É crescente o incentivo ao consumo de insetos como forma de combater a fome e promover a segurança alimentar, principalmente por ser fonte de proteínas de boa qualidade nutricional para humanos, em função da presença de aminoácidos essenciais, como por exemplo, o triptofano que é fundamental na síntese da serotonina, estando diretamente relacionado a qualidade de vida (2;3).

Estudos sugerem que a ingestão de ácidos graxos reduz o risco de morte cardiovascular e outras doenças como AVC, Hipertensão, alguns tipos de câncer e processos inflamatórios (4). Sugerem ainda que o ácido linolênico (Ômega 3) apresenta atividade antioxidante, anti-inflamatória, antitrombótica e ajuda na regulação da pressão arterial (5;6).

O ômega 6 (ácido graxo linoleico) também possui papel vital em diversas funções fisiológicas como a regulação do metabolismo, crescimento de cabelo e preservação da saúde óssea (7). Estão presentes em alguns insetos como *Tenebrio molitor*, *Pachymerus nucleorum* (8), o próprio *Bombyx mori*, entre outros.

O bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) destaca-se entre os insetos comestíveis por ser um dos mais consumidos ao redor do mundo (9). Enquanto lagarta, é um eficiente produtor de fios de seda, contudo, a pupa, é um subproduto pouco conhecido e de elevado potencial nutricional (10). Estudos recentes mostram que as pupas de *B. mori* apresentam alto valor proteico e lipídico e podem ser fonte de proteínas para humanos (10;11;12).

Comer insetos inteiros ou partes visíveis aos olhos pode causar grande aversão. Para torná-los aceitáveis, além do apelo nutricional, é necessário desenvolver produtos alimentícios comumente consumidos pela população com adição de insetos, de maneira a tornar sua presença imperceptível. Assim, insetos na forma de massa ou farinha podem ser facilmente misturados a outros ingredientes na elaboração de produtos ou suplementos alimentícios.

A criação de receitas que incorporem pupas de *B. mori* pode ajudar a superar o preconceito em relação ao consumo de insetos, tornando-o mais prático e atraente sensorialmente. Portanto, o objetivo do estudo foi caracterizar os constituintes nutricionais da pupa de bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e desenvolver paçoca de amendoim com adição de pupas de bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os casulos foram obtidos de um criadouro particular situado em Dourados-MS. As pupas de *Bombyx mori* foram extraídas dos seus casulos de seda e, em seguida, separadas, pesadas e armazenadas em sacos plásticos, que foram selados e etiquetados, e então congeladas. Para a preparação dos doces, as larvas foram descongeladas e posteriormente desidratadas em uma estufa com circulação de ar a uma temperatura de 50 °C até atingirem textura quebradiça para serem trituradas (aproximadamente durante 4 dias). Os ingredientes (amendoim, açúcar, pasta de amendoim, sal, e cera de abelha) utilizados na produção dos doces foram adquiridos em estabelecimentos comerciais locais.

Composição proximal

Foram realizadas análises de umidade (Método No. 950.46B, (13)), conteúdo mineral fixo (No. 950.46B, (13)), proteínas (No. 981.10, (13)), lipídios (No. 960.39, (13)) e fibra alimentar pelo método enzimático gravimétrico (14). Os carboidratos foram

analisados empregando o método de Eynon-Lane (15). As análises foram realizadas tanto para a pupa seca quanto para a paçoca contendo a adição da pupa.

Determinação da composição de ácidos graxos

Foi extraído o óleo da pupa de *B. mori*, das formulações do produto (doce de amendoim) de acordo com o método de Bligh & Dyer (16). Logo, os ácidos graxos foram caracterizados por cromatografia gasosa, em cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama. Para a eluição foi empregada uma coluna capilar de sílica fundida de 100 m x 0,25 mm x 0,20 µm. A temperatura do forno foi conduzida em tais temperaturas e tempos: 100 °C por 1 minuto, elevada para 170 °C a 6,5 °C/minuto, 170 °C a 215 °C foi realizada a 2,75°C/minuto, mantendo a temperatura por 12 minutos, sendo a última elevação de temperatura de 215 °C para 230 °C a 40 °C/minuto. As temperaturas do injetor e detector foram de 270 °C e 280 °C, respectivamente. As amostras de 0,5 µL foram injetadas em modo *split*, utilizando-se nitrogênio como gás carreador a uma velocidade de arraste de 1 mL/min. A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada por comparação com os tempos de retenção dos compostos da amostra com os padrões (Sigma-Aldrich, USA) eluídos nas mesmas condições das amostras.

Doce de amendoim tipo paçoca

As formulações foram estabelecidas através de pré-testes em laboratório. A formulação padrão (controle) foi composta por amendoim (60%), açúcar (30%) e pasta de amendoim (10%). Foram elaboradas outras três formulações onde se variou a quantidade de amendoim e de pupa de *B. mori*, substituindo-se parcialmente o amendoim da formulação padrão (60%) pela pupa, nas seguintes proporções: 35% de pupa de *B. mori* e 65% de amendoim (F35), 40%, de *B. mori* e 60% de amendoim (F40), 55% de pupa de *B. mori* e 45% de amendoim (F55). A elaboração do doce constituiu na mistura de amendoim triturado, açúcar, pasta de amendoim (nas proporções devidas, de acordo com a formulação padrão).

O doce pronto foi armazenado em recipiente de plástico, envolto em papel filme e mantido sob refrigeração. A composição proximal e a caracterização dos nutrientes foram realizadas na amostra C (controle), F35 (35% de adição de pupa), F40 (40% de adição de pupa), F55 (55% de adição de pupa).

Análise sensorial

Foi aplicado teste de aceitabilidade e preferência a um grupo de julgadores treinados (n = 10), solicitando-se avaliar os atributos aparência, cor, aroma, sabor, textura,

gosto residual, doçura e aceitação global de doces de amendoim tipo paçoca das formulações C (controle), F35 (35% de adição de pupa), F40 (40% de adição de pupa), F55 (55% de adição de pupa). A intenção de compra dos produtos também foi avaliada.

Os testes foram realizados conforme as recomendações do ambiente e da distribuição das amostras de acordo com Meigard (17). O estudo foi autorizado pelo Comitê de ética para humanos (CAAE: 89106318.0.0000.5160, Número do Parecer: 2.825.204), o termo de consentimento foi disponibilizado aos julgadores, e somente após a concordância destes foi realizada a análise.

Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata com exceção para as fibras que foram realizadas com quatro repetições. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão. As comparações dos valores médios entre os grupos foram realizadas pela análise de variância (ANOVA) e as diferenças comparadas pelo teste de *Tukey* ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) com auxílio do programa *Statistica* versão 8.0 (STATSOFT, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição proximal

A Tabela 1 apresenta os resultados da composição nutricional da pupa de bicho-da-seda (*Bombyx mori*) comparando seus atributos com os de alimentos “convencionais” descritos da TACO (18).

Tabela 1. Composição Nutricional da pupa bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e de alimentos convencionais

ANÁLISES	<i>Bombyx mori</i>	Carne, bovina, coxão mole, sem gordura, cozida*	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10 minutos*	Soja, farinha*	Frango, coxa, com pele, assada*
Umidade(%)	75,60±0,77	58,0	75,8	5,8	59,8
RMF(%)	5,40±0,15	1,2	0,8	5,1	1,3
Proteínas(%)	58,85±0,84	32,4	13,3	36,0	28,5

Lipídeos(%)	41,80±0,04	8,9	9,5	14,6	10,4
Fibras(%)	3,43±0,60	N.A.	N.A.	20,2	N.A.

* TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011) - Tabela 1. N.A.=Não aplicável.

RMF – Resíduo mineral fixo.

A pupa apresentou 75,60% de umidade, sendo maior que o dado apresentado para larvas de *Pachymerus nucleorum* (19) com RMF de 35,15%. Os demais constituintes apresentados foram calculados em base seca. O resíduo mineral fixo (5,40%) foi maior que a carne bovina (1,9%), maior também que o apresentado nas larvas de *P. nucleorum* (3,15%) (19) e semelhante à farinha de soja. A recomendação das necessidades diárias de minerais é de aproximadamente 3g (20).

Destacam-se também nas pupas o elevado teor de proteínas (58,85%) e lipídios (.41,80%) cujos valores são maiores aos encontrados para a carne bovina, ovo, soja e carne de frango (Tabela 1). A digestibilidade das proteínas de insetos é comparável com as de carnes convencionais (21). Estes resultados demonstram o potencial das pupas de *B. mori* como substituto proteico na dieta humana.

Em estudos com essa mesma espécie (22), os autores encontraram valores mais altos para o teor proteico (64,31%). Para o teor de lipídeos, as larvas de *Phassus triangularis* e também mariposas e borboletas podem apresentar até 77%. Essa riqueza vem atraindo a atenção das sociedades ocidentais, principalmente por ser uma fonte alternativa (de baixo custo ambiental e de produção) de proteínas e lipídeos (23).

Na Tabela 2 estão apresentados os constituintes nutricionais e o valor energético dos doces de amendoim tipo paçoca sem pupa (Controle) e com adição de pupa de 55% (F55), 40% (F40) e 35% (F35). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, (24) indica que para um alimento ser considerado proteico deverá conter 10g de proteína e no mínimo 300 kcal por porção.

Observa-se que a formulação F55 obteve maior teor proteico (26,35%) em relação às outras formulações, atribuído à maior adição de pupa do bicho-da-seda. Contudo, uma porção de 65g de qualquer uma das formulações atenderia esses requisitos estabelecidos pela ANVISA (24).

Constituintes	F 55	F 40	F 35	Controle
Umidade* (%)	8,89±0,27	8,41±0,09	11,27±0,27	7,75±0,09
Proteínas (%)	26,35±5,61	24,48±0,60	20,76±0,85	22,38±0,29
Lipídeos (%)	35,97±2,19	40,58±0,66	35,22±1,84	43,70±0,68
Cinzas (%)	2,05±0,04	1,91±0,10	1,82±0,20	1,18±0,06
Fibra Real (%)	24,95±1,15	19,87±0,47	11,68±2,45	10,29±0,77
Açúcares Redutores (%)	1,40±0,35	1,15±0,24	1,21±0,29	5,54±0,75
Açúcares Redutores Totais (%)	8,08±10,96	11,95±9,39	8,79±6,04	8,03±4,59
Valor Energético (Kcal)	512,64	562,95	495,89	622,21

Valores apresentados em base seca. Os resultados estão expressos com \pm desvio padrão, n=3. Umidade está em base úmida.

Apesar do elevado teor de lipídios das paçocas, o conteúdo foi menor que da paçoca de amendoim sem pupa do bicho-da-seda (controle). Do ponto de vista energético são fontes importantes de energia, uma vez que liberam 9kJ quando oxidados (20). Os valores de resíduo mineral fixo apresentaram-se próximos uns dos outros para as paçocas com adição de pupa de bicho-da-seda. A adição da pupa do bicho-da-seda influenciou significativamente no conteúdo de fibras sendo maior na paçoca da Formulação F55. Porém, o valor energético foi menor que o controle, o que pode ser importante em função da composição dos ácidos graxos presentes na pupa do bicho-da-seda.

Determinação da composição de ácidos graxos

Os ácidos graxos presentes nos lipídios da pupa do bicho-da-seda (P) e dos doces de amendoim tipo paçoca sem adição de pupa (C) e com adição de *B. mori* (F) estão apresentados na Tabela 3. O principal ácido graxo detectado no óleo extraído das pupas de *B. mori* foi o ácido linolênico seguido do ácido oleico. Nos óleos extraídos das paçocas com e sem adição de pupas, o principal ácido graxo encontrado foi o oleico seguido do linoleico. Larvas de *P. nucleorum* tiveram como principal ácido graxo encontrado o ácido oleico (44,09%), conteúdo maior que o encontrado nas pupas de bicho-da-seda, seguido pelos ácidos láurico (33,87%), esteárico (3,91%) e linoleico (3,96%) (8). Este último se mostrou em menor quantidade que o ácido linoleico encontrado nas pupa de *B. mori* (7,88%) demonstrando o grande potencial dos insetos comestíveis e seus benefícios.

Tabela 3 – Composição de ácidos graxos dos óleos extraídos de pupas de *Bombyx mori* e de doce de amendoim tipo paçoca com adição de pupas.

ÁCIDOS GRAXOS (%)	P	C	F
Ácido Mirístico C14:0	0,11±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01
Ácido Palmítico C16:0	24,75±0,01 ^a	10,56±0,09 ^c	14,13±0,05 ^b

Ácido Palmítico C16:1	1,73±0,01 ^a	0,11±0,01 ^b	0,37±0,01 ^b
Ácido Estéarico C18:0	4,83±0,01 ^a	3,01±0,01 ^b	3,50±0,02 ^b
Ácido Oleico (Ômega 9) C18:1	26,42±0,01 ^b	40,00±0,18 ^a	39,90±0,03 ^a
Ácido Linoleico (Ômega 6) C18:2	7,88±0,01 ^c	37,73±0,09 ^a	34,10±0,05 ^b
Ácido Linolênico (Ômega 3) C18:3	34,28±0,02 ^a	0,58±0,01 ^c	1,63±0,01 ^b
Ácido Araquídico C20:0	-	1,61±0,02 ^a	1,22±0,01 ^a
Ácido Eicosenoico C20:1	-	1,29±0,02 ^a	1,03±0,01 ^a
Ácido Behênico C22:0	-	3,41±0,02 ^a	2,66±0,01 ^a
Ácido Lignocérico C24:0	-	1,56±0,01 ^a	1,34±0,01 ^a
Σ AGS	29,69	20,26	22,97
Σ AGM	28,15	41,41	41,30
Σ AGP	42,16	38,31	35,73

Valores médios em g de ácidos graxos/100g de óleo, n=3 e desvio padrão. (-) Não encontrado. AGS – ácidos graxos saturados; AGM – ácidos graxos monoinsaturados; AGPI – ácidos graxos poli-insaturados. P (pupa): pupa *in natura* de *B. mori*. C (controle): paçoca sem adição de pupas de *B. mori*. F: paçoca com 35% de pupas de *B. mori*. Média com sobrescrito diferente na mesma linha diferem significativamente (p<0,05).

Do óleo extraído das pupas, a fração correspondente aos ácidos graxos saturados (AGS) é de 29,69% e aos insaturados (AGI) é de 70,31%. Os óleos extraídos das paçocas C e F apresentaram, respectivamente, 20,26% e 22,97% de AGS e de AGI 79,72% e 77,03%. Os resultados confirmam o alto teor de ácidos graxos insaturados nos óleos em razão, principalmente, do alto conteúdo de ácido oleico.

Comparando os óleos extraídos das três amostras, a diferença de valores entre a paçoca padrão (C) e a formulação com pupa (F), sugere que a adição de pupas de *B. mori* favoreceram o aumento na concentração de ácido palmítico e linolênico (14,13% e 1,63%) na formulação F, com adição de 35% de pupas.

Determinação da composição de aminoácidos

Os resultados sugerem que a adição de 35% de pupa na paçoca (F), em comparação com a controle (C), pode ter proporcionado o aumento nas quantidades dos aminoácidos avaliados e em alguns casos esse aumento foi significativo como segue na Tabela 4.

A pupa fresca apresentou todos os aminoácidos essenciais e a maioria deles dentro das quantidades necessárias para humanos (Tabela 4). O conteúdo de triptofano na pupa foi de 15,98 mg/g (Tabela 4), superior ao dobro da ingestão diária recomendada para humanos (6mg/g) (25).

Tabela 4 – Composição de aminoácidos de pupas de *Bombyx mori* e de paçocas com adição de pupas.

AMINOÁCIDOS	P (mg/g)	C (mg/g)	F (mg/g)	FAO ¹ (mg/g)
Serina	37,77±0,02 ^a	5,40±0,02 ^c	12,69±0,02 ^b	-
Treonina*	39,29±0,05 ^a	3,21±0,02 ^c	11,76±0,02 ^b	23
Arginina	47,67±0,02 ^a	12,99±0,02 ^c	21,09±0,02 ^b	-
Alanina	39,31±0,03 ^a	4,31±0,02 ^c	12,14±0,01 ^b	-
Prolina	70,42±0,02 ^a	2,97±0,02 ^c	16,16±0,01 ^b	-
Valina*	47,33±0,02 ^a	3,25±0,01 ^c	12,69±0,02 ^b	39
Metionina*	34,69±0,04 ^a	1,69±0,02 ^c	8,03±0,01 ^b	-
Cisteína	14,32±0,03 ^a	4,11±0,02 ^c	7,85±0,01 ^b	-
Isoleucina*	1,54±0,03 ^b	3,67±0,01 ^a	4,03±0,01 ^a	30
Lisina*	61,46±0,05 ^a	3,45±0,02 ^b	14,72±0,03 ^a	45
Leucina*	62,19±0,03 ^a	6,77±0,02 ^c	18,92±0,01 ^b	59
Histidina*	27,29±0,02 ^a	2,30±0,02 ^c	7,40±0,01 ^b	15
Fenilalanina*	46,22±0,01 ^a	7,23±0,01 ^c	15,63±0,01 ^b	-
Triptofano*	15,98±0,03 ^a	0,73±0,01 ^b	0,99±0,02 ^b	6

Valores médios de mg de aminoácidos/ g de amostra, n=3 ± desvio padrão. 1 (25). (*) Aminoácidos essenciais. C (controle): paçoca sem adição de pupas de *B. mori*. F: paçoca com 35% de pupas de *B. mori*. Média com sobrescrito diferente na mesma linha diferem significativamente (P < 0,05).

Análise sensorial

Em todos os atributos avaliados o doce de amendoim tipo paçoca (Controle) obteve maior nota em relação às demais formulações. Isso indica que a adição da pupa de *B. mori* influenciou nos atributos sensoriais, devido ao gosto residual amargo das pupas de *B. mori*.

Os resultados do teste de aceitabilidade-preferência mostraram que os doces tipo paçoca das formulações F35 e F55 não apresentaram diferença significativa (p<0,05) em relação às notas atribuídas para o gosto residual (5,11 e 5,78, respectivamente) que representa o “não gostei/ nem desgostei” e “gostei pouco”. O doce F40 foi o menos aceito (3,44). Para a aceitação global, que representa a percepção geral do produto, a formulação F35, com menor concentração de pupas (35%) foi a mais aceita.

Corroborando com os resultados da aceitabilidade, a intenção de compra das paçocas foi maior para o doce controle (sem adição de pupa). Na intenção de compra para doces com adição de pupa, os avaliadores indicaram a possibilidade de “talvez comprar” a paçoca elaborada com 35% de pupa de bicho-da seda (F35) se ela fosse disponibilizada no mercado. A escala de intenção de compra variou de certamente compraria (valor máximo 5) e certamente não compraria (valor 1). A nota média foi de 3, 2 (talvez comprasse/talvez não comprasse).

Para paçocas formuladas com maior conteúdo de pupas (F45 e F55), predominou a intenção de não comprar. Dessa maneira, apenas a F35 apresentou potencial de comercialização como opção aos produtos altamente proteicos já existentes no mercado. A baixa aceitação pode ser justificada pelo gosto residual amargo, relatado por alguns julgadores. É possível que o gosto amargo advém da pupa do bicho-da-seda uma vez que a mesma se alimenta de folhas de amora.

CONCLUSÕES

A pupa de *B. mori* contém quantidades adequadas de ácidos graxos insaturados e aminoácidos essenciais para os seres humanos. Seu conteúdo de triptofano foi mais que o dobro da ingestão diária recomendada, tornando-a uma excelente fonte de proteína e lipídica. Ao adicionar 35% de pupa no doce de amendoim tipo paçoca, obteve-se um produto com aceitação sensorial regular e boa qualidade nutricional. Mais estudos são necessários para explorar novas aplicações da pupa de bicho-da-seda como ingrediente e melhorar sua aceitabilidade sensorial.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica. À FUNDECT pelo auxílio financeiro para aquisição de reagentes e equipamentos.

REFERÊNCIAS

1. FAO. Forest insects as food: Humans bite back. FAO of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, 2010.
2. O'Mahony SM, Clarke G, Borre YE, Dinan TG, Cryan JF. Serotonin, tryptophan metabolism and the brain-gut-microbiome axis. Behav Brain Res. 2015; 277:32-48. doi:10.1016/j.BBR.2014.07.027.

3. Van Huis A, et al. Insects to feed the world. *J Insects as Food Feed*. 2015;1:3-5. doi:10.3920/JIFF2015.x002
4. Punia S, Sandhu KS, Siroha AK, Dhull SB. Omega 3-Metabolism, Absorption, Bioavailability and health benefits- A review. *PharmaNutrition*. 2019;100162. doi:10.1016/j.phanu.2019.100162.
5. Fulton AS, Baldock K, Coates AM, Williams MT, How PRC, Haren MT, ... Hill AM. Polyunsaturated fatty acid intake and lung function in a regional Australian population: A cross-sectional study with a nested case-control analysis. *J Nutr Intermed Metab*. 2019;100102. doi:10.1016/j.jnim.2019.100102.
6. Colussi G, Catena C, Novello M, Bertin N, Sechi LA. Impact of omega-3 polyunsaturated fatty acids on vascular function and blood pressure: Relevance for cardiovascular outcomes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017;27(3):191-200. doi:10.1016/j.numecd.2016.07.011.
7. Liao L, Li W, Liu Y, Li J, Zhuang X, Liao X. Exploring the causal pathway from omega-6 levels to coronary heart disease: A network Mendelian randomization study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2019. doi:10.1016/j.numecd.2019.09.013.
8. Alves AV, Freitas de Lima F, Granzotti da Silva T, Soares de Oliveira V, Leite Kassuya CA, Sanjinez-Argandoña EJ. Safety evaluation of the oils extracted from edible insects (*Tenebrio molitor* and *Pachymerus nucleorum*) as novel food for humans. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2019. doi:10.1016/j.yrtph.2019.01.013.
9. Mlcek J, et al. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. *Pol J Food Nutr Sci*. 2014;64(3):147-157. doi:10.2478/v10222-012-0099-8.
10. Pereira NR, et al. Proximate composition and fatty acid profile of *Bombyx mori* L. chrysalis toast. *J Food Compos Anal*. 2003;16:451-457. doi:10.1016/S0889-1575(03)00016-4.
11. Kouřimská L, Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J*. 2016;4:22-26. ISSN 2352-3646. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>. Acesso em: 31 de julho de 2018.
12. Kim SK, et al. Proximate composition and mineral content of five edible insects consumed in Korea. *CyTA - J Food*. 2017;15(1):143-146. doi:10.1080/19476337.2016.1223172.
13. AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. 2003.

14. AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. 2005.
15. IAL. (2008). Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 126-128. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 27 de julho de 2018.
16. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol.* 1959;37. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/o59-099>. Acesso em: 24 abr. 2019.
17. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. *Sensory Evaluation Techniques*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2007.
18. TACO (Tabela brasileira de composição de alimentos). NEPA - UNICAMP. 4ª ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP; 2011. 161 p.
19. Alves AV, Sanjinez-Argandoña EJ, Linzmeier AM, Cardoso CAL, Macedo MLR. Chemical Composition and Food Potential of *Pachymerus nucleorum* Larvae Parasitizing *Acrocomia aculeata* Kernels. *PLOS ONE*. 2016;11(3):e0152125. doi:10.1371/journal.pone.0152125.
20. Dutra-de-Oliveira JE, Marchini JS. *Ciências Nutricionais - Aprendendo a Aprender*. 2ª ed. São Paulo: Sarvier; 2008.
21. Longvah T, Mangthya K, Ramulu P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chemistry*. 2011;128(2):400-403. doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.041.
22. Rodríguez-Ortega A, Pino-Moreno JM, Ángeles-Campos SC, García-Pérez A, Barrón-Yáñez RM, Callejas-Hernández J. Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (*Lepidoptera: Bombycidae*). *Revista Colombiana de Entomología*. 2016;42(1):69-74. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v42n1/v42n1a12.pdf>. Accessed October 25, 2019.
23. Azzollini D, Derosi A, Fogliano V, Lakemond CMM, Severini C. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture, and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018;45:344-353. doi:10.1016/j.ifset.2017.11.017.
24. ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC N° 18, de 27 de Abril de 2010. Publicada em DOU n° 79, de 28 de abril de 2010. Disponível em: <

http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_18_2010_COMP.pdf/1f6e1baf-fd83-4408-8e97-07578fe3db18>. Acesso em: 31 de julho de 2018.

25. FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. WHO Technical Report Series No 935. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2007.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples

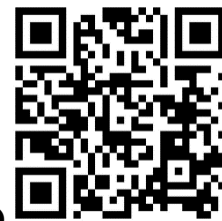
Patrocinador diamante



ORKIN

Patrocinadores do E-book





OCORRÊNCIA DE *Salmonella enterica* EM ÁGUAS RELACIONADAS COM A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO RIO DE JANEIRO E SUA ASSOCIAÇÃO COM FATORES FÍSICO- QUÍMICOS DA ÁGUA

Luca Oliveira Valdez¹; Esther Helena Rondon Barreto Prado²; Rossiane de Moura
Souza³; Dennys Monteiro Girão⁴; Raquel Regina Bonelli⁴

¹Estudante do Curso de Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia - IMPG - UFRJ.

²Pós-Doutoranda - IMPG - UFRJ.

³Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO-RIO.

⁴Docente/Pesquisador do Departamento de Microbiologia Médica - IMPG - UFRJ.

Introdução: O gênero *Salmonella* pertence à família *Enterobacteriaceae* e comporta duas espécies: *Salmonella bongori* e *Salmonella enterica*. *S. enterica* é composta por seis subespécies e milhares de sorovares. Entre elas, *S. enterica* subsp. *enterica* está frequentemente associada a casos de doenças de transmissão hídrica e alimentar, apresentando diferentes sorovares que podem causar gastroenterite e infecções invasivas em humanos e animais. No contexto agropecuário, essas bactérias são adaptadas ao trato gastrointestinal de animais como bovinos, suínos e aves, e são excretadas pelas fezes, podendo contaminar solo e água, e indiretamente, também vegetais. Assim, dentro do contexto da saúde única, a presença de *Salmonella* em águas próximas a propriedades agrícolas pode representar um elo na disseminação deste microrganismo para a população através da rota alimentar. **Objetivos:** Este trabalho tem como objetivo pesquisar a ocorrência de cepas de *Salmonella sp.* em águas superficiais de regiões agrícolas do estado do Rio de Janeiro, e avaliar a associação da recuperação destes microrganismos com parâmetros físico-químicos da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade). Cepas isoladas serão subsequentemente submetidas a sequenciamento de genoma completo para investigação de identidade em nível de sorovar, e marcadores genéticos de resistência e virulência. **Métodos:** De dezembro de 2020 a julho de 2022, 312 amostras de água circulantes em regiões produtoras de alimentos do Estado do Rio de Janeiro foram analisadas. Amostras foram filtradas *in situ* com Swabs de Moore modificados e parâmetros físico-químicos das águas foram medidos. Isolados de *Salmonella sp.* foram obtidos utilizando caldos de enriquecimento (Rappaport-Vassiliadis e Tetratonato) e meios de cultura seletivos para *Salmonella* (XLT-4 e *Salmonella Shigella*). Colônias características foram submetidas a identificação via MALDI-TOF-

MS e aquelas confirmadas como *Salmonella sp.* submetidas a RAPD para posterior seleção para sequenciamento. **Resultados:** *Salmonella sp.* foi encontrada em 202 (64%) das 312 amostras analisadas. De 2.581 cepas isoladas, 448 foram selecionadas para sequenciamento, respeitando o limite de até cinco isolados por amostra. Foi observada maior recuperação de *Salmonella* em águas com temperaturas acima de 20 °C, corroborando a maior ocorrência nos meses mais quentes (janeiro-maio e setembro-dezembro), bem como em águas com mais de 20% de oxigênio dissolvido. Não foi possível estabelecer correlações entre os demais parâmetros físico-químicos e a ocorrência de *Salmonella*. **Conclusão:** Os dados obtidos confirmam a ocorrência de *Salmonella* nas águas pesquisadas, destacando a necessidade de estudos para investigar se tal ocorrência representa ou não risco à saúde da população.

Palavras-chave: *Salmonella enterica*; águas superficiais; saúde única.

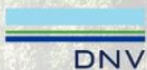
Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





Capítulo 33

DOI: 10.53934/08082023-33

ALERTA À QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE CALDO DE
CANA

Michelly Milles Baptista dos Santos ; João Vítor de Andrade dos Santos ;
Aline dos Santos Garcia-Gomes 

*aline.gomes@ifrj.edu.br

Resumo: O caldo de cana é uma bebida popular no Brasil devido às suas características de refrescância e sabor doce, sendo consumido frequentemente por indivíduos de todas as idades e classes, e comumente comercializada por vendedores ambulantes em vias públicas. A alta atividade de água, pH adequado, elevada concentração de açúcares e temperatura ambiente de comercialização favorecem a proliferação microbiana. A produção do caldo de cana é a etapa em que há os maiores riscos de contaminação da bebida devido à falta de higiene dos equipamentos e condições inadequadas de manipulação ou estocagem. Assim, o objetivo deste trabalho foi discorrer sobre a qualidade microbiológica do caldo de cana. Foi realizado um levantamento bibliográfico de publicações científicas nacionais e internacionais, utilizando como base de dados as plataformas Science Direct, Periódicos CAPES, PubMed, SciELO e Google Scholar, utilizando-se os descritores “benefícios do caldo de cana”, “manipulação e caldo de cana”, “contaminação microbiana e caldo de cana” e “qualidade microbiológica caldo de cana” nas versões em inglês e português. O processo de revisão de dados da literatura no permite apontar que essa bebida apresenta um alto nível de contaminação bacteriana, com destaque para bactérias do grupo coliformes, estando acima dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os resultados mostram a necessidade da conscientização e educação constante dos manipuladores em boas práticas de fabricação, bem como de se desenvolver metodologias de conservação adequadas a esse tipo de bebida, que possam inclusive ser feitas, de forma simples, pelos próprios vendedores.

Palavras-chave: caldo de cana; contaminação microbiana; higiene; manipulação

Abstract: Sugarcane juice is a popular beverage in Brazil due to its refreshing characteristics and sweet taste, being frequently consumed by individuals of all ages and classes, and commonly sold by street vendors on public streets. The high water activity, adequate pH, high concentration of sugars, and ambient temperature of commercialization favor microbial proliferation. The production of sugarcane juice is the stage in which there are the greatest risks of contamination of the beverage due to the lack of hygiene of the equipment and inadequate handling or storage conditions. Thus, the objective of this work was to discuss the microbiological quality of sugarcane juice. A

bibliographic survey of national and international scientific publications was carried out using as databases the platforms Science Direct, Periódicos CAPES, PubMed, SciELO, and Google Scholar, using the descriptors "benefits of sugarcane juice," "handling and sugarcane juice," "microbial contamination and sugarcane juice," and "microbiological quality of sugarcane juice" in English and Portuguese versions. The literature data review process allows us to point out that this beverage presents a high level of bacterial contamination, especially bacteria of the coliform group, being above the standards established by the legislation in force. The results show the need for awareness and constant education of the manipulators in good manufacturing practices, as well as the need to develop suitable conservation methodologies for this type of beverage, which can even be done, in a simple way, by the vendors themselves.

Keywords: sugarcane juice; microbial contamination; hygiene; manipulation

INTRODUÇÃO

O caldo de cana, também chamado no Brasil de garapa, é uma bebida não alcoólica, refrescante, que possui sabor doce, agradável ao paladar da população, sendo muito popular entre brasileiros devido ao seu baixo valor econômico e às características citadas. É frequentemente apreciado por pessoas de todas as idades e classes sociais, principalmente nas estações mais quentes do ano (1).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é um dos cultivos mais importantes do mundo, especialmente em países tropicais e subtropicais (2). Apesar de sua origem no sudeste da Ásia, passou a ser cultivada em outros continentes através das grandes navegações ainda no período colonial (1, 3, 4, 5).

No Brasil a cana-de-açúcar foi trazida pelos portugueses, em 1502, resultando rapidamente em uma das fontes de riquezas do país. Com o programa PROÁLCOOL do Governo Federal, em 1975, que possuía o objetivo de reduzir o uso de combustível derivado de petróleo, a produção de álcool etílico a partir de cana-de-açúcar se acentuou, trazendo um grande impacto econômico no cenário nacional. Na atualidade o cultivo comercial de cana-de-açúcar é realizado em mais de 70 países. O Brasil se destaca como o maior produtor do mundo, seguido pela Índia e China (1, 3, 4, 5, 6).

Dentre as diversas aplicações da cana-de-açúcar, destaca-se a produção de alimentos, como é o caso da bebida caldo de cana. A comercialização do caldo é vista como uma atividade altamente lucrativa pelos produtores desta bebida (1, 3, 4, 5). Apesar da cultura da cana-de-açúcar já ser reconhecida por sua relevância no campo econômico, ela também é valorizada por seu poder medicinal. A medicina tradicional indiana (também conhecida como ayuverda) e chinesa são modelos históricos do uso de alimentos como alternativa terapêutica. No antigo Ayurveda indiano, a cana-de-açúcar é empregada como um remédio, sendo utilizada também em combinações com outras ervas e plantas (7). O estudo de Karthikeyan & Samipillai (8) mostra que o caldo de cada vem sendo empregado como um remédio natural para vários problemas de saúde na Índia, podendo citar hemorragia, anúria, icterícia, disúria, câncer, doenças cardiovasculares e urinárias.

O caldo de cana é descrito como um líquido opaco, viscoso, de cor parda ao verde escuro, e sua composição pode ser modificada dependendo de vários aspectos, como a variedade, idade e saúde da cana, meio ambiente (solo e condições climáticas, como

temperatura e chuvas), estruturação agrícola (maturação, colheita, manuseio, transporte e armazenamento) além de pragas e doenças (9).

Devido à sua alta concentração de carboidratos (em especial a sacarose), esta bebida é considerada como uma bebida de alto valor energético (5). Segundo Madhavi et al. (10), uma porção de 28,35 gramas de caldo de cana contém: 26,56 kcal (ou 111.13 kJ), 27,51 g de carboidratos, 0,27 g de proteínas, 11,23 mg de cálcio, 0,37 mg de ferro, 41,96 mg de potássio e 17,01 mg de sódio, distribuídos em 71% de água, 14% de açúcar solúvel, 12% de fibras e 3% de não açúcar.

Dentre suas características físico-químicas o pH é $5,46 \pm 0,02$; $24,50 \pm 0,1\%$ de sólidos solúveis; $0,047 \pm 0,001\%$ de acidez total titulável; $585,11 \pm 10,32$ de relação Brix/Acidez e $3,19 \pm 0,01$ mg/100ml de ácido ascórbico (9).

Apesar dos benefícios que a bebida pode trazer aos que a consomem, ela é altamente suscetível ao processo de deterioração microbiana, muito relacionada ao seu valor de pH em conjunto com as altas concentrações de açúcares, que favorecem a proliferação de bactérias lácticas e leveduras (4). Por outro lado, devido ao contato direto da cana com o solo e as condições de armazenamento e manipulação previamente à feitura de seu suco, que é consumido sem nenhum tipo de tratamento para redução da carga microbiana, a bebida pode ser um potencial veiculador de patógenos e um causador de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA), sendo assim este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico no qual pretende-se destacar as possíveis fontes de contaminação microbiana do caldo de cana, bem como apontar alternativas para produção de um caldo de cana seguro à população que o consome.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão de literatura foi realizada a partir do levantamento bibliográfico de publicações científicas nacionais e internacionais. Foram utilizados 61 artigos, entre os anos de 1971 e 2022 publicados nas bases de dados Science Direct, Periódicos CAPES, PubMed, SciELO e Google Scholar. Como descritores, em conjunto ou isolados, foram utilizados: “benefícios do caldo de cana”, “manipulação e caldo de cana”, “contaminação microbiana e caldo de cana” e “qualidade microbiológica caldo de cana” nas versões em português e inglês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O caldo de cana é sem dúvidas uma bebida amplamente consumida no país, sendo seu consumo feito em sua forma *in natura*. Uma das dificuldades encontradas em relação ao consumo de caldo de cana fresco é a sua elevada perecibilidade, o que resulta em um prazo de validade muito curto. Isto se relaciona às altas quantidades de compostos fenólicos e açúcares que sofrem, respectivamente, degradação enzimática pelas enzimas polifenol oxidase e peroxidase, e fermentação microbiana (11, 12).

Desde o cultivo até a extração do caldo de cana microrganismos potencialmente patogênicos podem ser inseridos na bebida sendo assim seu consumo *in natura* pode ocasionar prejuízo à saúde de seus consumidores. O contato com o solo por si só é fonte de microrganismos. O solo é um ambiente com uma grande diversidade microbiana e essa diversidade pode ser inerente ao solo ou adicionada a ele por fontes diversas, como

irrigação da planta com água não tratada. Os constituintes dessa diversidade podem ter uma relação neutra, positiva ou negativa com homens e animais, nesse último caso sendo considerados patógenos (13, 14, 15).

No caso do processo de extração do caldo de cana, apesar de simples, esse é um ponto crítico de contaminação dele, tendo em vista que pode ocorrer a introdução de novos microrganismos, do ambiente e do próprio manipulador, na bebida. As maiores contaminações do caldo de cana ocorrem durante a etapa de moagem e durante o armazenamento em recipientes para venda. Adiciona-se a esses pontos as falhas de manipulação, devido à ausência da adequada higienização por parte dos comerciantes (4, 16).

O estudo de Oliveira et al. (1) aponta que a maioria das não adequações às legislações de segurança de alimentos em ambientes de produção e venda do caldo de cana *in natura* deve-se, principalmente, à insuficiência de capacitação e treinamento em manipulação de alimentos em boas práticas, desconhecimento sobre o que são e qual a importância das condições higiênico-sanitárias adequadas, e DTHA, além de falta de infraestrutura, como rede de fornecimento de água, energia elétrica e sanitários. O acúmulo de funções, tais como extrair o produto para a comercialização, realizar a manipulação de dinheiro e retirar o lixo produzido também é um fator que pode prejudicar a qualidade microbiológica da bebida.

Muitos são as causas de contaminação no processamento da cana-de-açúcar, mas uma que muitas vezes é ignorada é o período de tempo entre a colheita da cana-de-açúcar e a moagem, já que manter esta matéria-prima por períodos longos à temperatura ambiente contribui para a multiplicação de microrganismos através do processo de deterioração (17). Acrescenta-se ao processo de deterioração do caldo de cana, uma vasta e diversificada microbiota natural da planta, que será inserida no caldo de cana, aumentando também o nível de contaminação deste produto final (4, 16).

A Tabela 1 apresenta alguns estudos dos últimos doze anos que detectaram a presença de microrganismos em caldo de cana de diferentes regiões do território brasileiro. Dentre os microrganismos mais pesquisados, podemos destacar os grupos coliformes totais e coliformes termotolerantes, bolores e leveduras, além da espécie *Escherichia coli*. Com relação às fontes para esta contaminação destaca-se a falta de boas práticas de manipulação da cana-de-açúcar. A presença de *Escherichia coli* e enterococos indicam contaminação fecal do caldo de cana, podendo causar doenças gastrointestinais no consumidor com sintomas como náuseas, diarreias, vômitos, dores abdominais e, em casos mais graves, podendo até levar a óbito (12).

Tabela 1 – Perfil microbiológico de caldo de cana em diversos Estados do Brasil.

Ano	Principais microrganismos identificados	Possível origem dos microrganismos	Referência
2007	Coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> .	Armazenamento de canas-de-açúcar diretamente no chão e/ou ao ar livre, sem limpeza antes de moê-la; manipulação de dinheiro e o produto sem higienizar as mãos, e uso de gelo de origem duvidosa.	18
2010	Coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> , <i>Salmonella sp.</i>	Baixa capacitação profissional dos manipuladores, pouco conhecimento sobre as condições higiênico-sanitárias adequadas, falta de infraestrutura; qualidade inadequada da matéria-prima.	23
2012	<i>Staphylococcus aureus</i>	Procedimentos inadequados de higiene, como servir o caldo de cana e manipular dinheiro; uso de panos aparentemente sujos para limpar as mãos; roupas, unhas e mãos sujas, e produtos encontrados prontos para a venda sem refrigeração.	3
2016	Bolores e leveduras, bactérias mesófilas aeróbias, coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> .	Falta de higienização dos utensílios usados em todo o processo produtivo; acondicionamento inadequado do produto; matéria-prima e produto exposto a grandes variações de temperatura e falta de proteção dos locais de venda contra perigos físicos e biológicos.	25
2017	Coliformes totais e termotolerantes.	Manipuladores não utilizavam proteção para os cabelos; descarte do bagaço da cana no chão ou em lixo sem tampa; manuseio do caldo e dinheiro ao mesmo tempo, e falta de percepção da necessidade de lavar as mãos.	21
2017	Coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> .	Não cumprimento das práticas higiênico-sanitárias tanto dos equipamentos para a moagem, quanto dos próprios manipuladores.	24
2018	Coliformes totais e termotolerantes.	Ausência de condições higiênico-sanitárias em todas as etapas de produção, transporte, armazenamento, manipulação e preparação.	26
2019	Bolores e leveduras, bactérias mesófilas aeróbias, coliformes totais e termotolerantes.	Matéria-prima excessivamente contaminada; higienização insuficiente na produção; limpeza e desinfecção de superfícies inadequadas e condições impróprias de tempo e temperatura durante a conservação dos alimentos.	20
2019	Coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> , Enterobactérias.	Falhas de boas práticas de manipulação da bebida e estocagem indevida da matéria-prima.	22
2022	Coliformes totais e termotolerantes, <i>E. coli</i> .	Precriedade das condições higiênico-sanitárias na fabricação, manipulação, estocagem, acondicionamento e armazenamento desta bebida.	19

Fonte – autoria própria

Atualmente, a Resolução – RDC n° 724, de 1° de julho de 2022 (27), que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação e, de maneira complementar, a Instrução Normativa n° 161, de 1° de julho de 2022 (28), que estabelece os padrões microbiológico dos alimentos, são as legislações que visam a segurança dos alimentos no Brasil. Nesta nova legislação, não há a especificação do caldo de cana (como acontecia na antiga RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001 (29)), devendo haver a categorização dessa bebida de acordo com similaridade com as categorias pré-estabelecidas, nesse caso pode-se encaixar o caldo de cana na categoria 12 (Bebidas Não Alcoólicas) categoria específica F (Sucos e outras bebidas "in natura" ou reconstituídas). Nesse sentido se preconiza a pesquisa de *Salmonella*/25 mL, devendo haver ausência na amostra analítica, *Escherichia coli*/mL para a qual existe um limite mínimo aceitável de $1,0 \times 10$ UFC/mL e limite máximo aceitável de $1,0 \times 10^2$ UFC/mL. Desta forma, observa-se que diversas amostras não estão de acordo com a legislação vigente, oferecendo risco aos consumidores.

Devido à falta de emprego e baixa qualificação profissional, vem sendo cada vez mais comum verificarmos a venda de alimentos e bebidas em vias públicas, sendo considerada como uma atividade socioeconômica e cultural, pois garante uma renda e meio de sobrevivência para uma categoria de pessoas excluídas socialmente. Esse comércio tido como ilegal conta, em sua maior parte, com o apoio da população. Por um lado, há a confiança da população de que produtos *in natura*, ou caseiros, são mais saudáveis, mas, por outro lado, há a ausência da conscientização de que os locais de venda desses tipos de alimentos possuem, em sua maioria, condições higiênico-sanitárias impróprias para garantir a segurança do produto para o consumidor e de que, com isso, estes alimentos produzidos podem transmitir doenças (3, 5, 16).

Devido à grande sensibilidade do caldo de cana ao processo de deterioração, bem como a carga microbiana inerente da cana e do próprio manipulador e ambiente de estocagem e/ou processamento, o aprimoramento de meios de preservação deste produto se torna essencial para aumentar sua vida-de-prateleira e, desta forma, aumentar também o seu consumo a longo prazo e a segurança aos consumidores (12).

Os resultados do estudo de Yusof, Shian, & Osman (30) apontam que é recomendável armazenar a cana-de-açúcar em baixa temperatura para obter um melhor rendimento. O armazenamento das canas à 27°C por mais de 4 dias diminui o rendimento de caldo radicalmente além de alterar a cor e sabor quando comparado a caldos obtidos de canas armazenadas a 10°C. Em relação ao caldo de cana recém-extraído e não pasteurizado, verificou-se que este pode ser mantido a 5°C por no máximo 4 dias. Em tempos superiores se observa a deterioração pela alteração de cor, sabor e aumento da viscosidade. Já quando armazenado a uma temperatura de 27°C a qualidade global do caldo de cana é comprometida em apenas um dia. Em relação à qualidade microbiológica, a contagem total de bactérias viáveis e lácticas no caldo armazenado (5°C ou 27°C) aumentou com o decorrer do tempo. Com relação aos fungos a refrigeração parece ter atuado de forma a prevenir o desenvolvimento.

Diversos métodos de conservação podem ser aplicados com o objetivo de prolongar a vida de prateleira dessa bebida. Esses métodos podem ser divididos em cinco classes: (i) uso de agentes clarificantes, (ii) uso de conservantes, (iii) técnicas de

processamento térmico, (iv) técnicas de processamento não térmico, e (v) combinação dos métodos citados anteriormente (tecnologia dos obstáculos), que possui como propósito combinar os benefícios de dois ou mais processos e superar as limitações individuais dos mesmos. (12).

O uso de agentes clarificantes promove a destruição de substâncias cromáticas que possuem ferro, evitando dessa forma a erosão de equipamentos utilizados no processo produtivo; a extração de polissacarídeos como a dextrana, que é produzida por microrganismos deteriorantes, uma vez que inibe esses microrganismos, evitando desta forma obstruções nas linhas de produção; a inibição de enzimas (polifenol oxidase e peroxidase); e a extração de compostos fenólicos, que previnem o escurecimento enzimático. (12). O estudo de Sartori, Magri e Aguiar (31) mostra que o uso de peróxido de hidrogênio no caldo de cana apresentou resultados positivos quanto à clarificação da bebida em temperaturas altas (maiores que 50°C), em concentrações de H₂O₂ superiores a 600 ppm e em valores de pH menores que 7, ou seja, em meio ácido. A bicarbonatação em alternativa ao tradicional método da sulfitação, também apresenta bons resultados, o que de fato justifica seu uso, uma vez que a sulfitação apresenta grande toxicidade devido ao enxofre e seus derivados (32).

A adição de conservantes químicos, como por exemplo permanganato de potássio e benzoato de sódio, aumentam o prazo de validade do produto. No entanto esses são considerados aditivos tóxicos quando consumidos por um longo período, o que pode causar prejuízo à saúde dos consumidores se estes forem consumidos acima do nível permitido (12).

Métodos convencionais de processamento térmico, como o processamento asséptico, UHT (do inglês *ultra-high temperature*) e pasteurização vêm sendo pesquisados para prolongar a vida útil do caldo de cana. Uma grande vantagem do processo de pasteurização é a garantia da segurança microbiológica, pois realiza a eliminação de microrganismos patogênicos. No entanto, variações drásticas de temperatura alteram as características sensoriais e nutricionais do caldo de cana o caldo de cana por induzir, por exemplo, o processo de Maillard e diminuir a quantidade de clorofila (33). O tratamento térmico também destrói muitos compostos relevantes para a saúde, como antioxidantes, ácidos graxos, proteínas, muitas vitaminas hidrossolúveis, minerais, e outros fitonutrientes, por ação de reações induzidas entre os aminoácidos e açúcares redutores (34). Com base no exposto fica claro o porquê de até o momento, apesar da eficácia dos tratamentos térmicos, estes não serem uma escolha tão simples quando se trata de caldo de cana.

Um dos principais obstáculos da área de conservação de alimentos é associar a preservação de alimentos à manutenção da qualidade e dos atributos nutricionais e sensoriais. Com isso, novas técnicas de processamento vêm sendo desenvolvidas, como as tecnologias não-térmicas.

Atualmente o aquecimento ôhmico vem sendo amplamente estudado em alimentos, esse é considerado um método não convencional no qual uma corrente elétrica é passada pela matriz alimentar promovendo um aquecimento instantâneo e homogêneo da amostra (35, 36), no entanto esse tratamento em caldo de cana resultou em destruição

de flavonóides e compostos fenólicos que ocorrem também no processamento térmico convencional (37, 38).

Na técnica de *spray drying* a bebida é pulverizada sobre uma grande corrente de ar aquecido, formando uma partícula sólida através da evaporação do solvente. Neste caso, o caldo de cana passaria a ser reconstituído quando fosse servido ao consumidor, apresentando uma significativa aceitabilidade sensorial (12, 39, 40, 41, 42, 43). A concentração por congelamento é mais uma técnica que pode ser utilizada para aumentar a vida útil do caldo de cana. Entretanto, seu uso comercial depende da otimização dos parâmetros do equipamento, como a bomba de calor (12).

Considerando técnicas não térmicas promissoras é importante destacar o processamento hidrostático, técnica que pode ser utilizada para reduzir a contagem de microrganismos vegetativos, assim como enzimas que causam o escurecimento (44, 45). Ademais, em caldo de cana, foram percebidas poucas alterações nas propriedades físico-químicas, o que garante uma maior conservação de nutrientes (46). Outra técnica que tem se mostrado eficiente para aumentar a vida útil do caldo de cana é o processamento por membrana, processo que desacelera a deterioração microbiana e enzimática (47). Devido à sua capacidade de aumentar a escala, custo reduzido e menor degradação do produto, a tecnologia de membranas também é vista como uma grande expectativa para manter o sabor original, aroma e perfil nutricional do caldo de cana (12).

Apesar de todos os benefícios citados essas técnicas também podem apresentar limitações. No caso do processamento com membranas, a principal limitação seria a formação de incrustações na linha de produção, que diminuiriam o rendimento do produto (48).

Outras tecnologias não térmicas já se mostraram incompatíveis com a bebida, O tratamento com ultravioleta parece não ter um resultado satisfatório e sua ineficiência parece estar relacionada à alta turbidez da bebida (49). O processamento por ultrassom leva ao prejuízo das propriedades físico-químicas, como sabor desagradável, descoloração e modificação de compostos (50). A tecnologia de plasma frio detém limitações em relação ao tamanho de amostra do lote e ao custo (51). A irradiação pode se defrontar com algumas dificuldades regulatórias e alguns empecilhos em relação à resistência do consumidor devido a desinformações sobre radioatividade e relação, inadequada, como danos às propriedades nutritivas e sensoriais (52). O tratamento com gás ozônio, em altas concentrações, pode apresentar instabilidade e toxicidade do próprio gás (53).

Apesar das diversas metodologias explicitadas, a preocupação com a conservação do caldo de cana vai além do objetivo primário de aumentar a sua vida-de-prateleira, sendo essencial no desenvolvimento de uma bebida mais segura a seus consumidores. Considerando a preservação da qualidade global dessa bebida, as boas práticas não devem jamais ser subestimadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compilação dos dados de literatura aponta que o caldo de cana possui um enorme potencial para disseminação de microrganismos, inclusive os potencialmente patogênicos. No entanto, os estudos focam em microrganismos que indicam apenas contaminação de origem fecal, oriunda da manipulação inadequada dessa cana por ausência de condições higiênico-sanitárias adequada nos ambientes de preparação da bebida, ainda sendo necessário se atentar à microbiota que acompanha a cana de açúcar e que não possui relação com contaminação de origem fecal.

Considerando, portanto, que existe um risco biológico no consumo dessa bebida, técnicas de conservação dela garantiriam sua qualidade microbiológica. Todavia as técnicas de conservação expostas neste trabalho precisam de local e equipamentos específicos para serem aplicadas, ou seja, não conseguem ser realizadas por garapeiros em comércios de rua. Desta forma, por essa ser uma bebida amplamente difundida no mercado nacional via comércio de rua, se faz necessário elaborar estratégias metodológicas para a elaboração de técnicas de conservação que sejam factíveis de serem colocadas em prática por esses comerciantes.

Na ausência dessas técnicas *in loco* fica clara a necessidade de intervenções no comércio de rua por órgãos fiscalizadores com o intuito de cumprir as legislações e conceder uma bebida segura aos consumidores. No entanto é importante ressaltar que muitos produtores da bebida desconhecem os riscos associados à manipulação inadequada e falta de higienização da cana. Desse modo parece essencial criar estratégias de conscientização e educação constante dos manipuladores em boas práticas de fabricação de forma a manter a qualidade no comércio de alimentos de rua, algo natural do cotidiano dos brasileiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) pelo espaço e apoio constante ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- (1) Nogueira, F. A. G., Zanão, C. F. P., Souza, C. W. O., Spoto, M. H. F. Análise das condições do comércio de caldo de cana em vias públicas de municípios paulistas. *Segurança Alimentar e Nutricional*. 2006; 13(2): 6-18.
- (2) Homaida, M. A., Yan, S., Yang, H. Effects of ethanol treatment on inhibiting fresh-cut sugarcane enzymatic browning and microbial growth. *LWT*. 2017; 77: 8-14.
- (3) Norberg, A. N., de Oliveira, J. T. M., Monteiro, A. N., Sanches, F. G., Ribeiro, P. C., Serra-Freire, N. M. Análise qualitativa e quantitativa de caldos de cana comercializados na região da Baixada Fluminense, estado do Rio de Janeiro, Brasil, quanto à poluição por *Staphylococcus aureus*. *Ciência & Tecnologia*. 2012; 12(2): 54-59.

- (4) Prado, S. D. P. T., Bergamini, A. M. M., Ribeiro, E. G. A., Castro, M. D. C. S., de Oliveira, M. A. Avaliação do perfil microbiológico e microscópico do caldo de cana in natura comercializado por ambulantes. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. 2010; 69(1): 55-61.
- (5) dos Santos, J. V. D. A., da Silva, G. R., Gandra, L. P., Kwiatkowski, A., Gomes, A. D. S. G. Propriedades da cana-de-açúcar e qualidade da bebida brasileira caldo de cana. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*. 2021; 1(56): 238-247.
- (6) Nocelli, R. C. F., Zambon, V., Guilherme, O., da Silva, M., de Castro Morini, M. S. Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. *Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. 2017; 1: 13-30.
- (7) Anis, M., Iqbal, M. Antipyretic utility of some Indian plants in traditional medicine. *Fitoterapia*. 1986; 57(1): 52-55.
- (8) Karthikeyan, J., Samipillai, S. Sugarcane in therapeutics. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*. 2010; 4 (1): 9-14.
- (9) Prati, P., Camargo, G. A. Características do caldo de cana e sua influência na estabilidade da bebida. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*. 2008; 2 (1): 37-44.
- (10) Madhavi, R., Gauri, D., Snehal, B., Milita, V. A step towards enhancement of shelf life of sugarcane juice. *Editorial Board*. 2020; 9 (6): 106-112.
- (11) Eggleston, G. Positive aspects of cane sugar and sugar cane derived products in food and nutrition. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018; 66 (16): 4007-4012.
- (12) Panigrahi, C., Shaikh, A. E. Y., Bag, B. B., Mishra, H. N., De, S. A technological review on processing of sugarcane juice: Spoilage, preservation, storage, and packaging aspects. *Journal of Food Process Engineering*. 2021; 44(6): 1-19.
- (13) Baumgardner, D. J. Soil-related bacterial and fungal infections. *The Journal of the American Board of Family Medicine*. 2012; 25 (5), 734-744.
- (14) Steffan, J. J., Brevik, E. C., Burgess, L. C., Cerdà, A. The effect of soil on human health: an overview. *European journal of soil Science*. 2018; 69 (1): 159-171.
- (15) Steffan, J. J., Derby, J. A., Brevik, E. C. Soil pathogens that may potentially cause pandemics, including severe acute respiratory syndrome (SARS) coronaviruses. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2020; 17: 35-40.

- (16) Brezovsky, F. R., Valiatti, T. B., Romão, N. F., Passoni, G. P., Sobral, F. D. O. S. Avaliação microbiológica e microscópica do caldo de cana comercializado em Ji-Paraná. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*. 2016; 20 (2): 111-115.
- (17) Solomon, S., Singh, P. Efficacy of electrolyzed water to minimize postharvest sucrose losses in sugarcane. *Sugar Technology*. 2009; 11 (2): 228–230.
- (18) Carvalho, L. R. Magalhães, J. T. Avaliação da qualidade microbiológica dos caldos de cana comercializados no centro de Itabuna-BA e práticas de produção e higiene de seus manipuladores. *Revista Baiana de Saúde Pública*. 2007; 31 (2): 238-245.
- (19) de Carvalho, K. A. R., Sandmann, P. H. D., Mozzaquattro, V., Deecken, B. P., Bassetto, K. V., da Silva, G. V. F., Vieira, T. B. Condições Higiênico-sanitárias e qualidade microbiológica do caldo de cana “in natura” comercializado em Sinop–MT. *Scientific Electronic Archives*. 2022; 15 (2): 63-71.
- (20) Galvão, K. N. C., Teixeira, V. M. C., Campos-Shimada, L. B., Bagatin, M. C., de Oliveira Valoto, A. L. Análise microbiológica do caldo de cana comercializado por vendedores ambulantes no município de campo Mourão-PR. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*. 2019; 14 (1): 21-26.
- (21) Gassen, G. S., de Peder, L. D., & da Silva, C. M. Análise da qualidade microbiológica do caldo de cana comercializado em um município da região oeste do paraná. *Colloquium Vitae*. 2017; 9 (3): 07-12.
- (22) Reis, M. M., Sousa, Z. L. Avaliação microbiológica do caldo de cana comercializado por ambulantes na cidade de Ilhéus-BA. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*. 2019; 14 (2): 18-24.
- (23) Silva, A. S., Galvão, L. G. V., Santos, J. C., & Campos, M. C. Avaliação microbiológica do caldo de cana comercializado na orla marítima da cidade de Salvador-Bahia. *Revista Virtual*. 2010; 6 (2): 74-85.
- (24) Simionato, E. M. R. S. Mafei, T. D. T. Avaliação das condições higienicossanitárias de caldo de cana comercializado por ambulantes no município de Bauru/SP, Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde/Brazilian Journal of Health Research*. 2017; 19 (2): 21-28.
- (25) Sprenger, L. K., Risolia, L. W., Hamdar, S. Z., Molento, M. B. Análise microbiológica de caldos de cana comercializados em Curitiba, Paraná. *Archives of Veterinary Science*. 2016; 21 (4): 1-7.
- (26) da Silva Xavier, C. G., Bacelar, R. G. A., dos Santos, E. J. R., Ianiceli, J. A., Brito, M. C., Muratori, M. C. S. Condições higiênico-sanitárias do caldo de cana de açúcar comercializado em Teresina–Piauí. *Pubvet*. 2018; 12 (11): 1-6.

- (27) Brasil. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União. 01 jul 2022.
- (28) Brasil. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União. 01 jul 2022.
- (29) Brasil. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União. 02 jan 2001.
- (30) Yusof, S., Shian, L. S., Osman, A. Changes in quality of sugar-cane juice upon delayed extraction and storage. *Food Chemistry*. 2000; 68: 395–401.
- (31) Sartori, J. A. D. S., Magri, N. T. C., Aguiar, C. L. D. Clarificação de caldo de cana-de-açúcar por peróxido de hidrogênio: efeito da presença de dextrana. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2015; 18: 299-306.
- (32) Araújo, F. D. Processo de clarificação do caldo de cana pelo método da bicarbonatação. *Revista Ciências e Tecnologia*. 2007; 1: 1-5.
- (33) Chauhan, O. P., Singh, D., Tyagi, S. M., Balyan, D. K. Studies on preservation of sugarcane juice. *International Journal of Food Properties*. 2002; 5 (1): 217–229.
- (34) Burri, J., Bertoli, C., Stadler, R. H. Process-induced food toxicants: occurrence, formation, mitigation, and health risks. *Food processing and nutritional aspects*. 2009; 645-678.
- (35) Cappato, L. P., Ferreira, M. V., Guimaraes, J. T., Portela, J. B., Costa, A. L. R., Freitas, M. Q., Cunha, R.L., Oliveira, C.A.F., Mercali, G.D., Marzack, L.D.F., Cruz, A. G. Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*. 2017; 62: 104–112.
- (36) Alkanan, Z. T., Altemimi, A. B., Al-Hilphy, A. R., Watson, D. G., Pratap-Singh, A. Ohmic Heating in the Food Industry: Developments in Concepts and Applications during 2013–2020. *Applied sciences*. 2021; 11(6), 2507.
- (37) Sakr, M., Liu, S. A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 39: 262–269.
- (38) Brochier, B., Mercali, G. D., & Marczak, L. D. F. Influence of moderate electric field on inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase and on phenolic compounds of sugarcane juice treated by ohmic heating. *LWT Food Science and Technology*. 2016; 74: 396–403.

- (39) Broadhead, J., Edmond Rouan, S. K., Rhodes, C. T. The spray drying of pharmaceuticals. *Drug development and industrial pharmacy*. 1992; 18 (11-12): 1169-1206.
- (40) Masters, K. *Spray Drying Handbook*. 4. ed. Londres: George Godwin, 1985.
- (41) Nonhebel G., Moss A.A.H. *Drying of Solids in the Chemical Industry*. Butterworths. 1971; 253-263.
- (42) Rankell, A.S., Lachman, L., Lieberman, H. A., Kanig, J. L. Teoria e prática na indústria farmacêutica. Calouste Gulbenkian. 2001; 1: 83-112.
- (43) Shaw, F. V. Spray drying as an alternative granulation technique. *Drugs and the pharmaceutical sciences*. 1997; 81: 75-98.
- (44) Sreedevi, P., Jayachandran, L. E., Rao, P. S. Kinetic modeling of high pressure induced inactivation of polyphenol oxidase in sugarcane juice (*Saccharum officinarum*). *Journal of the Science of Food & Agriculture*. 2019; 99: 2365–2374.
- (45) Sreedevi, P., Rao, P. S. Microbial destruction kinetics of high pressure processed sugarcane juice (*Saccharum officinarum*). *Journal of Food Process Engineering*. 2018; 41: e12850.
- (46) Sreedevi, P., Jayachandran, L. E., Rao, P. S. Browning and bioactive composition of sugarcane juice (*Saccharum officinarum*) as affected by high hydrostatic pressure processing. *Journal of Food Measurement & Characterization*. 2018; 12: 1962–1971.
- (47) Panigrahi, C., Mondal, M., Karmakar, S., Mishra, H. N., De, S. Shelf life extension of sugarcane juice by cross flow hollow fibre ultrafiltration. *Journal of Food Engineering*. 2020; 274: 109880.
- (48) Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., Dutta, S. Fruit juice processing using membrane technology: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2017; 43: 136–153.
- (49) Guerrero-Beltrán, J. A., Barbosa-Cánovas, G. V. Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*. 2004; 10: 137–147.
- (50) Ravikumar, M., Suthar, H., Desai, C., Gowda, S. A. Ultrasonication: An advanced technology for food preservation. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017; 5: 363–371.
- (51) Pankaj, S. K., Wan, Z., Keener, K. M. Effects of cold plasma on food quality: A review. *Foods*. 2018; 7 (1): 4.

- (52) Ornellas, C. B. D., Gonçalves, M. P. J., Silva, P. R., Martins, R. T. Consumer attitude towards food irradiation. *Food Science & Technology*. 2006; 26: 211–213.
- (53) Prabha, V. I. T. H. U., Barma, R. D., Singh, R. A. N. J. I. T., Madan, A. Ozone technology in food processing: A review. *Trends in Biosciences*. 2015; 8: 4031–4047.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Gestão da Qualidade e Segurança em Serviços de Alimentação

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DOS PREDITORES DE COMPORTAMENTO PARA A MANIPULAÇÃO SEGURA DOS ALIMENTOS

Carolina Bottini Prates¹; Laís Mariano Zanin²; Elke Stedefeldt³

¹Estudante do Curso de Pós-graduação em Nutrição da Universidade Federal de São Paulo - PPGNUT – UNIFESP.

²Docente do Depto de Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – FMRP/USP.

³Docente do Depto de Medicina Preventiva da Universidade Federal de São Paulo - DPM – UNIFESP.

Introdução: A validação de conteúdo dos questionários por juízes experts e pelo público-alvo é essencial na garantia da fiel mensuração dos preditores de comportamento. **Objetivo:** Construir e validar o conteúdo de um questionário para investigar os preditores de comportamento de manipulação segura dos alimentos em serviços de alimentação baseado na Teoria do Comportamento Planejado. **Método:** O questionário foi desenvolvido a partir de estudo qualitativo prévio e incluiu questões de medida direta (dez questões) e indireta (24 questões) de atitude, norma subjetiva, controle comportamental percebido e intenção. As questões indiretas consistiram de avaliação de crenças x avaliação de resultados (atitude), crenças x motivação (norma subjetiva) e crenças x influência das crenças de controle (controle comportamental percebido). As respostas foram coletadas usando escala Likert de 5 pontos. Os escores variaram de 1 a 5 para construtos de medida direta e de 1 a 25 para construtos de medida indireta. O questionário foi submetido a cinco juízes experts para avaliação da clareza, pertinência teórica e relevância prática. Foi calculado o coeficiente de validade de conteúdo (CVC), considerando-se adequadas as questões que tiveram $CVC > 0,75$. Após validação pelos juízes experts e adequação das questões, o questionário foi avaliado por 25 manipuladores de alimentos quanto a compreensão e a clareza. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Paulo sob número 0276/2022. **Resultados:** Na avaliação dos juízes experts, oito questões não apresentaram CVC adequado ($> 0,75$) no quesito clareza, duas no quesito pertinência teórica e uma no quesito relevância prática. Uma questão não alcançou CVC adequado em todos os quesitos. Estas nove questões com CVC inadequado passaram por modificações na linguagem. Duas questões foram excluídas por serem repetitivas. Todas questões atingiram CVC adequado na avaliação do público-alvo ($> 0,75$). Os manipuladores de alimentos eram em sua maioria do sexo masculino (96%), realizaram treinamento em segurança dos alimentos (96%) e apresentaram idade média de 35,3 (DP=13,30) anos. Os construtos de medida indireta apresentaram pontuação média de 20,9 (DP=3,39) para normas subjetivas, 20,5 (DP=2,90) para atitude e 12,6 (DP=3,87) para controle comportamental percebido. Os construtos de medida direta apresentaram pontuação média de 4,88 (DP=0,32) para atitude, 4,0 (DP=0,80) para norma subjetiva, 4,2 (DP=0,61) para controle comportamental percebido e 4,7 (DP=0,48) para intenção. **Conclusão:** O questionário final apresentou 32 questões com clareza, relevância prática e pertinência teórica e se mostrou adequado para investigar os preditores de comportamento de manipulação segura dos alimentos.

Palavras-chave: Teoria do Comportamento Planejado, segurança dos alimentos, manipulador de alimentos, validação de conteúdo.



QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E ÍNDICE DE SEGURANÇA DE FÓRMULAS INFANTIS PREPARADAS EM LACTÁRIO HOSPITALAR

Deborah Rodrigues Siqueira¹; Maria Lúcia Mendes Lopes²; Silvia Magalhães Couto Garcia³

¹Nutricionista do lactário do Hospital Universitário Pedro Ernesto – HUPE - Divisão de Nutrição – DINUTRI – Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

²Docente/pesquisador do Departamento de Nutrição Básica e Experimental. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Nutrição Josué de Castro - INJC.

³Docente/pesquisador do Departamento de Nutrição e Dietética. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Nutrição Josué de Castro - INJC.

Introdução: As doenças transmitidas por alimentos são consideradas um problema de saúde pública eminente e são causadas por ingestão de alimento ou água contaminada. **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade microbiológica e o índice de segurança de fórmulas infantis preparadas no lactário. **Métodos:** Foram analisadas 28 amostras de água utilizadas para reconstituição de fórmulas em pó e 28 amostras de fórmulas infantis reconstituídas. O índice de segurança (IS) foi calculado com base na análise das temperaturas da água de reconstituição e da geladeira de conservação das fórmulas reconstituídas, considerando como meta os parâmetros de temperaturas propostos pelas legislações específicas. **Resultados:** As amostras de água apresentaram ausência de coliformes a 35 °C/mL e contagem de bactérias aeróbias mesófilas totais abaixo dos limites permitidos pela legislação. As amostras de fórmulas infantis reconstituídas apresentaram ausência de coliformes a 45 °C, estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp e para coliformes a 35 °C as amostras não ultrapassaram os valores permitidos pela legislação. As temperaturas médias da água nos turnos da manhã e da tarde foram, respectivamente, 89 °C e 91,5 °C e o IS foi de 0,98. As temperaturas médias da geladeira foram 2,5 °C e 3,1 °C e IS de 0,99. **Conclusão:** Evidenciou-se que, tanto as amostras de água como as amostras de fórmulas infantis estavam adequadas para o consumo humano. O IS obtido revelou grau satisfatório de cumprimento das exigências da legislação vigente. O monitoramento destas etapas é fundamental para garantia da qualidade das fórmulas produzidas.

Palavras-chave: Segurança alimentar e nutricional; Conservação de alimentos; Fórmulas infantis.



COMPORTAMENTOS DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR DE USUÁRIOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL

Mariana de Melo Cazal¹; Fernando Eustáquio de Matos Junior¹; Vivian Molica de
Andrade Moreira²; Micheline Gomes Bispo³

¹Docente do Depto de Nutrição, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade Federal
de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares – UFJF.

²Nutricionista do Depto de Nutrição, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade
Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares – UFJF.

³Nutricionista egressa do Curso de Nutrição da Universidade Federal de Juiz de Fora,
Campus Governador Valadares – UFJF

Introdução: o propósito da Unidade de Alimentação e Nutrição é a promoção e manutenção da saúde, preconizando a ingestão de alimentos com adequado controle higiênico-sanitário. Todavia, a atitude inadequada do usuário pode ser um risco para o surgimento de Doenças Transmitidas por Alimentos no momento da distribuição de refeições. **Objetivo:** identificar os comportamentos de risco de contaminação alimentar praticados pelos usuários, no momento da distribuição das refeições, no restaurante universitário de uma instituição de ensino superior federal localizada em Minas Gerais. **Métodos:** trata-se de uma pesquisa exploratória com técnica de observação sistemática. Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada uma lista de verificação para controle e quantificação do número de consumidores que praticavam comportamentos de risco sanitário no momento do autosserviço. A amostragem para a escolha dos participantes foi realizada por conveniência, sendo selecionados todos os consumidores que compareceram ao restaurante universitário durante a distribuição do almoço no dia 29 de agosto de 2022. **Resultados:** do total de usuários que compareceram ao restaurante universitário na data citada (n=285), 87,71% foram avaliados (n=250). Os comportamentos de risco de contaminação alimentar mais observados foram: não higienizar as mãos antes de utilizar o self-service (85,2%); falar em cima das preparações no balcão de distribuição (45,6%); organizar o prato com o utensílio usado no porcionamento da preparação (44,5%) e deixar os cabelos soltos durante a distribuição da refeição (33,3%). **Conclusão:** os usuários do restaurante avaliados apresentaram alguns comportamentos de riscos de contaminação alimentar, sobretudo, em relação a ausência da higienização das mãos antes de se servirem. Tais resultados alertam para a necessidade de intervenção neste público com práticas educativas a fim de prevenir a contaminação cruzada e evitar a ocorrência de doenças transmitidas por alimentos.

Palavras-chave: Higiene; Doenças Transmitidas por Alimentos; Serviços de Alimentação



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Gestão da Qualidade e Segurança na Indústria de Alimentos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



**ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DO PERFIL LIPÍDICO DA POLPA
DE AÇAÍ E DERIVADOS LÁCTEOS À BASE DE FRUTAS**

**Francisca Vanessa Maia Pinto¹; Edla Rayane de Oliveira Lemos²; Crisiana de
Andrade Nobre³; Yago Queiroz do Santos⁴; Luana Guabiraba Mendes⁴; Maria
Aparecida Liberato Milhome⁴.**

¹Estudante do Curso de Bacharelado em Nutrição do IFCE- Limoeiro do Norte

²Estudante do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos – PGTA – IFCE- Limoeiro do Norte.

³Pesquisadora do Núcleo de tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará-NUTEC

⁴Docentes/Pesquisadores do PGTA/ IFCE- Limoeiro do Norte.

As polpas de frutas e os iogurtes são alimentos processados de grande relevância na indústria alimentícia. Esses produtos contêm excelentes teores de sólidos totais e proteínas, contudo também possuem níveis elevados de gordura. Assim, faz-se necessária a análise do teor de lipídios desses alimentos para se monitorar a qualidade nutricional. A pesquisa visa realizar análises cromatográficas em amostras comerciais de iogurtes e polpas à base de frutas através da identificação do perfil de ácidos graxos, identificando as variações que podem comprometer a saúde do consumidor. Foram analisados 8 produtos comerciais: IA – Iogurte de ameixa; IBM – Iogurte de banana com maçã; IFV – Iogurte de frutas vermelhas; IG – Iogurte de graviola; IM – Iogurte de morango; MAB3 – Iogurte de açaí com banana; NAB – Polpa de açaí com banana (marca N); PAB – Polpa de açaí com banana (marca P). Para a extração de lipídios das amostras utilizou-se o método de Soxhlet, e em seguida, fez-se a reação de transesterificação e posterior inserção no Cromatógrafo Gasoso com Detector de Ionização em Chamas – CG-FID. A quantificação foi realizada pelo método de normalização, através do cálculo da porcentagem de área do pico (A_{gi}) correspondente ao constituinte em relação à soma das áreas de todos os picos (ΣA), com os resultados expressos em porcentagem de área do componente (éster metílico). Com base nos resultados obtidos nas análises, a partir do método de identificação por CG-FID foi possível detectar cerca de 18 ácidos graxos diferentes presentes nas 8 amostras com concentrações distintas. Constatou-se a maior concentração de ácidos graxos saturados (AGS), seguido de ácidos graxos insaturados (AGI), monoinsaturados (AGMIs), ômega 9 (w-9), poliinsaturados (AGPIs), trans (AGT), ômega 6 (w-6) e ômega 3 (w-3). Verificou-se também o teor de gordura trans nas amostras, em que se identificou concentrações do ácido graxo linolelaídico (C18:2n6t) nas polpas de açaí com banana e no iogurte de frutas vermelhas (IFV) a presença de ácido graxo elaídico (C18:1n9t). Com isso, as análises da cromatografia gasosa identificaram nas 8 amostras, pequenos traços de gordura trans e maiores concentrações de ácidos graxos saturados, como mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), os quais são associados a doenças coronarianas, como a arteriosclerose. Deste modo, torna-se importante a continuidade de pesquisas para aperfeiçoar as técnicas industriais para conservar o valor nutricional dos alimentos comerciais e minimizar os impactos negativos à saúde humana.

Palavras-chave: Ácidos graxos; Cromatografia gasosa; Iogurte; Polpa de fruta;



BIOSSENSOR COLORIMÉTRICO DE PAPEL PARA DETECÇÃO RÁPIDA DE *Escherichia Coli* EM ÁGUA POTÁVEL

Arthur Alves Coelho¹; Eduarda Pereira Soares Dias²; Pedro Victor Valadares Romanholo³; Lívia Florio Sgobbi⁴

¹Estudante do Curso de Biotecnologia- IPTSP – UFG.

²Estudante do Curso de Biotecnologia- IPTSP – UFG.

³Estudante de Doutorado do Instituto de Química- IQ – UFG.

⁴Docente do Instituto de Química- IQ – UFG.

Introdução. Cerca de 1,8 milhões de mortes por doenças entéricas ocorrem a cada ano devido a patógenos transmitidos por água e alimentos contaminados, o que configura um cenário preocupante de saúde pública no Brasil e no mundo. Segundo a Portaria de nº 888/2021 do Ministério da Saúde, estabelece-se que coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) devem estar ausentes em amostras de água potável. Nesse sentido, tecnologias de diagnóstico microbiológico rápidas, não-destrutivas, simples e acessíveis ou PoCTs (*point of care testing technologies*) destacam-se como ferramentas essenciais para a profilaxia e aprimoramento das medidas higiênico-sanitárias de controle destas doenças. **Objetivo.** Este trabalho se dedicou ao desenvolvimento de um dispositivo microfluídico baseado em plataforma de papel para diagnóstico de bactérias *E. coli* em água, a partir da detecção da enzima intracelular β -galactosidase (β -GAL). **Métodos.** A zona de detecção do dispositivo foi construída em papel cromatográfico e no formato de spots circulares com 5 mm de diâmetro impressos em impressora de deposição de tinta a base de cera. O substrato Orto-Nitrofenil- β -D-Galactopiranosídeo (ONPG) e a enzima β -galactosidase foram obtidos comercialmente para construção de curva padrão analítica. A determinação do perfil cinético da reação enzimática foi avaliada a partir de espectrofotometria de UV-VIS e a leitura colorimétrica da reação em papel foi realizada qualitativamente por inspeção visual e quantitativamente a partir da mensuração da intensidade de cinza por meio do software ImageJ. **Resultados.** A análise de perfil cinético-enzimático demonstrou absorvância máxima da reação entre substrato e a enzima no comprimento de onda de 415 nm e em concentrações de ONPG 14 mM e β -GAL 1 U/mL. Em ensaios realizados nos spots construídos em papel cromatográfico, obteve-se um perfil de correlação linear ($R^2 > 0,8$) entre a concentração de β -GAL (0-200 U/mL) presente na amostra e o valor da intensidade média de cinza apresentada na zona de reação e determinou-se concentração ótima de ONPG para a reação enzimática em spot, 14 mM. **Conclusão.** A pesquisa demonstrou a aplicabilidade do uso do substrato ONPG para detecção de β -GAL em amostras de água, como uma forma de diagnóstico de *E. coli* a partir de um biossensor em papel, corroborando com a necessidade emergente destas tecnologias no mercado de testes rápidos brasileiros e no setor de controle de vigilância sanitária e de saúde pública.

Palavras-chave: Biossensor; *Escherichia coli*; Água potável; Controle de qualidade.

USO DE BOAS PRÁTICAS DE TRANSPORTE COMO ESTRATÉGIA NA PREVENÇÃO DE DANOS FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS SUSCETÍVEIS NA FARINHA DE TRIGO

IZABEL CRISTINA DE ALMEIDA SILVA¹; CARLOS ARTUR NASCIMENTO
ALVES²; SOCORRO VANESCA FROTA GABAN³

¹ Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – CCA – UFC. ²Doutorando em Ciência e tecnologia de Alimentos do Depto de Engenharia de Alimentos – CCA – UFC; ³Docente/pesquisador do Depto de Engenharia de Alimentos – CCA – UFC.

Introdução: A farinha de trigo é um produto que possui suscetibilidade à fungos e pragas e tem a umidade como um dos seus principais parâmetros de qualidade. Um possível vetor de danos físicos e microbiológicos é o percurso que esse alimento faz até chegar à mesa do consumidor. Nesse sentido, a política de transportes é um dos grandes pontos de controle desses indicadores segundo Resolução RDC N° 275, de 21 de outubro de 2002. **Objetivo:** O presente estudo tem como finalidade avaliar a aplicação de boas práticas de transporte nos indicadores de qualidade em uma determinada indústria moageira de trigo na cidade Fortaleza no estado do Ceará. **Métodos:** A pesquisa mensurou os dados coletados dos índices de reclamações de consumidores em relação à contaminação por pragas e mofo, como também umidade elevada e empedramento do produto farinha de trigo entre os meses de janeiro de 2021 e dezembro de 2022. **Resultados:** Com base nos dados avaliados, foi possível identificar uma redução de 22,8% nos índices reclamados, após a implantação da política de transporte. O resultado do estudo aponta uma queda de 39,13% em 2022 nas reclamações por umidade, no mesmo período quando comparado ao ano de 2021. O índice de contaminação por pragas reduziu em 11,76% no ano de 2022. **Conclusão:** É possível perceber a influência positiva das boas práticas nos resultados dentro da indústria de alimentos. A busca pela entrega de um produto de qualidade ao consumidor gera o aumento de cuidados no processo produtivo. As boas práticas de transporte contribuíram na redução de reclamações após sua implantação na empresa estudada, tendo como resultado a maior satisfação de seus clientes. A entrega de um alimento seguro está diretamente ligada ao uso das boas práticas e de uma política sólida de qualidade.

Palavras-chave: Qualidade; Umidade; Indústria.



FOOD DEFENSE: UMA ABORDAGEM NA ÁREA DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS

Elaine Leão Inácio de Melo Andrade¹; Flavio Ezequiel de Andrade²; Gilberto
Carvalho de Oliveira³; Otniel Freitas-Silva⁴

¹Estudante do Curso de Doutorado em Alimentos e Nutrição - PPGAN - UNIRIO.

²Estudante do Curso de Doutorado em Engenharia de Produção - TPP – UFF.

³Docente/pesquisador do Instituto de Relações Internacionais e Defesa - IRID – UFRJ.

⁴Pesquisador da Embrapa Agroindustrial de Alimentos – EMBRAPA.

Introdução: A segurança dos alimentos é uma preocupação crescente em todo o mundo, à medida que os consumidores se tornam mais conscientes dos riscos associados à ingestão de produtos contaminados. Além das preocupações tradicionais relacionadas à segurança de alimentos, como as contaminações microbiológicas, físicas e químicas não intencionais, emerge em 2001, nos Estados Unidos, devido aos atentados terroristas, a preocupação com possibilidades de contaminações dos alimentos de forma intencional, e com isso a necessidade de um programa que visa proteger os alimentos. *Food Defense* estabelece a sistemática de proteção a cadeia de suprimento de alimentos, avaliando e mitigando os perigos que possam atingir as matérias-primas, os alimentos produzidos e as embalagens, bem como fornecendo orientações sobre abordagens para a proteção do negócio contra atos intencionais de contaminação, sabotagem ou adulteração, minimizando o impacto destes ataques caso venham a ocorrer. No contexto das indústrias de alimentos brasileiras, é crucial entender os fatores críticos de sucesso para uma implantação eficaz de programas de Food Defense. Esses fatores são elementos-chave que afetam a eficácia e a sustentabilidade das estratégias de defesa alimentar usadas pelas empresas. Identificar e abordar esses fatores críticos são passos fundamentais para garantir a segurança e a integridade dos alimentos produzidos e consumidos. **Objetivo:** Este trabalho teve como objetivo explorar a importância dos critérios de *Food Defense* nas indústrias de alimentos brasileiras, destacando os fatores críticos de sucesso associados à sua implantação. **Métodos:** O estudo contou com a avaliação da resposta de 50 empresas a um questionário com 30 requisitos de *food defense* e a análise dos dados foi realizada com a Análise de Correspondência e estatística descritiva. Os atributos abordados foram referentes ao nível de relevância como fator crítico de sucesso na proteção de qualquer indústria de alimentos contra um ataque de contaminação de forma intencional. **Resultados:** Quanto a certificação, 76% das empresas pesquisadas atendem a norma BRCGS (British Retail Consortium Global Standard), 20 % atendem a norma FSSC (*Food Safety System Certification*) 22000 e 10% a ISO (*International Organization for Standardization*) 22000. Das 50 empresas pesquisadas, somente 3 não exportavam seus produtos. Sendo as demais pertencente às categorias: 38% de abate de animais e produção de carnes, 14% de produção de sucos, 8% beneficiamento de arroz, café, cereais, fabricação de massas e panificação, o restante está bem pulverizado em diversos segmentos. 82% das empresas pesquisadas possuem mais de 10 anos de atuação no mercado, 14% entre 5 e 10 anos e 4 % menos que 5 anos. Quanto a existência de um Plano de Food Defense, 98% das empresas responderam que possuem um plano implantado e 76% responderam que realizam testes anuais ao sistema de alerta aos perigos potenciais de atos de sabotagem, vandalismo ou terrorismo. **Conclusão:** O presente estudo constata que empresas que exportam seus produtos possuem certificações nas normas: BRCGS, FSSC 22000 e ISO 22000 e que 98% das empresas pesquisadas possuem um plano de *Food*

Assista a apresentação deste trabalho apontando sua câmera para o Qr-code

Defense, o que sinaliza uma efetiva cobrança dos países importadores quanto a esta exigência. Constata-se também que somente 76% fazem simulação anual de invasão com a finalidade de testar a efetividade do plano, seja através de agentes internos (da própria empresa) ou através de agentes externos contratados, o que faz sentido ao constatar que o teste anual de invasão é um requisito somente da norma BRCGS e que 76% das empresas pesquisadas atendem a esta norma especificamente. Conclui-se que o presente trabalho pode contribuir com a padronização, redução e priorização dos requisitos, partindo da análise das diferentes normas e da expertise das empresas certificadas, de forma a facilitar o processo de readequação das empresas já certificadas e implantação dos requisitos *Food Defense* para as empresas que buscam certificações em segurança de alimentos.

Palavras-chave: Food defense; Segurança de alimentos; Fatores críticos de sucesso; Contaminação intencional.

Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





Capítulo 34

DOI: 10.53934/08082023-34

IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE (PACs) PARA A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: UMA REVISÃO

Allana Thais Pereira da Silva¹  e Gerla Castello Branco Chinelate^{2*} 

¹Estudante de Engenharia de alimentos – UFAPÉ; e-mail: allanathais56@gmail.com

^{2*}Professora do curso de Engenharia de alimentos – UFAPÉ; e-mail: gerla.chinelate@ufape.edu.br

Resumo:

Os programas de autocontrole (PACs) são essenciais na indústria de alimentos para garantir a segurança e qualidade dos produtos fabricados, cumprindo as regulamentações governamentais e protegendo a saúde dos consumidores. Esses programas abrangem todos os setores da fábrica, desde a recepção da matéria-prima até a saída do produto final, e são baseados em ferramentas de qualidade como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), os Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e o Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Os PACs exigem monitoramento contínuo para garantir a conformidade legal com a adoção de boas práticas de fabricação. A implementação desses programas de autocontrole é fundamental para a indústria de alimentos, uma vez que eles asseguram a qualidade, integridade e segurança dos produtos. Eles envolvem inspeções regulares, controle de matérias-primas, higienização, análises laboratoriais e outras atividades para evitar falhas no processo e garantir a conformidade. O sucesso do programa de autocontrole depende da colaboração de todos os colaboradores da empresa, buscando aprimorar a qualidade, reduzir erros de processo e desperdícios e produzir alimentos seguros de acordo com os requisitos de qualidade para atingir a excelência. Através deste trabalho, com o objetivo de realizar um levantamento bibliográfico sobre o assunto, concluiu-se que a gestão da qualidade é de extrema importância na indústria de produtos lácteos, mas a qualidade vai além disso, envolvendo aspectos como atingir parâmetros legais, aprimoramento de processos tecnológicos e satisfação do cliente, membros da empresa e sociedade.

Palavras-chave: alimentos; autocontrole; gestão; qualidade; segurança de alimentos.

Abstract:

The Autocontrol Programs (PACs) are essential in the food industries in order to guarantee the security and quality of the products, fulfilling the governmental regulations and protecting the consumers health. These programs comprehend all sectors of the industry, from the reception of raw material to the shipping of the final product, and are based in tools of quality like the Good Practices of Fabrication (BPF), the Hygiene Standard Operational Procedures (PPHO) and the Dangers and Critical Control Points Analysis Program (APPCC). The PACs require continuous monitoring to guarantee the legal conformity with the adoption of good practices of fabrication. The implementation of these autocontrol programs is fundamental for the food industry, once observed that

they assure the quality, integrity and security of the products. They involve regular inspections, raw matter control, hygienization, laboratorial analysis and other activities to avoid failures in the process and guarantee conformity. The autocontrol programs success depends on the collaboration of all the company's personnel, aiming to enhance quality, reduce procedural errors, waste, and produce secure foods according to the quality requirements to achieve excellence. It was concluded through this bibliographical revision that quality management is of extreme importance in the dairy industry, but quality goals beyond that, involving aspects like attaining legal parameters, the enhancement of technological processes and the satisfaction of the clients, company's members and of society.

Keywords: food; autocontrol; management; quality; food security.

INTRODUÇÃO

Os programas de autocontrole (PACs) desempenham um papel fundamental na indústria de alimentos, garantindo a segurança e a qualidade dos produtos alimentícios fabricados sob a égide desta gestão. Esses programas são projetados para identificar e controlar os riscos associados à produção, processamento, armazenamento e distribuição de alimentos, com o objetivo de proteger a saúde dos consumidores e cumprir as regulamentações governamentais.

A indústria de alimentos tem como ponto principal para a qualidade de seus produtos o controle de todos os processos que acontece no dia a dia, e esse controle é feito a partir de programas de autocontrole, que irão abranger todos os setores da fábrica, fazendo o acompanhamento desde a área de recepção de matéria prima até a saída do produto final. Esses programas foram criados para suprir a necessidade na gestão da qualidade durante os processos de fabricação, entendendo que, uma boa gestão com controle de qualidade em seus processamentos nos setores da indústria de alimentos é a garantia de que a indústria esteja entregando ao consumidor um produto seguro para o consumo (1).

Com a crescente preocupação das indústrias em fornecer um produto com qualidade, garantindo inocuidade e segurança, os programas de autocontrole foram adotados, tendo por finalidade complementar as atividades de rotina dos serviços de inspeção. Assim, os PACs necessitam de monitoramentos contínuos, como suporte na gestão das empresas e garantia de boas práticas (2).

De acordo com o MAPA, os programas de autocontrole são definidos a partir do Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 como: “Programas desenvolvidos, procedimentos descritos, desenvolvidos, implantados, monitorados e verificados pelo estabelecimento, com vistas a assegurar a inocuidade, a identidade, a qualidade e a integridade dos seus produtos, que incluam, mas que não se limitem aos programas de pré-requisitos, Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e o Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) ou a programas equivalentes” (3).

Para implementação de um PAC consistente e confiável é imprescindível o uso de três legislações como base, sendo elas: a Portaria do MAPA nº 368/1997 – que é um regulamento técnico das Condições Higiênico-sanitárias e sobre as Boas Práticas de Fabricação para indústrias de produção alimentícia; a Portaria MAPA nº 46/1988 – Sobre a obrigatoriedade do programa de APPCC em estabelecimentos com o Serviço de

Inspeção Federal – SIF; o RIISPOA – Decreto 9013/2017 que é o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional - PPOH- Circular nº 272 de 22 de dezembro de 1997 (4).

Sendo as Boas Práticas de Fabricação (BPF) condizente a todo o processo produtivo desde matéria prima até o produto final, bem como as condições de higiene pessoal, condições e sanificação de equipamentos, controles de pragas, condições estruturais e o tratamento de efluentes (5).

Os Procedimentos Padrão de Higiene (PPHO) envolvem os procedimentos que serão utilizados dentro da indústria sendo monitorados, desenvolvidos e descritos de maneira constante, remete-se a higienização dos setores da indústria e sua frequência em cada uma delas. De forma a evitar contaminações diretas e/ou cruzadas, alterações no produto e queda na qualidade, preservando sua integridade e padrão de mercado (6).

O Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) visa a identificação e o estabelecimento de medidas e ações corretivas de forma preventiva, tendo como finalidade a proteção contra possíveis riscos a saúde do consumidor. Consiste no controle sobre a segurança do alimento. O APPCC tem como princípios básicos: identificar e avaliar os perigos; determinar os pontos críticos de controle; estabelecimento dos limites críticos; estabelecimento dos procedimentos de monitoramento; estabelecimento de ações corretivas a serem adotadas; estabelecimento dos procedimentos de verificação; estabelecimento dos procedimentos de registro (7).

De acordo com a Norma Interna DIPOA/DAS nº 01/2017, todas as empresas que processam produtos de origem animal, precisam obrigatoriamente implementar, executar e ser constantemente submetidos a verificações, avaliações e revisões dos Programas de Autocontrole, sendo eles: Manutenção (incluindo iluminação, ventilação, águas residuais e calibração); Água de Abastecimento; Controle Integrado de Pragas; Higiene Industrial e Operacional; Higiene e Hábitos Higiênicos dos Funcionários; Procedimentos Sanitários Operacionais; Controle da matéria-prima (inclusive aquelas destinadas ao aproveitamento condicional), ingrediente e material de embalagem; Controle de temperaturas; Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle; Análises laboratoriais (Programas de autocontrole); Controle de formulação de produtos e combate à fraude; Rastreabilidade e recolhimento; Bem-estar animal; Identificação, remoção, segregação e destinação do material especificado de risco (MER) (8).

O PAC sempre deve ser atualizado quando houver mudanças estruturais, operacionais e/ou de fluxogramas. Devem ainda, ser descritos e detalhados de forma tal que sejam praticáveis e auditáveis pela empresa, precisa explicar de forma clara e objetiva quais procedimentos devem ser realizados desde a recepção até a expedição. Além disso, devem ser descritos a frequência do monitoramento e como ele é realizado, as ações a serem tomadas quando ocorrerem desvios dos limites aceitáveis, condições e circunstâncias, e quem é o responsável por tal monitoramento (8).

A implementação dos programas de autocontroles está fundamentada em inspeções contínuas que tem por objetivo garantir o cumprimento dos procedimentos descritos e são amplamente verificados pelos Serviços Oficiais durante as Auditorias, Supervisões e Verificações Oficiais. Atividades como o controle das matérias primas, da potabilidade da água, da higienização geral e das análises laboratoriais, são algumas das muitas ações desenvolvidas pelos programas de autocontrole. Dessa forma, a realização

dessas ações é desempenhada por um responsável técnico e avaliada pelo serviço de inspeção estadual e federal (9).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica em publicações nas áreas de qualidade e biossegurança de alimentos, através do Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, Plataforma SciELO, tendo sido consultadas as bases de dados de Repositórios UFRPE, Repositórios UFRGS, Repositórios UTFPR, bem como homepages de revistas científicas e do Governo Federal. Foram utilizadas combinações de palavras-chave para melhor desempenho na pesquisa, as palavras-chave incluídas foram: “Importância dos programas de autocontrole”, “autocontrole”, “programas”, “*food products*”, “PAC”, “*quality management*”, “*food safety*”. Um total de 80 documentos dentre eles: artigos, dissertações, teses, livros homepages, foram encontrados, porém, apenas os documentos publicados entre 1996 a 2023 foram selecionados. Esse recorte temporal foi priorizado pois a revisão resultará em um documento completo e atualizado sobre o tema proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O controle de todo o processo por meios dos programas de autocontrole visa a segurança, a inocuidade, identidade, qualidade e a integralidade dos produtos para prevenir as falhas no processo garantindo uma frequência de monitoramento das atividades, com vista o padrão de conformidade, ação corretiva, ação preventiva, procedimento de monitoramento, procedimento de verificação e registro dos programas desenvolvidos pelo responsável técnico do estabelecimento privado (10).

De acordo com o Projeto de lei nº 1293, de 2021, que diz respeito aos programas de autocontrole no setor agropecuário, estabelece a obrigatoriedade da elaboração, implementação e monitoramento dos sistemas de autocontrole nos processos produtivos, que confere aprimoração dos produtos, maior segurança jurídica, redução dos gastos públicos e capacidade de atuação, apesar de certa forma ser mais uma quantidade significativa de burocracias, isso corrobora para uma fiscalização mais ativa, o que se tornará mais passo para que o alimento se torne ainda mais seguro e de qualidade (11).

Apesar de tudo o que os programas de autocontrole se propõem a fazer e garantir todos os benefícios citados, pode haver falhas nesse sistema principalmente se os operadores não colaborarem, por exemplo, o operador durante inspeção, aceitar determinado item que deveriam ser descartado ou fazer vista grossa a algum erro de processo, prejudicará a eficiência desse sistema. Para evitar possíveis inconveniências pode-se implantar um sistema de inspeção interna dos produtos e dos equipamentos utilizados a cada batelada, por duas ou três pessoas para minimizar a falha desse sistema (12).

A partir disso, identifica-se que um programa de autocontrole bem elaborado e detalhado não basta para se alcançar o pleno sucesso e eficiência. Como falado anteriormente os programas de autocontrole se dá por diversos fatores e o mais importante é que o sucesso do mesmo depende de toda a empresa, desde os setores iniciais aos finais, até a administração. Observando assim, a importância que os programas de autocontrole têm dentro da indústria de alimentos, eles são essenciais para o bom funcionamento e

expansão da indústria, eliminando deficiências, melhorando o ambiente de trabalho, aumentando a produtividade e conseqüentemente o lucro e reduzindo desperdícios.

PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE NA GESTÃO DE QUALIDADE

A indústria sempre se propôs à utilização de métodos que fossem mais eficazes e duráveis, nos primórdios da ideia de administração científica de Taylor ganhou forma com a premissa reducionista de que todo o processo se resume aos pequenos pedaços, base desse todo. No decorrer do tempo percebeu-se um aumento na complexidade dos processos e o crescimento de novas variáveis o que derrubou essa concepção de Taylor. Em contrapartida, a teoria dos sistemas se adequa melhor no que diz respeito à explicação do funcionamento como um todo, argumentando que o sistema é um conjunto de elementos diligentemente entrelaçados que interagem entre si pra funcionar como um todo (13).

Durante a produção industrial de forma empírica, nossos antepassados descobriram que a qualidade final do produto dependia de alguns fatores, sendo eles: a qualidade da matéria-prima utilizada, os operadores, e os equipamentos. Desde então, todo o processo é focado em separar as variáveis que atendiam aos parâmetros de qualidade da época, e aquelas que poderiam causar algum tipo de defeito e ou um decréscimo no padrão do produto, fazendo isso de forma intuitiva e preventiva ponto. A partir disso surgiu alguns conceitos que são utilizadas até os dias de hoje, como Controle Estatístico de Qualidade, técnicas de amostragem, métodos estatísticos e ferramentas básicas da qualidade como diagrama de pareto, fluxogramas e cartas de controle (14).

A Gestão da Qualidade se resume em atividades coordenadas para controlar e direcionar uma organização referente a qualidade, juntando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade, e a partir surge o conceito de Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Control – TQM*) (15).

De acordo com PALADINI et al. (2012) a TQM é um sistema de gestão baseada na qualidade, na participação de todos da indústria, tendo por finalidade o sucesso a longo prazo, trazendo por benefícios a satisfação do cliente, os membros e a sociedade (15).

As empresas no geral têm se preocupado cada vez mais com a qualidade e seguridade de seus produtos, mitigação de erros de processo e menos desperdícios, tendo em vista sempre a segurança e a qualidade, desta forma, torna-se necessário a adoção de ações preventivas de forma a diminuir o índice de riscos por contaminação do alimento, bem como a redução de possíveis erros de processo. E ainda a primazia de produzir alimentos seguros, que atenda aos requisitos de identidade e qualidade para o consumidor (16).

Sabe-se que a segurança do alimento é primordial na indústria alimentícia, porém o conceito de qualidade não deve estar restrito apenas a segurança. A qualidade vai além, ela refere-se ao aprimoramento do sistema produtivo, sem tolerar desperdícios e falhas durante o processamento, utilizando da gestão uma aliada à segurança para garantir o cumprimento das exigências e necessidades do mercado, bem como a maior lucratividade e competitividade, tendo em vista a satisfação total do cliente (17).

A implantação dos programas de autocontrole, incluem essencialmente as BPF, PPHO e APPCC, associados aos sistemas de rastreabilidade, a qualificação de fornecedores e a gestão da qualidade exigidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), irão atuar dentro da indústria de forma a controlar todos os processos desde a matéria prima até o produto final, assegurando sempre a inocuidade e qualidade do alimento processado. A gestão da qualidade tem como método a inserção de todos os colaboradores da empresa, trabalhando em conjunto para o benefício da mesma, da sociedade e seus consumidores (18).

CONCLUSÕES

Mediante os avanços tecnológicos constantes e à crescente expansão de produtos alimentícios principalmente os lácteos, isso referente em sua maioria a grande competitividade no mercado e na exigência contínua dos consumidores, que a cada dia buscam por mais qualidade e segurança nos bens de consumo, faz-se necessário a adoção de práticas e ações de carácter higiênico sanitário que visem a qualidade e segurança dos alimentos. Dessa forma, para que essas ações tenham viabilidade e eficiência, é essencial implantá-las em todo o processamento do alimento desde a matéria prima, incluindo também o seu transporte até o produto final.

Os programas de autocontrole também são extremamente importantes para a indústria de laticínios, devido à natureza dos produtos lácteos e aos riscos associados à sua produção e processamento. Aqui estão algumas razões pelas quais os programas de autocontrole são fundamentais nesse setor, como o controle e segurança, controle microbiológico, rastreabilidade e recall, conformidade regulatória e sustentabilidade, ajudando a prevenir contaminações. Esses programas são projetados para identificar e controlar os riscos específicos associados à produtos lácteos, como a contaminação microbiológica, a presença de alergênicos, a deterioração dos produtos e outros perigos que possam comprometer a qualidade e a segurança dos alimentos.

Além disso, contribuem na preservação das características sensoriais e nutricionais dos produtos lácteos. Eles garantem que os processos de produção e armazenamento sejam adequados para manter a textura, o sabor, o aroma e o valor nutricional dos produtos, assegurando a satisfação dos consumidores. Vale ressaltar que a implementação eficaz dos programas de autocontrole na indústria de laticínios requer o envolvimento de todos os níveis da organização, desde a alta administração até os colaboradores operacionais. A educação e o treinamento adequados são fundamentais para garantir que todos os envolvidos entendam a importância dos programas de autocontrole, suas responsabilidades e as práticas corretas a serem seguidas.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, através do Programa de Vivência Interdisciplinar (PAVI), pela oportunidade de desenvolvimento desta pesquisa junto ao Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Lácteos (GPLac), sob a orientação da Professora Gerla Castello Branco Chinelate.

REFERÊNCIAS

1. SCHIAVONEA T, RAMOS GLP, HORA IMC, WALTER EHM. Programas de autocontrole no gerenciamento da qualidade de alimentos: histórico e aplicação. [Internet]. Acesso em: 01 maio 2023. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/2233/1494&ved=2ahUKEwiy89Wym-T-AhWSJ7kGHakDCI0QFnoECA8QAQ&usq=A0vVaw0XWmEwT3xMkB67VdWsqXS3>.

2. PINTO J, NEVES R. Análise de Riscos no Processamento Alimentar. Editora Publindústria; 2008.
3. BRASIL. Portaria n° 368, de 04 de setembro de 1997. Estabelece o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/ Industrializadores de Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, n° 172, 08 de setembro de 1997.
4. ALVES G. Uma abordagem sobre os Programas de Autocontrole (PAC). [Internet]. Acesso em: 01 maio 2023. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/portalefood.com.br/gestao/uma-abordagem-sobre-os-programas-de-autocontrole-pac/amp/>.
5. MAGALHÃES MA. Implantação das Boas Práticas de Fabricação em uma Indústria de Laticínios da Zona da Mata Mineira. In: Congresso Brasileiro de Qualidade do leite; 2006; Goiânia.
6. FURTINI LLR, ABREU LR. Utilização de APPCC na indústria de alimentos. Ciência e Agrotecnologia. 2006;30(2):358-363.
7. Governo Federal. Sistema APPCC (HACCP). 2022. [Internet]. Acesso em 11 de maio de 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/siscomex/pt-br/servicos/aprendendo-a-exportar/conhecendo-temas-importantes-1/sistema-appcc-haccp#:~:text=O%20Sistema%20APPCC%20\(Sistema%20de,todas%20as%20etapas%2C%20desde%20a.](https://www.gov.br/siscomex/pt-br/servicos/aprendendo-a-exportar/conhecendo-temas-importantes-1/sistema-appcc-haccp#:~:text=O%20Sistema%20APPCC%20(Sistema%20de,todas%20as%20etapas%2C%20desde%20a.)
8. ADAPAR. Programas de autocontrole – ANEXO 6. 2023. [Internet]. Acesso em: 04 de maio de 2023. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2023-03/anexo_6_do_decreto_-_programas_de_autocontrole.docx&ved=2ahUKEwjT1euopDAhWELLkGHaouAWg4FBaWegQIBhAB&usq=A0vVaw1rrJy28E7qbHgjCkeQpKc7.
9. MILKPOINT. Programas de Autocontrole: elaboração e implantação. [Internet]. Acesso em 01 de novembro de 2022. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/programas-de-autocontrole-pacs-elaboracao-e-implantacao-228067/#>.
10. DIAS J, et al. Implementação de Sistemas da Qualidade e Segurança dos Alimentos. Londrina: Edição; 2010.
11. MAPA. Sancionado projeto de lei de implementação de programas de autocontrole para todo o setor agropecuário. [Internet]. Acesso em: 02 mar. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/sancionado-projeto-de-lei-sobre-programas-de-autocontrole-para-todo-o-setor-agropecuario>.

12. SHINGO S. O Sistema Toyota de Produção Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 2.ed. Porto Alegre: Bookman; 1996.
13. BERTOLINO MT. Gerenciamento da Qualidade na Indústria de Alimentos. São Paulo: Artmed; 2010.
14. VERAS CM. Gestão da Qualidade. São Luis. Monografia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Maranhão; 2009.
15. PALADINI EP, et al. Gestão da Qualidade: teoria e Casos. 2. Ed. São Paulo: Elsevier; 2012.
16. Benedito Júnior HDS, et al. Verificação do nível de Atendimento aos programas de autocontrole em indústrias de laticínios de Minas Gerais. Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes. 2019;74(2):73-85.
17. OBARA TRA. Qualidade na Indústria de Alimentos: contexto atual e oportunidades. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2018.
18. RAMOS GV, VILELA JB. Implantação dos programas de autocontrole em indústrias de alimentos de origem animal. [Internet]. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/33324359.pdf&ved=2ahUKEwio5prxlez-AhW0pJUCHQQOChQQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw0aAZthaiyPoYdx6u5OwiFB>. Acesso em: 01 abr. 2023.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Higiene e Segurança de Alimentos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





AS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS PARA A DETECÇÃO DE BIOFILMES NA PRÁTICA

Vivian Passarella de Moraes¹; Meg da Silva Fernandes²

¹Estudante do Curso de Especialização em Microbiologia de Alimentos e Processos - FEA – UNICAMP.

²Docente/pesquisador do Curso de Especialização em Microbiologia de Alimentos e Processos – FEA – UNICAMP.

Introdução: A detecção de biofilmes pelas indústrias de alimentos é desafiadora. Um biofilme não é visto a olho nu e as técnicas para a visualização de biofilmes nas superfícies envolvem análises robustas e onerosas de microscopia, sendo impraticáveis no dia a dia da indústria. Atualmente, as análises microbiológicas de superfícies, tais como swab, placas de contato e esponja são utilizadas para detectar biofilmes em superfícies. **Objetivo:** Conhecer o cenário atual das indústrias de alimentos do Brasil quanto às práticas utilizadas para detecção microbiológica e de biofilmes em superfícies. **Métodos:** Em novembro de 2021 foi elaborado, através da plataforma “Google forms”, um questionário com 16 perguntas referentes aos procedimentos adotados pelas indústrias de alimentos do Brasil quanto à higienização, amostragem e parâmetros para análises microbiológicas e detecção de biofilmes. **Resultados:** 89 indústrias responderam o questionário, sendo 27% delas representantes da indústria de carnes, 19,1% de produtos com baixa atividade de água, 15,7% de laticínios, 12,4% de bebidas, 11,2% de produtos gordurosos e os demais distribuídos entre conservas, açucarados, pet food, vegetais, gelados comestíveis, atomatados e refeições prontas pra consumo. 86,5% das empresas realizam a análise microbiológica de superfície, onde os principais microrganismos analisados são aeróbios mesófilos, coliformes totais, bolores e leveduras, *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*. Os principais pontos de coleta de contato direto com o produto são equipamentos, utensílios, mesas e bancadas e luvas e mãos de manipuladores. Os principais pontos ambientais analisados são pisos e ralos, paredes, painéis de controle de equipamentos, utensílios de limpeza e maçanetas. O método de amostragem mais utilizado é o swab (97,4%), seguido de água de enxágue (19,5%), esponja (14,3%) e placas Petrifilm (14,3%). 74,6% das empresas não conseguem inferir a presença de biofilmes a partir dos resultados das análises microbiológicas de superfícies e apenas 13,5% utilizam detectores de biofilmes. O swab proporciona menor recuperação bacteriana das superfícies de contato, devido ao aprisionamento das células no próprio swab, levando a uma subestimação dos resultados microbiológicos. A esponja é considerada a mais eficiente na coleta dos biofilmes, por ser maior e ser de celulose, permitindo que as células sejam facilmente liberadas da esponja para o meio diluente. **Conclusão:** A maioria das empresas não é capaz de relacionar os métodos tradicionais de análise de superfícies com a detecção de biofilmes. Embora os biofilmes sejam uma realidade de contaminação dentro das indústrias, o mercado carece de ferramentas para detecção de biofilmes de forma prática e eficiente.

Palavras-chave: biofilme; higienização; indústria de alimentos; monitoramento ambiental; superfície.



AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE HIGIENIZAÇÃO DE PIAS REALIZADOS EM SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Mariana Camille de Melo Moura¹; Marina Medeiros Aguirre Nery¹; Isabella
Oliveirada Silva Cruz¹; LÍlian Motta Felício Ferreira¹; Isadora Florentino
Martins²

¹Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos – IFRJ.

² Pós-graduanda do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – INCQS – FIOCRUZ.

Introdução: O processo de higienização adequado dos equipamentos, utensílios e superfícies nos restaurantes tem como finalidade controlar os microrganismos e evitar contaminações cruzadas, influenciando diretamente na qualidade e segurança dos alimentos. Assim, as etapas de limpeza, lavagem e desinfecção realizadas de forma adequada são importantes para minimizar o risco de doenças transmitidas por alimentos. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise microbiológica para avaliar os procedimentos de higienização das pias de um estabelecimento de serviço de alimentação localizado no Município do Rio de Janeiro. **Métodos:** Foram utilizadas 8 placas de contato Rodac com meio de cultura PCA, em 4 pias diferentes, coletando amostras antes e depois da higienização de cada uma delas. Nas pias 1 e 2, realizou-se a lavagem com água e sabão neutro e enxágue. E apenas na pia 1, foi feita a desinfecção com álcool 70% INPM. Na pia 3, a lavagem ocorreu com água e sabão neutro e a secagem com pano alvejado reutilizado, sem a utilização do álcool. Na pia 4, iniciou-se a lavagem com sabão neutro, enxágue, em seguida a desinfecção com álcool e secagem da superfície com pano multiuso descartável. Todas as placas foram identificadas e armazenadas por 24h em estufa a 36°C (±1°C). Após a incubação, foi realizada a coloração de Gram, para caracterização e classificação das bactérias. **Resultados:** A pia 1 indicou presença de bactérias Gram negativas antes da higienização e não houve crescimento após a higienização. A pia 2 indicou presença de bastonetes Gram positivos antes e depois da higienização. A pia 3, onde houve o uso do pano alvejado, houve crescimento de bastonetes Gram positivos antes e após a higienização. A pia 4 demonstrou presença de bactérias bacilos Gram negativos e após a higienização houve redução da quantidade das mesmas bactérias. **Conclusão:** Segundo as normas vigentes (RDC 216/2004 e Portaria IVISA-RIO 002/2020), todos os estabelecimentos manipuladores de alimentos devem possuir e seguir um procedimento operacional padronizado (POP) no que diz respeito à higienização de instalações, equipamentos e móveis, onde se detalha como deve ser o procedimento adequado. Desta forma, podemos concluir que a qualidade microbiológica das superfícies se altera quando os procedimentos são realizados de formas diferentes do proposto no POP, se fazendo necessário reforçar o treinamento das equipes quanto aos procedimentos básicos.

Palavras-chave: lavagem; desinfecção; higienização; segurança de alimentos; análise microbiológica.



RISCO SANITÁRIO NO FORNECIMENTO DE REFEIÇÕES TRANSPORTADAS

Rafaela Cabral Moreira¹

¹Nutricionista na Petróleo Brasileiro SA

Introdução: A realização de ações de prevenção e de avaliação de situações de risco nos ambientes de trabalho são fundamentais para a garantia da segurança e da saúde dos trabalhadores e considerando o fornecimento de refeições, destaca-se a importância das ações para promoção da Segurança de Alimentos e prevenção de surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). **Objetivo(s):** Avaliar a classificação de risco sanitário no fornecimento de refeições transportadas para o setor de construção civil ligado à indústria de óleo e gás. **Métodos:** Aplicou-se a lista de verificação criada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para Categorização de Serviços de Alimentação, do projeto piloto, à época da Copa do Mundo FIFA/2014, baseada na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº216/2004 (BRASIL, 2004) em 12 obras com fornecimento de refeições transportadas, durante o ano de 2022 e totalizando 28 aplicações. **Resultados:** Do total, 82% foram categorizados como B, 11% como C e 7% como Pendentes. As falhas identificadas com maior frequência foram as relacionadas com higiene das instalações, equipamentos, móveis e utensílios e controle de vetores e pragas. E das unidades que receberam mais de uma inspeção, observou-se melhoria nos resultados para 73% delas. Não houve ocorrência de surtos de DTHA no período. **Conclusão:** A utilização da lista de categorização da ANVISA contribuiu para a melhora do perfil sanitário, para a prevenção de surtos de DTHA no fornecimento de refeições transportadas e, consequentemente, para a segurança e saúde dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

Palavras-chave: risco sanitário; segurança de alimentos, refeições transportadas.



Identificação do gene *mecA* em cepas de *Staphylococcus aureus* isoladas do leite de vacas saudáveis e com mastite de rebanhos leiteiros do Brasil

Mirian Yuliza Rubio Cieza¹; Bruna Lourenço Crippa²

Nathália Cristina Cirone Silva³

¹Mestranda em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP;

²Doutoranda em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas UNICAMP

³Professor e Pesquisador do Departamento de Ciências de Alimentos, área de microbiologia, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Introdução. A disseminação de *Staphylococcus aureus* no setor leiteiro tornou-se uma preocupação em todo o mundo, tanto para a saúde animal (mastite) quanto saúde pública (intoxicação estafilocócica e disseminação para a comunidade), devido aos mecanismos de resistência a meticilina e outros antibióticos β -lactâmicos, que são induzidos pelo gene *mecA* presente no *cassete cromossômico estafilocócico* de *S. aureus*. **Objetivo(s).** O objetivo deste estudo foi identificar a presença do gene *mecA* em cepas de *S. aureus*, isoladas de leite (L) de vacas saudáveis (VS), com mastite clínica (MC) e mastites subclínica (MS), de rebanhos leiteiros em 5 estados do Brasil. **Métodos.** Foram utilizados 1468 amostras de leite classificadas como LVS, LMC e LMS, semeadas em ágar sangue (5%) (Oxoid) e incubadas em condições aeróbias a 37°C; a identificação foi feita de acordo a morfologia das colônias, coloração de Gram, catalase e coagulase. Os isolados (441) confirmados como *Staphylococcus*, foram submetidos a extração de DNA genômico com reagente Instagene (Bioard) e amplificados por reação de cadeia de polimerase (PCR), utilizando o gene da termonuclease (NUC) com uma sequência de nucleotídeos alvo para o reconhecimento específico de *S. aureus*. A presença de gene *mecA* também foi avaliada por PCR. **Resultados.** Obteve-se um total de 174 cepas confirmados como *S. aureus* (72 VS, 37 MC e 65 MS), das quais o 10,3% (18) possuíam o gene *mecA*, sendo mais prevalente em cepas de LMS (12%, 65) e LVS (11%, 72), ao contrário, na LMC a presença foi menor (5%, 37). **Conclusão.** A presença do gene *mecA* indicou a existência de cepas de *S. aureus* resistentes a meticilina em bovinos leiteiros com infecção intramamária clínica e subclínica, além de estar presentes em leite de vacas saudáveis, inferindo que há contaminação horizontal direta e indireta entre animais do rebanho e sua posterior disseminação no leite, resultando assim em possíveis surtos na comunidade leiteira e afetando a saúde de consumidores.

Palavras-chave: *Staphylococcus aureus*, gene *mecA*, leite de vaca, mastites clínica e subclínica



PERFIL DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE CEPAS DE *Streptococcus* spp. ISOLADAS DE LEITES DE VACA COM MASTITE E LEITES DE VACAS SAUDÁVEIS

Rafaela Martins Morasi¹; Bruna Lourenço Crippa²; Jaqueline Milagres de Almeida²; Erik da Silva Pereira¹; Nathália Cristina Cirone Silva³

¹Estudantes do Curso de Mestrado em Ciência de Alimentos – DECAN – FEA, UNICAMP.

²Estudantes do Curso de Doutorado em Ciência de Alimentos – DECAN – FEA, UNICAMP.

³Docente do Depto de Ciência de Alimentos e Nutrição – DECAN – FEA, UNICAMP.

Introdução. Bactérias do gênero *Streptococcus* spp. são consideradas um dos principais patógenos responsáveis por desencadear mastite em vacas produtoras de leite. Os antimicrobianos representam a melhor alternativa para o tratamento da mastite, entretanto, seu uso inadequado pode favorecer o desenvolvimento de resistência microbiana, diminuindo a efetividade da droga com o tempo. **Objetivos.** Realizar o teste de disco-difusão para avaliar a suscetibilidade de cepas de *Streptococcus* spp., isoladas de amostras de leites de vaca com mastite e leites considerados saudáveis, a diferentes classes de antimicrobianos. **Métodos.** As cepas de *Streptococcus* spp. foram identificadas por MALDI-TOF. Após identificação, uma suspensão de cada isolado foi inoculada em caldo BHI, incubada a 35°C/18-24h, padronizada a 0,5 na escala de McFarland em solução 0,85% de NaCl e semeada em placas de Muller-Hinton com 5% de sangue de carneiro. Foram aplicados discos de amoxicilina com ácido clavulânico (30 ug), clindamicina (2 ug), estreptomicina (10 ug), neomicina (30 ug), cefalotina (30 ug), oxacilina (1 ug), tetraciclina (30 ug) e sulfazotrim (25 ug) para cada amostra. As placas foram incubadas a 35°C/18-24h e os halos de inibição foram medidos seguindo os pontos de corte de Bauer (1966) e EUCAST (2022). **Resultados.** Do total de 32 cepas de *Streptococcus* spp., foram identificados 17 (53,1%) *Streptococcus agalactiae*, 10 (31,3%) *Streptococcus uberis*, quatro (12,5%) *Streptococcus dysgalactiae* e um (3,1%) *Streptococcus equinus*. Considerando a resistência antimicrobiana por espécie, 16 (94,1%) isolados de *S. agalactiae* apresentaram resistência a estreptomicina, 12 (70,6%) a tetraciclina, sete (41,2%) a neomicina e seis (35,3%) a clindamicina, oxacilina e sulfazotrim cada, porém nenhum apresentou resistência a amoxicilina com ácido clavulânico e cefalotina. Dos 10 isolados de *S. uberis*, seis (60%) apresentaram resistência a estreptomicina, cinco (50%) a neomicina, dois (20%) a oxacilina e um (10%) a sulfazotrim. Todos (100%) os isolados de *S. dysgalactiae* foram considerados sensíveis. O isolado de *S. equinus* apresentou resistência apenas a estreptomicina (100%) e sulfazotrim (100%). **Conclusão.** Estreptomicina foi o antimicrobiano com o maior número de isolados resistentes dentre as espécies e a espécie *S. agalactiae* foi considerada a que apresentou o maior número de isolados resistentes. O desenvolvimento de estratégias mais eficazes de vigilância quanto à utilização indiscriminada de antimicrobianos em vacas produtoras de leite pode ser uma alternativa capaz de evitar a disseminação de cepas resistentes, e até multirresistentes, pelo rebanho.

Palavras-chave: patógeno; resistência; teste de disco-difusão.



PRESENÇA DE GENES DE BIOFILME EM *STAPHYLOCOCCUS NÃO-AUREUS* (NAS) ISOLADOS DE LEITE DE VACA DE CINCO ESTADOS BRASILEIROS

**Bruna Lourenço Crippa¹; Rafaela Martins Morasi²; Erik da Silva Pereira²;
Mirian Yuliza Rubio Cieza²; Nathália Cristina Cirone Silva³**

¹Estudante do Curso de Doutorado em Ciência de Alimentos - PPGCA – FEA/UNICAMP.

²Estudante do Curso de Mestrado em Ciência de Alimentos - PPGCA – FEA/UNICAMP.

³Docente/pesquisador do Depto de Ciência de Alimentos e Nutrição – DECAN – FEA/UNICAMP

Introdução. A formação de biofilme na indústria de laticínios gera prejuízos econômicos, podendo ocasionar danos nos equipamentos e redução da vida de prateleira dos produtos. Além disso, o biofilme formado nos equipamentos pode facilitar a contaminação dos alimentos e causar riscos à saúde do consumidor através de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA). *Staphylococcus não-aureus* (NAS) que apresentam genes de biofilme tem sido isolados de leite de vaca saudáveis e com mastite, confirmando o protagonismo como patógenos causadores de mastite e consequentemente patógenos isolados de leite. **Objetivo.** Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a presença de genes responsáveis pela formação de biofilme em cepas de NAS isolados de leite de vacas saudáveis e com mastite de cinco estados brasileiros. **Métodos.** Foram analisadas 1468 amostras de leite de vacas saudáveis, com mastite subclínica e com mastite clínica provenientes dos estados de São Paulo, Santa Catarina, Goiás, Pará e Paraíba. As amostras foram semeadas em ágar sangue e 135 cepas de NAS foram isoladas, sendo posteriormente enviadas para MALDI-TOF para a identificação das espécies. A pesquisa dos genes responsáveis pela formação de biofilme *bap*, *icaA* e *icaD* foi realizada por PCR no Laboratório de Microbiologia de Alimentos II da FEA/UNICAMP. **Resultados.** Dentre as 135 cepas, 88 foram identificadas sendo *S. chromogenes*, 14 sendo *S. haemolyticus*, 8 sendo *S. epidermidis*, 7 sendo *S. simulans*, 6 sendo *S. warneri*, 2 sendo *S. cohnii*, 2 sendo *S. hyicus*, 2 sendo *S. sciuri*, 2 sendo *S. xylosus*, 1 sendo *S. auricularis*, 1 sendo *S. caprae*, 1 sendo *S. equorum* e 1 sendo *S. saprophyticus* Quanto a pesquisa dos genes de biofilme, oitenta (59%) apresentaram o gene *bap*, sendo 41 cepas provenientes de vacas saudáveis, 34 de vacas com mastite subclínica e 5 de vacas com mastite clínica. Quinze (11%) apresentaram o gene *icaA*, sendo 7 cepas provenientes de vacas saudáveis, 6 de vacas com mastite subclínica e 2 de vacas com mastite clínica. Quatorze (10%) apresentaram o gene *icaD*, sendo 9 cepas provenientes de vacas com mastite subclínica, 3 de vacas saudáveis e 2 de vacas com mastite clínica. **Conclusão.** Os resultados desse trabalho evidenciam que cepas NAS apresentam genes responsáveis pela formação de biofilme, podendo representar um problema para a indústria de laticínios, além de representar um perigo para saúde do consumidor. A maioria das cepas que apresentam esses genes são provenientes de vacas saudáveis ou com mastite subclínica e essas amostras vão para os tanques que serão comercializados.

Palavras-chave: biofilme; leite; doenças transmitidas por alimentos (DTA); *Staphylococcus não-aureus* (NAS).



QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTOS CÁRNEOS EM ESTABELECIMENTOS FISCALIZADOS PELO SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL (SIM) DE JATAÍ, GOIÁS, BRASIL

Rodolfo Medrada de Oliveira¹; Barbara Elisa Basílio de Oliveira²; Lucas Zaiden²; Cleusely Matias de Souza³; Ariel Eurides Stella³

¹Estudante do Curso de Medicina Veterinária - UFJ.

²Mestrando do PPG em Biociência Animal - UFJ.

³Docente da Unidade de Ciências Agrárias – CIAGRA – UFJ.

Introdução: O controle da qualidade microbiológica dos alimentos destinados ao consumo humano é de extrema importância. O SIM tem como foco fiscalizar e verificar a qualidade microbiológica dos produtos de origem animal, realizando fiscalizações de forma rotineira e colhendo amostras para análises laboratoriais. Essa é uma das alternativas para avaliar se os produtos cárneos disponíveis para comercialização estão aptos para o consumo. **Objetivo:** O presente trabalho, teve como objetivo realizar um estudo retrospectivo documental da qualidade microbiológica de produtos cárneos produzidos no município de Jataí-GO e fiscalizados pelo SIM. **Métodos:** Foram analisados 65 resultados de ensaios microbiológicos de amostras coletadas nos anos de 2019, 2021 e 2022. Os laudos das análises contendo os resultados microbiológicos foram avaliados individualmente, utilizando como padrão de referência, as legislações sanitárias vigentes na época de cada coleta (RDC 12 de 02/01/01-ANVISA; IN 60 de 23/12/19-ANVISA; IN 161 de 01/07/2022 da RDC 724/22). Para a coleta dos dados, foi realizada pesquisa manual individual nos arquivos do SIM para cada laudo recebido. Cada estabelecimento registrado no SIM possui processo ao qual são armazenados todos os documentos da empresa e, dentre estes, estão os laudos de análises laboratoriais dos produtos. Foi utilizado método de Estatística Descritiva para organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de características observadas ou comparar tais características entre dois ou mais conjuntos. **Resultados:** Dos ensaios realizados, foram detectadas, fora dos padrões de referência, 05 amostras positivas para *Salmonella* spp (7,9%), 05 positivas para *Staphylococcus* Coagulase Positiva (SCP) (12,2%), 08 positivas para Coliformes Termotolerantes (8,7%), 08 amostras positivas para *Escherichia coli* (26.6%) e 38 (95%) para Mesófilos Aeróbios Viáveis a 30°C. Do total das 65 amostras analisadas, 42 (64%) apresentaram resultados positivos para algum contaminante microbiológico. **Conclusão:** No presente estudo pode-se observar um alto percentual de contaminação por microrganismos mesófilos nos produtos cárneos, que juntamente com as frequências de *E. coli* e coliformes termotolerantes, podem indicar condições higiênicas inadequadas tanto no abate como na manipulação pós abate no varejo. A presença de *Salmonella* spp. e SCP nos produtos, adverte sobre o perigo do consumo de produtos cárneos crus, ressaltando ainda, a importância do tratamento térmico antes do consumo. A alta incidência de mesófilos também indica que mesmo com a frequente inspeção e fiscalização, ainda existem falhas na higienização da maioria dos estabelecimentos fiscalizados pelo SIM de Jataí-GO.

Palavras-chave: saúde única; alimentos de origem animal; microbiologia.



ANÁLISE DO PERFIL DE SUSCEPTIBILIDADE AOS ANTIMICROBIANOS DE *Escherichia coli* ISOLADOS DE AMOSTRAS INDIVIDUAIS DE LEITE DE VACAS COM MASTITE

Erik da Silva Pereira¹; Bruna Lourenço Crippa²; Rafaela Martins Morasi¹;
Juliana Takahashi Maffei³; Nathália Cristina Cirone Silva⁴

¹Estudante do Curso de Mestrado em Ciência de Alimentos - PPGCA – FEA/ UNICAMP.

²Estudante do Curso de Doutorado em Ciência de Alimentos - PPGCA – FEA/ UNICAMP.

³Estudante de Iniciação Científica – FEA/ UNICAMP.

⁴Docente/pesquisador do Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição – DECAN – UNICAMP.

Introdução: A mastite bacteriana bovina é definida como o processo inflamatório da glândula mamária de vacas. Em rebanhos leiteiros, é a enfermidade mais prevalente e onerosa devido à menor produção e qualidade do leite e aos custos com o tratamento dos animais afetados. Entre os microrganismos bacterianos causadores de mastite, *E. coli* é um dos principais agentes etiológicos predominantemente associados à doença. Em casos de mastite ocasionados por *E. coli*, emprega-se a antibioticoterapia para o controle do quadro. Todavia, na maioria dos casos, o uso indiscriminado dos antimicrobianos estimula o surgimento de *E. coli* multirresistentes aos antibióticos. **Objetivos:** Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o perfil de resistência aos antimicrobianos de cepas de *E. coli* isoladas de amostras individuais de leite de vacas com mastite. **Métodos:** Foram testadas 81 cepas de *E. coli* isoladas de amostras individuais de leite de vacas com mastite provenientes dos estados de Goiás, Paraíba, Pará, Santa Catarina e São Paulo. A identificação das amostras foi confirmada pelo isolamento de colônias características em ágar MacConkey, testes bioquímicos (Indol, Citrato, Vermelho de Metila e Voges-Proskauer) e Maldi-TOF. O método utilizado para determinar o perfil de resistência aos antibióticos (ampicilina, cefepime, cefotaxima, ceftriaxona, cefoxitina, ceftazidima, ceftiofur, aztreonam, gentamicina, estreptomina e tetraciclina) foi o teste de Disco-difusão em ágar Müller-Hinton e seguiu as recomendações do Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI. **Resultados:** Os resultados do teste de suscetibilidade aos agentes antimicrobianos mostraram que 44,4% (36/81) das cepas apresentaram resistência a pelo menos um dos onze antimicrobianos usados. Resistência à estreptomina, tetraciclina e ampicilina foi observada em 55,55% (20/36), 50% (18/36) e 33,33% (12/36). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos que detectaram uma maior resistência a estreptomina, tetraciclina e ampicilina em isolados de *E. coli* de amostras individuais de leite de vacas com mastite. **Conclusão:** Os resultados obtidos apontam as amostras de leite como reservatório na disseminação de cepas de *E. coli* com elevado grau de resistência a diversos antibióticos, principalmente à estreptomina. O perfil de multirresistência das cepas de *E. coli* demonstra a necessidade do uso racional de antimicrobianos no controle da mastite ocasionada por esse microrganismo e da adoção de medidas que controlem a disseminação de genes de resistência visando à redução na sua circulação e os possíveis riscos para a saúde única.

Palavras-chave: Segurança de Alimentos; Resistência antimicrobiana; Mastite bacteriana.

ASSISTÊNCIA NUTRICIONAL E SEGURANÇA ALIMENTAR EM
ÂMBITO HOSPITALAR PORTO VELHO – RODA COSTA, Gerleide Monteiro¹; NASCIMENTO, Viviane de Carvalho² KUBOTA,
Luma Akemi de Azevedo³¹Agência Estadual de Vigilância em Saúde de Rondônia -AGEVISA, Porto Velho, Rondônia, Brasil

O nutricionista no exercício de suas atribuições, tem o papel fundamental de estabelecer parâmetros eficazes para a promoção do paciente, através de diagnóstico clínico, estado nutricional, conforme conduta nutricional para cada paciente. A assistência nutricional e segurança alimentar em âmbito hospitalar requer o acompanhamento contínuo do estado nutricional dos enfermos, contribuindo na realização de um plano terapêutico de acordo com o grau e complexidade da doença, minimizando os riscos de desnutrição é possibilitando condições para alta hospitalar segura. A alimentação é um elemento essencial no cuidado hospitalar e deve associar características que atendam as suas necessidades nutricionais, higiênicosanitárias, sensoriais e psicossociais. **Objetivos:** Avaliar a percepção dos nutricionistas sobre a assistência nutricional e segurança alimentar para os pacientes em âmbito hospitalar. **Métodos:** O estudo, de caráter qualitativo, foi desenvolvido com dezenove (19) nutricionistas que atuam em âmbito hospitalar no município de Porto Velho (RO). Os dados foram coletados, tabulados, e apresentados como figuras em gráficos, através de um questionário semiestruturado, produzido e disponibilizado da plataforma Google Forms online, constituído de oito (08) perguntas no total, sendo seis (06) perguntas fechadas e duas (02) perguntas abertas de linguagem simples, com duração de 96hs com encerramento automático. A tempo, institui questionamentos sobre o conhecimento e a realidade existente pelo profissional nutricionista, neste âmbito hospitalar, e os constantes desafios, reflexos da comunicação entre a equipe multidisciplinar. **Resultados:** As principais dificuldades encontradas traçar estratégias que promova momentos para reflexão e discussão entre a equipe multidisciplinar, proporcionando melhor qualidade de vida e bem-estar aos pacientes. **Conclusão:** O estudo esclareceu elementos proeminentes a respeito dos profissionais nutricionistas e seus diversos desafios dentro de assistência nutricional e segurança alimentar em âmbito hospitalar. Tendo como premissa que as ações de promoção, manutenção e recuperação da saúde relacionada à alimentação adequada e saudável, listadas em políticas estratégicas. Portanto a vivacidade dentro da equipe multidisciplinar, é fundamental para o tratamento eficaz ao paciente. O nutricionista que atuar em nutrição hospitalar, como em toda ciência, deve buscar constante atualização científica, bem como manter a saúde e bem-estar, de indivíduos e toda a sociedade, fazer jus a sua profissão.

Palavras-chave: Assistência; Segurança Alimentar; Nutricionista.



CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR METAIS PESADOS E SEU IMPACTO NA FUNCIONALIDADE COGNITIVA DO ÁCIDO GRAXO ÔMEGA 3

Juliana Tomaz Pacheco Latini²; Giulia Correa Marques de Barros¹; Vinícius Justiniano de Oliveira¹; Kátia Calvi Lenzi de Almeida³

¹Estudantes do Curso de Medicina, Instituto de Ciências Médicas, Centro Multidisciplinar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CM UFRJ-Macaé)

²Docente/pesquisador do Instituto de Ciências Farmacêuticas, Centro Multidisciplinar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CM UFRJ-Macaé)

³Docente/pesquisador do Instituto de Ciências Médicas, Centro Multidisciplinar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CM UFRJ-Macaé)

Introdução: Evidências obtidas em estudos clínicos mostram que o consumo de ácidos graxos essenciais (AGEs), dentre eles o ácido graxo ômega 3 pode reduzir o risco para doenças neurodegenerativas, assim como sua deficiência pode provocar alterações bioquímicas e morfológicas no cérebro em desenvolvimento. As principais fontes alimentares de AGEs são algumas oleaginosas, como a semente de linhaça, além de óleos de canola e oliva e peixes de água salgada, porém algumas pesquisas têm discutido os possíveis riscos relacionados ao consumo destes pescado por conta da sua possível contaminação por metais pesados, poluentes organoclorados e dioxinas resultantes da utilização excessiva de agrotóxicos com o despejo de esgoto sem tratamento adequado nos rios e mares. Sabe-se que essa contaminação pode ser tóxica ao ponto de comprometer vários órgãos alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares e que tal bioacumulação pode ser extremamente tóxica devido ao elevado índice de absorção gastrointestinal destes alimentos. **Objetivos:** Dessa forma, este projeto pretende identificar metais pesados presentes nos peixes mais comercializados no Mercado Municipal de Peixes de Macaé/RJ analisando sua influência na utilização do ácido graxo ômega 3 proveniente destes como coadjuvante terapêutico no tratamento de doenças neurodegenerativas infantis. **Métodos:** Para isso, serão coletadas amostras dos peixes mais comercializados no Mercado Municipal de Peixes de Macaé, onde serão quantificados metais como Cobre, Cádmio, Chumbo e Mercúrio, sendo estes utilizados para confecção de rações para testes experimentais de recuperação cognitiva de camundongos filhotes previamente hipoxemiados, no intuito de avaliar a ação do ácido graxo ômega 3 como coadjuvante do tratamento de doenças neurodegenerativas infantis. Vale ressaltar que ensaios biológicos prévios deste grupo de pesquisa já identificaram um significativo potencial funcional do ácido graxo ômega 3 marinho na recuperação cognitiva de camundongos hipoxemiados, porém identificaram também a possível existência de algum agente interferente que prejudique a funcionalidade deste ácido graxo, o que justifica a necessidade da quantificação de metais pesados nas amostras de peixes utilizadas. **Resultados:** nossos resultados prévios indicam a presença de todos os metais estudados nas amostras analisadas, inclusive sugerem uma contaminação por Mercúrio nas mesmas devido à alta concentração encontrada. **Conclusão:** os dados coletados demonstram que os animais alimentados com pescado contaminado não tiveram um desenvolvimento cognitivo adequado à suplementação com ômega 3, confirmando a hipótese de que estes metais influenciam negativamente na funcionalidade

deste ácido graxo. Porém, é necessário o prosseguimento do estudo para que os dados coletados possam corroborar ou não com isto.

Palavras-chave: pescado, contaminantes, ômega 3, ácidos graxos, funcionalidade, cognição



MIGRAÇÃO DE DIETIL FTALATO PARA CORTE DE CUPIM REFRIGERADO ACONDICIONADO EM FILME FLEXÍVEL

Tatianne Ferreira de Oliveira¹ ; Maria Carolina de Almeida² ; Flávio Silva¹ 

¹Docente/pesquisador do Depto de Engenharia de Alimentos – PPGCTA – UFG

¹Doutoranda do Curso Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA - UFG

Resumo

Introdução: O Brasil é um grande produtor de plásticos flexíveis que são amplamente utilizados em alimentos. Na literatura científica, os ftalatos apresentam como risco potencial à saúde humana tanto por interferir no funcionamento normal do sistema endócrino, ditos desreguladores endócrinos; por sua ação cancerígena, mutagênica; e por causar anormalidade no sistema reprodutivo.

Objetivo: Avaliar as migrações de contaminantes para alimentos, principalmente alimentos gordurosos, aplicando uma metodologia de baixo custo, precisa, rápida e validada, foi proposta neste estudo a fim de obter uma análise direta da rastreabilidade da migração de embalagem flexível para o alimento via headspace por HRGC-MS.

Métodos: Neste estudo, foi realizada a detecção e a rastreabilidade da migração de dietil ftalato (DEP) do filme plástico flexível que acondiciona o corte cupim durante o armazenamento refrigerado por meio de análise semi-quantitativa em cromatografia gasosa.

Resultados: O corte cupim refrigerado acondicionado em filme plástico durante seu armazenamento, conforme orientações do fabricante teve a presença de DEP identificada em 100% das amostras, portanto a migração para o alimento foi confirmada. O impacto à saúde pública ainda não é nortado por normativas e parâmetros com limites de tolerância específicos de migração para DEP.

Conclusão: A revisão das normas oficiais é urgente, para promover intensa restrição à migração e, logo, à reflexão dos hábitos cotidianos de consumo.

Palavras-chave

alimentos gordurosos; dietil ftalato; embalagens plásticas flexíveis; migração; saúde pública.

**ATIVIDADES EDUCATIVAS COM MANIPULADORES DE
ALIMENTOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFRJ****Julia Medeiros Ramalho¹; Verônica Oliveira²; Tatiana Schiavone³; Raquel
Zacarias³; Maria Cláudia Soares Carvalho⁴**¹Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Nutrição - PPGN / UFRJ.²Docente do Instituto de Nutrição - INJC / UFRJ.³Nutricionista - UFRJ.⁴Orientadora – Docente PPGN / UFRJ.

Introdução: O Restaurante Universitário (RU) da UFRJ fornece diariamente em torno de dez mil refeições para a comunidade universitária. Como um restaurante escola, no RU a construção de conhecimento busca promover a integração e participação de diferentes atores sociais, incluindo os manipuladores de alimentos, através do Programa de Capacitação de Manipuladores de Alimentos (PCMA). A manipulação dos alimentos pode ser um risco à saúde dos consumidores e, nesse sentido, a educação dos trabalhadores envolvidos na produção de alimentos constitui-se uma estratégia de prevenção para Doenças Transmitidas por Alimentos. Mesmo sabendo que nem sempre o conhecimento se transforma em atitudes seguras, estratégias educacionais podem contribuir para a segurança dos alimentos quando consideram a realidade local, estimulam a aprendizagem dos indivíduos e a percepção dos trabalhadores no seu cotidiano e em suas experiências. **Objetivo:** analisar e caracterizar as atividades educativas envolvendo manipuladores de alimentos no RU da UFRJ considerando a realidade local e as percepções dos manipuladores de alimentos. **Métodos:** as atividades analisadas compreenderam o período de janeiro a maio de 2023 e constituem o PCMA do RU. A estratégia educativa contemplou as etapas de planejamento, elaboração do material didático, execução das atividades por meio dinâmicas ativas e participativas, com a utilização de discussão de representações concretas como reportagens, sites, dados estatísticos, e avaliação das ações educativas, realizada através de debates ao fim das atividades. **Resultados:** as atividades educativas envolveram 105 funcionários nas funções de cozinheiro, auxiliar de cozinha, copeiro, magarefe, auxiliar de serviços gerais, estoquista, motorista, operador de caixa, encarregado de limpeza, nutricionista, técnico de nutrição, estagiário de nutrição e gastronomia. Os principais temas abordados foram relacionados às boas práticas de manipulação de alimentos. Os colaboradores demonstraram bom conhecimento durante os debates quando utilizados casos reais de ocorrência de doenças de origem alimentar e reforçaram a importância de informações simples e acessíveis no local de trabalho. A partir disso, algumas instruções de trabalho foram reformuladas para facilitar a comunicação sobre assuntos complexos, como por exemplo, higienização de equipamentos. **Conclusão:** atividades educativas voltadas a realidade local, com estímulo ao debate e ao pensamento crítico, a troca de saberes, incluir todos colaboradores envolvidos na segurança dos alimentos e a diversidade dos grupos foram pontos positivos que demonstraram potencial para a conscientização de uma atuação profissional com mais segurança na manipulação de alimentos.

Palavras-chave: Manipulador de alimentos; Segurança dos Alimentos; Restaurante Universitários.

Agradecimento à Instituição de fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.



QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE CREME DE AÇAÍ COMERCIALIZADOS EM LIMOEIRO DO NORTE

Cladiana Alexandre de Lima¹; Delianne Ketilyunny Viana Granja²; Thainá Anunciação Ferreira Mateus³; Luana Guabiraba Mendes⁴; Antônia Lucivania de Sousa Monte⁵ Daniele Maria Alves Teixeira Sá⁵

¹Estudante do Curso de Mestrado em Tecnologia de alimentos - PGTA – IFCE *campus* Limoeiro do Norte.

²Estudante do Curso de Mestrado em Tecnologia de alimentos - PGTA – IFCE *campus* Limoeiro do Norte.

³Estudante do Curso de Mestrado em Tecnologia de alimentos - PGTA – IFCE *campus* Limoeiro do Norte.

⁴Pós-doutoranda do curso de Mestrado em Tecnologia de alimentos - PGTA – IFCE *campus* Limoeiro do Norte.

⁵Docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos - PGTA – IFCE *campus* Limoeiro do Norte.

Introdução: A comercialização do açaí está bastante difundida no cenário nacional e internacional, devido principalmente, às suas propriedades nutricionais e por ser um alimento com inúmeras funções na dieta humana. **Objetivo:** O estudo avaliou amostras de creme de açaí comercializadas no município de Limoeiro do Norte-Ceará. **Métodos:** As amostras foram adquiridas no supermercado local e transportadas ao laboratório sob congelamento. Foram analisados os seguintes parâmetros exigidos por legislação para creme de açaí: *Salmonella*, enterobactérias e sólidos solúveis e densidade que são exigidos por legislação vigente. **Resultados:** Foram analisados três lotes do produto nos laboratórios de microbiologia e química dos alimentos do IFCE. As análises mostraram resultados satisfatórios para todas as análises microbiológicas onde se manteve ausência para *Salmonella* e para enterobactérias (Podendo ter um valor ≤ 10 e manteve ausente em todas as amostras). Com relação aos sólidos solúveis as amostras mostraram um valor de: 22,2 para o lote: A2305, para o lote: L2201 foi de 22,9 e para o lote: A2303 foi de 22,0. Com relação ao parâmetro densidade os lotes mantiveram uma densidade de 688 a 808. **Conclusão:** Os resultados encontrados nas três amostras de creme de açaí demonstraram que os lotes analisados estão em adequação aos parâmetros exigidos por legislação. Isso mostra que a marca analisada mantém um padrão de qualidade e cuidado com suas boas práticas de fabricação no seu processamento.

Palavras-chave: Segurança Alimentar; Legislação; Processamento.

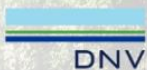
Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





Capítulo 35

DOI: 10.53934/08082023-35

**MIGRAÇÃO DE DIETIL FTALATO PARA FRANGO ASSADO
ACONDICIONADO EM SACO PLÁSTICO: DETECÇÃO E
RASTREABILIDADE**Maria Carolina de Almeida¹*; Flávio Silva²; Tatianne Ferreira de Oliveira²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Campus Inhumas, Avenida Universitária, Vale das Goiabeiras, 75402-556, Inhumas, Brasil.

²Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás-UFG, Campus Samambaia, Rodovia Goiânia-Nova Veneza Km-0, Caixa Postal 131, 74690-900, Goiânia, Brasil.

*Autor correspondente (Corresponding author) – E-mail: maria.almeida@ifg.edu.br

Resumo

Neste estudo, foi realizada a detecção e rastreabilidade da migração de dietil ftalato do saco plástico que acondiciona o frango durante o tratamento térmico em forno. O Brasil é um grande produtor de plásticos flexíveis que são amplamente utilizados em alimentos. A avaliação das migrações de contaminantes para alimentos, principalmente alimentos gordurosos, elucida a possível transmissão de doenças através do consumo diário de contaminantes migrantes das embalagens. Através de uma metodologia precisa, rápida e validada, a proposta deste estudo foi obter uma análise direta da rastreabilidade da migração de embalagem flexível para o alimento via headspace por HRGC-MS. O frango assado dentro de saco plástico, conforme orientações do fabricante teve a presença de DEP identificada em 100% das amostras, portanto a migração para o alimento foi confirmada. A revisão das normas oficiais é urgente, para promover intensa restrição à migração e à reflexão dos hábitos cotidianos de consumo.

Palavras-chave

alimentos gordurosos; dietil ftalato; embalagens plásticas flexíveis; migração; saúde pública.

Abstract

In this study, the detection and traceability of migration of diethylphthalate from plastic bags, a flexible packaging used in food, was carried out. Brazil is a major producer of flexible plastics that are widely used in food. The evaluation of the migration of contaminants to food, mainly fatty foods, elucidates the possible transmission of diseases through the daily consumption of contaminants that migrate from packaging. Through a precise, fast and validated methodology, the objective of this study was to obtain a direct

analysis of the migration traceability of flexible packaging for food via headspace by HRGC-MS. The chicken roasted inside a plastic bag, according to the manufacturer's instructions, had the presence of DEP identified in 100% of the samples, therefore, migration to the food was confirmed. The revision of official rules is urgent, to promote intense restrictions on migration and the reflection of everyday consumption habits.

Keywords

diethyl phthalate; fatty foods; flexible plastic packaging; migration; public health.

Introdução

A embalagem flexível é amplamente usada para embalar produtos alimentícios, manter seu frescor e evitar a contaminação externa. Anda-Flores et al. (2021) (1) afirma que o policloreto de vinila (PVC) é um polímero rígido que é amolecido pela adição de plastificantes na fabricação de filmes flexíveis. Os ftalatos são amplamente aplicados como plastificantes em diversos produtos, sendo os mais utilizados os ortoftalatos, que são ésteres do ácido 1,2-benzeno dicarboxílico (ácido ftálico), e seus isômeros para e meta. O consumo global anual de plastificantes é de 7,5 milhões de toneladas, sendo os ortoftalatos, os mais consumidos. Em 2016, foram utilizadas 2,14 milhões de toneladas de plastificantes para a produção de filmes flexíveis (2). Mundialmente, observa-se que o aumento da demanda por ftalatos segue uma taxa média anual de 1,3% (3-4).

Alguns estudos mostraram que sob algumas condições de estresse (temperaturas altas/baixas, baixo pH, exposição à luz solar, longa vida útil etc.), eles se separam da estrutura do polímero e migram das paredes para o conteúdo do recipiente (5-7). Os ftalatos foram encontrados em uma grande variedade de alimentos e mesmo em baixas concentrações podem ser tóxicos. A migração para alimentos e água é potencializada quando a embalagem é submetida ao tratamento térmico (8-10). O di(2-etilhexil) ftalato (DEHP) foi classificado como carcinogênico, mutagênico e como desregulador endócrino (11) devido a seus efeitos no fígado, rins e sistema reprodutor (12). Dentre os efeitos tóxicos do dietil ftalato (DEP) estão o poder de toxicidade nos sistemas gastrointestinal e cardiovascular, e junto ao sistema reprodutivo (13-15).

Especificamente, o DEHP é permitido como plastificante em materiais de contato com alimentos, mas apenas para alimentos com alto teor de água (16). Devido a restrições no uso de DEHP em materiais de contato com alimentos, novos plastificantes foram desenvolvidos como substitutos disponíveis comercialmente. Um deles é o di(2-etilhexil) tereftalato (DEHT), o isômero para do DEHP (17). Não foi estabelecido parâmetro de limite de tolerância do DEHT por nenhuma legislação, tampouco para o DEP, e ainda não foram estabelecidos limites de migração específica em nenhuma dessas normas. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (18) determinou na RDC nº 17, de março de 2008, que as concentrações de DEHP são limitadas a 1,5 mg kg⁻¹ do limite de migração específica (LME), que estão em contato com alimentos ou como um agente auxiliar de processo em concentrações de até 0,1% no produto final. Isso vai obrigar a indústria a buscar plastificantes alternativos (19).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi detectar e rastrear o DEP presente na embalagem flexível de alimentos e no alimento acondicionado após o tratamento térmico. Foi realizado a detecção e o rastreamento da migração de DEP do saco plástico para o frango congelado temperado diretamente após ir ao forno.

2. Material e Métodos

2.1 Amostras de embalagens e alimentos

Analisou-se frango congelado temperado após ser submetido ao tratamento térmico e o saco plástico que o acondicionava, como embalagem secundária, adquirido no mercado local da cidade de Goiânia, Brasil. As amostras congeladas foram assadas dentro da embalagem diretamente (- frango temperado – “coxa”), conforme descrição do fabricante, Tabela 1 a seguir. As amostras de embalagens em uso foram cortadas com tesoura esterilizada, ocuparam 25% de um frasco de 20 mL. As amostras de alimentos foram picadas com auxílio de faca e tábua de corte limpas e esterilizadas, extraídos com auxílio de pinças e pesadas ($\approx 0,1$ g), ocupando 25% do frasco de 20 mL.

Tabela 1. Amostras de embalagens de alimentos (EE) e amostras de alimentos embalados (EA).

Amostra de embalagem	Amostra de alimento	Descrição da embalagem em contato direto com alimento	Tipo	Descrição do alimento	Recomendação do fabricante
EE9	EA9	PVC Filme flexível	Não informado	Coxas de frango congeladas com 10% de salmoura (água, sal, alho, cebola, ervas e aditivos)	Leve do congelador ao forno, retire a embalagem externa, guarde o produto dentro do saco transparente interno próprio para assar e leve ao forno pré-aquecido de 190°C a 210°C por 10 min, asse em temperatura média-alta de no máximo 210°C por 1 h e 10 min. O saquinho especial substitui o papel alumínio. Durante o cozimento, abra parcialmente a embalagem para liberar o vapor, deixando o produto mais suculento e dourado. Retorne o produto ao forno para dourar por mais 10 min. Ou até atingir a cor desejada.

2.2 Reagentes e materiais

A água ultrapura foi obtida usando um sistema Milli-Q (Millipore, Darmstadt); Foi adquirido um padrão DEP de 99,5% (Sigma Aldrich); Hexano de 99,9% (Proquímios); Ácido nítrico de 66% 10% v/v (Synth); Coluna capilar SH-Stabilwax-MS, 30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μ m (Shimadzu); usando gás hélio 5.0 analítico (White Martins) como gás de arraste e gás nitrogênio 5.0 analítico (White Martins) no headspace.

2.3 Detecção e qualificação de DEP em embalagens e alimentos no HRGC-MS

As análises foram realizadas em cromatógrafo a gás da marca Shimadzu Nexis GC2030 acoplado ao espectrômetro de massas, equipado com coluna SH-Stabilwax-ms (30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μ m). As amostras foram previamente aquecidas via headspace a 80°C por 30 minutos e um volume de 2 mL foi injetado no cromatógrafo.

O modo Split foi usado na proporção de 1:10 com um tempo de equilíbrio de 3 minutos. A temperatura do forno foi inicialmente programada para $100^{\circ}\text{C min}^{-1}$, aumentando para 180°C a uma taxa de $3^{\circ}\text{C min}^{-1}$, mantida por 5 min, depois aumentada para 290°C a uma taxa de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, e então mantida por 0,5 minutos. O tempo total gasto foi de 10 minutos. Hélio 5.0 foi utilizado como gás carreador, com pressão de 4,7 psi, vazão de $13,4 \text{ mL min}^{-1}$ e velocidade linear de $32,4 \text{ cm s}^{-1}$. A temperatura do injetor, interface e fonte de íons foi mantida a 250°C . O espectrômetro de massas operou no modo scan, utilizando ionização eletrônica (EI) com energia de 70 eV, registrando íons na faixa de 25 a 500 m/z com tempo de scan de 150 ms.

Todas as vidrarias utilizadas nos experimentos foram previamente lavadas com água destilada, imersas em ácido nítrico 10% por 24 horas, enxaguadas em água destilada e aquecidas em mufla a 550°C (Fornos Magnus) por 2 horas.

Resultados e Discussão

O tempo de retenção da DEP foi de 32,8 minutos. A Figura 1 mostra o cromatograma do padrão DEP; e a Figura 2 a amostra da embalagem do alimento (EE9) juntamente com a amostra de alimento embalado (EA9) em comparação com o cromatograma do padrão DEP. A Tabela 2 mostra a rastreabilidade dos compostos detectados por HRGC-MS. O composto dietil ftalato (DEP) detectado ocorreu no pico de $m/z = 149$. A identificação foi comparada com a base de dados de fragmentação do espectrômetro de massa fornecido pelo NIST Library System (NIST17s-2017).

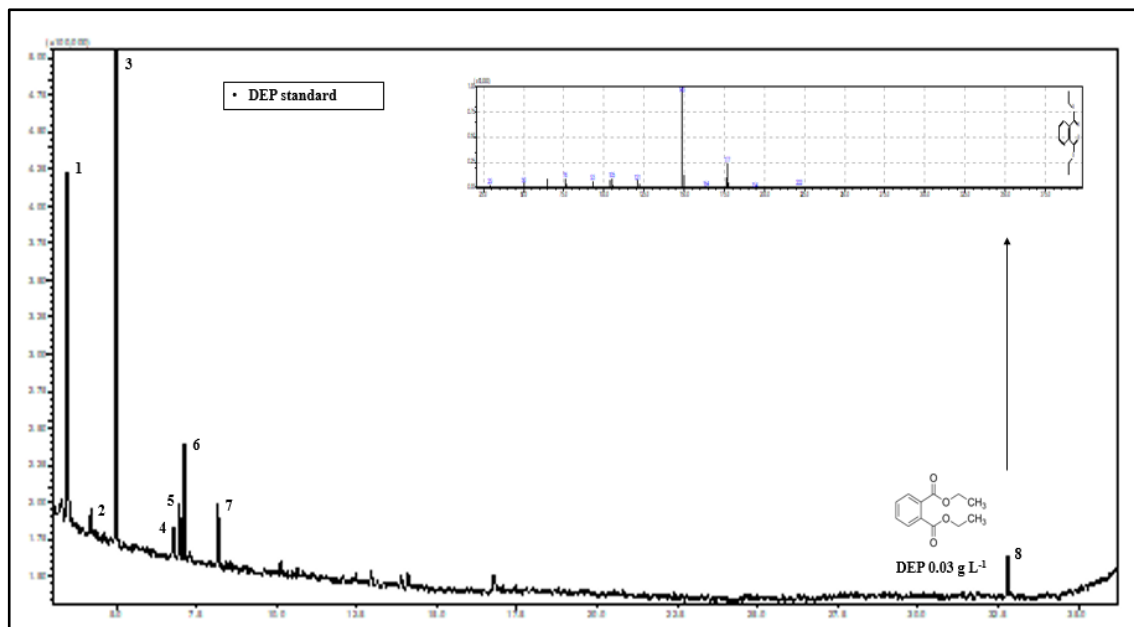
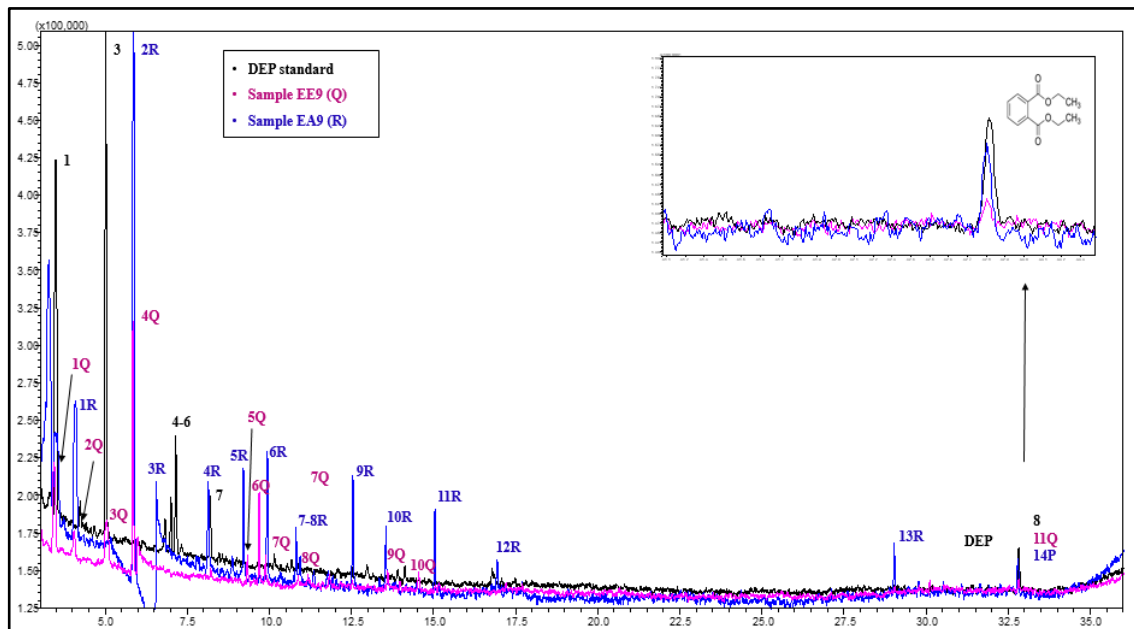


Fig. 1. Cromatograma do padrão DEP.

3.1 Determinação de ftalatos em embalagens e amostras assadas dentro da embalagem

Os resultados obtidos da amostra da embalagem do frango temperado congelado submetida ao tratamento térmico juntamente com o alimento e da amostra do alimento - frango temperado assado: EE9 (amostra do saco plástico submetido ao forno) e EA9 (amostra de coxas de frango congeladas com 10% de salmoura - água, sal, alho, cebola ervas e aditivos submetidas ao forno dentro do saco plástico), respectivamente estão na Figura 2 a seguir.



a) padrão DEP; EE9 (saco plástico usado do congelamento ao forno junto às coxas de frango temperadas); EA9 (coxas de frango assadas com 10% de salmoura). *Q = embalagem; R = alimento.

Fig. 2 Comparação entre os cromatogramas do padrão de DEP com os cromatogramas de detecção e rastreamento da migração de DEP da embalagem para o alimento congelado e assado amostrado dentro da embalagem.

Tabela 2. Resultados obtidos de amostras de alimento congelado e assado dentro da embalagem do relatório de pico TIC (m/z) pela detecção e rastreabilidade de compostos tanto no padrão DEP, como nas amostras da embalagem do alimento (EE9) e do alimento embalado pronto para o consumo (EA9).

Amostra	Pico	Tempo de retenção (min)	Nome	Amostra	Pico	Tempo de retenção (min)	Nome	Amostra	Pico	Tempo de retenção (min)	Nome
Padrão de DEP	1	3.4	Benzene	EE9	1Q	3.4	Ethanol	EA9	1R	4.0	Pentanal
	2	4.2	Undecane		2Q	4.0	Pentanal		2R	5.8	Hexanal
	3	5.0	Toluene		3Q	5.0	1-Propanol		3R	6.5	Nickel tetracarbonyl
	4	6.8	Ethylbenzene		4Q	5.8	Hexanal		4R	8.1	Hexanal, 5-methyl-
	5	7.0	p-Xylene		5Q	9.3	Furan, 2-pentyl-		5R	9.2	Furan, 2-pentyl-
	6	7.1	m-Xylene		6Q	9.6	2-Propanol, 1-propoxy-		6R	9.9	1-Pentanol

7	8.2	o-Xylene	7Q	9.8	1-Pentanol	7R	10.8	Octanal
8	32.8	DEP	8Q	11.8	2-Heptenal, (E)-	8R	10.9	Acetoin
			9Q	13.6	Nonanal	9R	12.5	1-Hexanol
			10Q	14.5	2-Octanal, (E)-	10R	13.5	Nonanal
			11Q	32.8	DEP	11R	15.0	1-Octen-3-ol
						12R	16.9	Benzaldehyde
						13R	29.0	Heptadecanal
						14R	32.8	DEP

Nas amostras EE9 e EA9, embalagem e alimento, foram detectadas intensidades de pico de DEP próximas entre as amostras do alimento embalados com a do padrão de DEP. O produto analisado foi frango assado (coxa) de dentro da embalagem, conforme sugestão do fabricante. Assim, nota-se que a migração é aumentada pelo tratamento térmico. Embalagens plásticas que acondicionam os alimentos em temperatura de congelamento e que depois vão para o forno junto aos alimentos podem facilitar a migração de seus compostos para os alimentos ou para a água.

Segundo pesquisa de Moreira et al. (8), os ftalatos migraram após aquecimento por micro-ondas para alimentos líquidos ($\text{pH} > 5$) com limites de detecção para dibutil ftalato (DBP) e benzil butil ftalato (BBP) de $0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ e $0,31 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. DBP foram encontrados em concentrações que variaram abaixo do limite de quantificação (LOQ), que é a menor quantidade de amostra que pode ser determinada com precisão e confiabilidade. Portanto, $< \text{LOQ}$ a $7,5 \mu\text{g L}^{-1}$. Foi observado aumento da migração em recipientes utilizados por tempo prolongado, dado o aumento do tempo de aquecimento, e para alimentos gordurosos (9), foram avaliados oito plastificantes em temperos e carne de frango assada armazenados em sacos plásticos por meio de GC-MS, com detecção limites variando de $0,01$ a $0,18 \mu\text{g kg}^{-1}$. Observou-se que houve aumento da migração, avaliada pelo aumento da área do pico de DEP. Di-isobutil ftalato (DIBP) e DBP foram encontrados nas espécies amostradas em maiores concentrações e em carne de frango temperada assada. Foram aplicados simuladores alimentares, incluindo água e óleo de girassol, de acordo com a legislação brasileira e europeia, respectivamente. Isso explica a detecção de ésteres de ácidos graxos, observados nos cromatogramas das amostras analisadas. As características dos alimentos também podem influenciar a contaminação por esses compostos, uma vez que os ftalatos são principalmente lipofílicos. Em outro estudo (20), as concentrações de ftalatos foram determinadas com variações menores que o limite de detecção (LOD), definido como a menor quantidade de análise presente em uma amostra que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, sob condições experimentais estabelecidas. Assim, $< \text{LOD}$ foi de $490 \mu\text{g kg}^{-1}$ para DBP, $< \text{LOD}$ foi de $4700 \mu\text{g kg}^{-1}$ para DEHP, $< \text{LOD}$ foi de $1750 \mu\text{g kg}^{-1}$ para BBP e $< \text{LOD}$ para DEP e dioctilftalato (DOP).

Além da migração ser maior em alimentos que passaram por tratamento térmico dentro da embalagem, (7, 21, 22) apontaram outro fator que potencializa a migração, como o tempo de armazenamento, os níveis de concentração de ftalatos em amostras de alimentos com base no curto prazo de validade e consumo com curto tempo de armazenamento são

muito menores do que o período aceitável de garantia de qualidade de pelo menos um ano. Outra pesquisa (7) sugeriu que em estudos subseqüentes seja feito um levantamento cuidadoso, sob supervisão de longo prazo, da cinética dos modelos de migração de ftalatos das paredes das embalagens flexíveis para os alimentos. Entre os analitos, a concentração de DEHP e di-n-butil ftalato (DnBP) após 1 ano cresceu cerca de 30 e 15 vezes o limite padrão (1,5 e 0,3 mg kg⁻¹ para DEHP e DnBP) respectivamente (23). Constataram (10) que, após 180 dias de armazenamento, a concentração prevista de DEHP já ultrapassava as diretrizes recomendadas pelo FDA dos EUA (6 mg L⁻¹) (24) e pela OMS (8 mg L⁻¹) (25). Portanto, a qualidade dos alimentos pode variar durante o período de garantia, a supervisão a longo prazo dos ftalatos nos alimentos embalados é vital.

Embora a literatura científica indique a conexão com inúmeros efeitos adversos à saúde, os limites para a presença de DEP em embalagens de contato direto com alimentos, ainda não foram estabelecidos parâmetros com limites de tolerância. Tem aplicação crescente como como plastificante (17), todavia já considerado poluente prioritário (27) e perigoso para o meio ambiente (28).

A migração desses plastificantes para alimentos e seus metabólitos é confirmada em diversos estudos, e indica a transmissão de doenças ao homem e seu impacto negativo no meio ambiente. Segundo Khaustov (29), a hipótese sobre o nível insuficiente de propriedades de barreira em embalagens PET para armazenamento de água pela alteração de propriedades ao longo do tempo e liberação de substâncias nocivas à saúde foi confirmada pelos resultados dos experimentos. O método de embalagem afeta radicalmente a composição do alimento, causa perda de propriedades para consumo e adquire características perigosas.

Conclusões

Os ftalatos são encontrados em uma grande variedade de alimentos para consumo diário, mas mesmo em baixas concentrações nos alimentos podem ser tóxicos e perigosos para a saúde. O desenvolvimento de métodos eficazes para detecção e quantificação de limites, mesmo em baixo nível, é uma necessidade. O método de detecção direta proposto foi adequado. Os resultados revelaram que é possível avaliar a detecção direta de DEP na embalagem e no alimento embalado por GC-MS. A utilização do headspace garante que o DEP seja detectado nas amostras sem a necessidade de pré-tratamento e sem o uso de simulantes. A embalagem flexível analisada e o alimento embalado apresentaram DEP. Assim, constatou-se que a migração dos ftalatos ocorre seguindo as condições de armazenamento (temperaturas, recomendações do fabricante para uso e prazo de validade, temperatura de consumo). A migração foi potencializada nas condições de tratamento térmico, quando a embalagem passou pelo congelamento e foi direto para o forno junto com o alimento. Portanto, é urgente rever as normas sanitárias para as embalagens flexíveis, principalmente as que têm contato direto com a superfície dos alimentos. Nesse contexto, há demanda por propostas de maiores restrições ao uso de ftalatos em embalagens flexíveis, principalmente para alimentos, para limitar sua migração, estabelecendo o controle sanitário por meio da implementação de parâmetros rígidos específicos.

Referências

1. Anda-Flores, Y. B., Cordon-Cardona, B. A., Gonzalez-León, A., Valenzuela-Quintanar, A. I., Peralta, E., Soto-Valdez, H. (2021). Effect of essay conditions on the migration of phthalates from polyvinyl chloride cling films used for food packaging in Mexico. *Food Pack. Shelf Life*, 29, 100684. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100684>
2. Markets (2017). Global demand for plasticizers continues to rise. *Additives for Polymers*, 10, 10–11. Data de acesso: 20 de janeiro de 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0306-3747\(17\)30137-9](https://doi.org/10.1016/S0306-3747(17)30137-9)
3. Luo, Q., Liu, Z-H., Yin, H., Dang, Z., Wu, P-X., Zhu, N-W., Lin, Z., Liu, Y. (2018). Migration and potential risk of trace phthalates in bottled water: global situation. *Water Res.*, 147, 362-372. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.002>
4. Singh, G., Gollapalli, R., Blinder, A., Gallo, F., Patel, M. (2019). A case study demonstrating the migration of diethyl phthalate from an ancillary component to the drug product. *J. Pharm. Biom. Anal.*, 164, 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.11.031>
5. Amiridou, D., Voutsas, D. (2011). Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *J. Haz. Mat.*, 185(1), 281-286. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.09.031>
6. Jayaweera, M., Perera, H., Bandara, N., Danushika, G., Gunawardana, B., Somaratne, C., Manatunge, J., Zoysa, K., Thathsara, T. (2020). Migration of phthalates from PET water bottle in events of repeated uses and associated risk assessment. *Environ. Scie. Poll. Res.*, 27, 39149–39163. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09925-4>
7. Cheshmazar, E., Arfaeinia, L., Vasseghian, Y., Ramavandi, B., Moradi, M., Hashemi, S. E., Asgari, E., Arfaeinia, H., Dragoi, E-N., Khaneghah, A. M. (2021). Phthalate acid esters in pickled vegetables packaged in polyethylene terephthalate container: Occurrence, migration, and estrogenic activity-associated risk assessment. *J. Food Comp. Anal.*, 99, 103880. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103880>
8. Moreira, M.A., André, L.C., Cardeal, Z.L. (2014). Analysis of phthalate migration to food simulants in plastic containers during microwave operations. *International J. Env. Res. Pub. Health*, 11, 507-526. <https://doi.org/10.3390/ijerph110100507>

9. Moreira, M.A., André, L.C., Cardeal, Z.L. (2015). Analysis of plasticiser migration to meat roasted in plastic bags by SPME–GC/MS. *Food Chem.*, 178, 195-200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.078>
10. Jeddi, M.Z., Rastkari, N., Ahmadkhanliha, R., Yunesian, M. (2016). Endocrine disruptor phthalates in bottled water: daily exposure and health risk assessment in pregnant and lactating women. *Env. Monit. Assess.*, 188, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5502-1>
11. Benjamin, S., Pradeep, S., Josh, M. S., Kumar, S., Masai, E. (2015). A monograph on the remediation of hazardous phthalates. *J. Haz. Mat.*, 298, 58–72. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.05.004>
12. Benjamin, S., Pradeep, S., Josh, M. S., Kumar, S., Masai, E. (2015). A monograph on the remediation of hazardous phthalates. *J. Haz. Mater.*, 298, 58–72. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.05.004>
13. Cariou, R., Larvor, F., Monteau, F., Marchand, P., Bichon, E., Dervilly-Pinel, G., Antignac, J-P., Le Bizec, B. (2016). Measurement of phthalates diesters in food using gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Food Chem.*, 196, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.045>
14. Casas, L., Fernández, M. F., Llop, S., Guxens, M., Ballester, F., Olea, N., Irurzun, M. B., Rodríguez, L. S. M., Riano, I., Tardón, A., Vrijheid, M., Calafat, A. M., Sunyer, J. (2011). Urinary concentrations of phthalates and phenols in a population of Spanish pregnant women and children. *Environ. Intern.*, 37, 858–866. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.012>
15. Kim, S., Yoo, J., Baek, J., Cho, K. (2015). Toxicology in vitro diethyl phthalate exposure is associated with embryonic toxicity, fatty liver changes, and hypolipidemia via impairment of lipoprotein functions. *Toxicology In Vitro*, 30, 383–393. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tiv.2015.09.026>
16. United, States, Food and Drug Administration – U.S. FDA (2020). 21-CFR-181.27. Code of Federal Regulations. Prior-sanctioned food ingredients. Data de acesso: 12 de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=181.27>.
17. Nagorka, R., Conrad, A., Scheller, C., Süßenbach, B., Moriske, H. J. (2011). Diisononyl 1, 2-cyclohexanedicarboxylic acid (DINCH) and Di (2-ethylhexyl) terephthalate (DEHT) in indoor dust samples: Concentration and analytical problems. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 214(1), 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2010.08.005>.
18. Brasil, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2008). Resolução RDC nº 17, de 17 de março de 2008. Regulamento técnico sobre lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. *Diário Oficial da União*, 18 março 2008, Brasília. Alcance: Federal, Área de atuação: Alimentos, 2008. 49p.

19. Barros, H.D., Zamith, H.P.S., Bazílio, F. S., Carvalho, L. J., Abrantes, S.M.P. (2011). Identification of fatty foods with contamination possibilities by plasticizers when stored in PVC film packaging. *Ciên. Tecn. Alim.*, 31, 547-552. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000200041>.
20. Cavaliere, B., Macchione, B., Sindona, G., Tagarelli, A. (2008). Tandem mass spectrometry in food safety assessment: The determination of phthalates in olive oil. *J. Chrom. A*, 1205, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.08.009>
21. Kim, Y.-J., Ryu, J.-C. (2006). Evaluation of estrogenic effects of phthalate analogues using in vitro and in vivo screening assays. *Mol. Cell. Toxicol.* 2, 106-113. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200617317912011.pdf>
22. Wang, J., Chen, G., Christie, P., Zhang, M., Luo, Y., Teng, Y. (2015). Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses. *Scie. Total Env.*, 523, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.101>
23. European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of European Union*, 12, 1–89. Data de acesso: 13 dezembro 2020. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/10/oj>
24. United States, Food and Drug Administration – U.S. FDA (2012). Guidance for industry bottled water quality standard: establishing an allowable level for di(2-ethylhexyl) phthalate small entity compliance guide. Accessible at. Food and Drug Administration of United States. Data de acesso: 13 dezembro 2020. Disponível em: <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM302173.pdf>
25. World Health Organization - WHO (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Ed. Incorporating the 1st Addendum*. Accessible at. World Health Organization. Data de acesso: 09 setembro 2021. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/
26. Alp, A.C., Yerlikaya, P. (2020) Phthalate ester migration into food: effect of packaging material and time. *Europ. Food Res. Techn.*, 246, 425–435. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03412-y>

27. United States, Environmental Protection Agency – U.S. EPA (2015). Accessible at. Environmental Protection Agency of United States. Data de acesso: 15 maio 2020. Disponível em: <http://www.epa.gov/waterscience/methods/pollutants.htm>
28. European Economic Commission – EEC (2015). Official Journal of the European Communities; Council Directive on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community (76/464/EEC), N° L129/23. Data de acesso: 09 julho 2016. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31976L0464>
29. Khaustov, A., Redina, M., Goryainov, S. (2022). Migration of PAHs and Phthalates from Package Materials during Water Storage: Glass or Plastic? Pol. Aromat. Comp., 42:2, 358-370, <https://doi.org/10.1080/10406638.2020.1734033>



Capítulo 36

DOI: 10.53934/08082023-36

TOLERÂNCIA DE ISOLADOS DE *ACINETOBACTER* SPP.
PROVENIENTES DE ALIMENTOS AO ÁCIDO PERACÉTICOLuana Monteiro Fernandes ; Rogério Caldeira Rodrigues Malta *; Gustavo
Luis de Paiva Anciens Ramos ; Janaína dos Santos Nascimento 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: rogeriocrmalta@gmail.com

Resumo: *Acinetobacter* spp. são bactérias extremamente relevantes em ambientes clínicos. Recentemente, elas surgiram como potenciais patógenos oportunistas de origem alimentar. Estudos sobre a tolerância de *Acinetobacter* spp. de origem alimentar a sanitizantes utilizados na indústria de alimentos e residências são necessários para ajudar a mitigar a contaminação dos alimentos por esses micro-organismos. Neste trabalho, isolados de saladas prontas (n = 11) e de leite de cabra cru (n = 4) foram avaliados quanto à tolerância ao ácido peracético (PAA). A *Food and Drug Administration* (FDA) recomenda que a concentração desse sanitizante em equipamentos e utensílios de processamento de alimentos e outros artigos em contato com alimentos não exceda 200 partes por milhão (ppm). Apenas três isolados de saladas e os quatro isolados de leite de cabra foram inibidos por concentrações mínimas inibitórias (MIC) e bactericidas (MBC) inferiores a 200 ppm de PAA. Nossos resultados demonstram, portanto, que *Acinetobacter* spp. isolados de alimentos podem ser tolerantes às concentrações recomendadas de PAA, o que representa um risco à saúde dos consumidores.

Palavras-chave: *Acinetobacter* spp., ácido peracético, alimentos, sanitizantes.

Abstract: *Acinetobacter* spp. are extremely relevant bacteria in clinical settings. Recently, they have emerged as potential food-borne opportunistic pathogens. Studies on the tolerance of *Acinetobacter* spp. products to sanitizers used in the food industry and households are needed to help mitigate food contamination by these microorganisms. In this work, isolates from ready-to-eat salads (n = 11) and from raw goat's milk (n = 4) were evaluated for tolerance to peracetic acid (PAA). The Food and Drug Administration (FDA) recommends that the concentration of this sanitizer in food processing equipment, utensils and other food contact articles not exceed 200 parts per million (ppm). Only three salad isolates and the four goat milk isolates were inhibited by minimum inhibitory (MIC) and bactericidal (MBC) concentrations below 200 ppm of PAA. Our results demonstrate, therefore, that *Acinetobacter* spp. isolated from foods may be tolerant to recommended concentrations of PAA, which poses a risk to the health of consumers.

Keywords: *Acinetobacter* spp., peracetic acid, food, sanitizers.

INTRODUÇÃO

As mudanças no estilo de vida fizeram com que alguns alimentos se tornassem muito populares por serem frescos, saudáveis, práticos e sem aditivos. Como exemplos desses alimentos podem ser citados os estão os prontos para o consumo, frescos, crus e minimamente processados. No entanto, esses produtos, apesar de serem considerados saudáveis, podem ter alguns perigos ocultos. Alimentos frescos podem ser considerados de alto risco do ponto de vista microbiológico, uma vez que são consumidos de maneira direta, ou seja, sem que passem por qualquer processo de inativação microbiana. Evidência disto é o aumento do número de surtos de doenças associadas ao consumo desses alimentos (1,2). Produtos frescos e crus, como leite, ou produtos minimamente processados, como saladas prontas, podem ser fontes de *Acinetobacter* spp.

Acinetobacter baumannii é um patógeno classificado como uma ameaça urgente pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), principalmente por conta de sua resistência a vários antibióticos (3). A maioria das infecções por *A. baumannii* são causadas por cepas resistentes a múltiplos antibióticos (MDR, "multidrug-resistant"); este fato dificulta no tratamento adequado e muitas vezes resulta em surtos hospitalares. Outro fato ainda mais relevante é que *A. baumannii* pode sobreviver em diferentes ambientes e condições adversas, incluindo longos períodos em superfícies (4). Portanto, é importante que o processo de descontaminação dessas superfícies aconteça de adequadamente para que a propagação dessas bactérias seja evitada.

Acinetobacter spp. não são apenas uma preocupação em ambientes clínicos. A presença dessas bactérias em indústrias e outros ambientes que produzem ou processam alimentos é uma preocupação. Cepas patogênicas resistentes a múltiplos antibióticos foram isoladas de diferentes amostras de alimentos e alguns estudos têm mostrado que os alimentos podem atuar como um vetor para a transmissão dessas bactérias aos consumidores (5-10).

Agentes sanitizantes são usados em hospitais e indústrias envolvidas com a produção, preparação e distribuição de alimentos (11). No entanto, diversos isolados de *A. baumannii* são resistentes a alguns desses agentes, contribuindo ainda mais para sua capacidade de sobreviverem em superfícies mesmo após os processos de higienização e se difundirem por meio de alimentos (4).

A eficiência dos sanitizantes utilizados para a eliminação desses microrganismos na indústria de alimentos e no ambiente doméstico precisa ser validada para garantir que esses agentes, nas concentrações recomendadas, sejam eficazes contra *Acinetobacter* spp. Neste estudo, a tolerância de *Acinetobacter* spp. isolados de leite cru de cabra e saladas prontas ao ácido peracético, sanitizante geralmente utilizado no processo de higienização de áreas de preparação de alimentos, foi avaliada.

MATERIAL E MÉTODOS

Isolados de *Acinetobacter* spp.

Os isolados foram identificados por espectrometria de massa com ionização por dessorção a laser assistida por matriz (MALDI-TOF) em estudos anteriores realizados no Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) (12) e Universidade Federal Fluminense (UFF) (13) e foram obtidos de leite de cabra cru (4 isolados: 1708, 2017, 2008, 1715) e de saladas prontas para consumo (11 isolados: F4R15/7, F3R18/7, F4R15/6, F5R14/3, F3R12/7, F1R13/7, F3R13/1, F1R13/6, F2R21, F2R13/7 e F4R15/3). As espécies identificadas estão apresentadas na Figura 1. Os isolados foram ativados a partir de estoques congelados a -20°C por meio de inoculação em placas contendo ágar Casoy. As placas foram incubadas a 37°C por 18 a 24h.

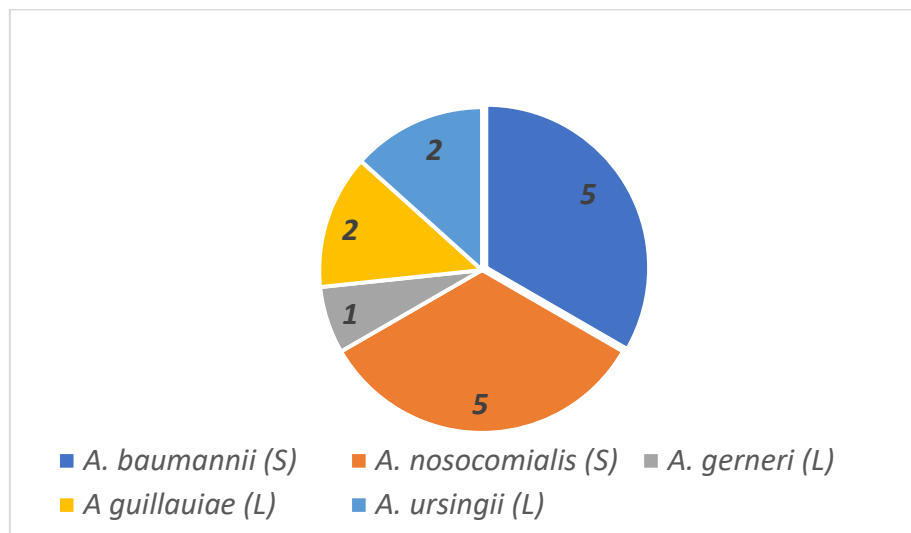


Figura 1 – Identificação dos isolados de *Acinetobacter* spp. utilizados neste trabalho. S, isolados provenientes de saladas prontas para consumo; L, isolados provenientes de leite de cabra cru.

Determinação da concentração inibitória mínima (MIC)

As concentrações inibitórias mínimas (MIC) de ácido peracético (PAA) foram determinadas pelo método de microdiluição em caldo em placas de microtitulação de poliestireno de 96 poços, conforme descrito por Obe e colaboradores (14), com pequenas alterações. Colônias de cada isolado de *Acinetobacter* spp., obtidas por isolamento em uma placa de ágar Casoy, foram inoculadas em 10 mL de solução salina a 0,85% (p/v) até a obtenção de turvação equivalente à escala 0,5 de McFarland (aproximadamente $1,5 \times 10^8$ UFC/mL). Um volume de 200 μL do sanitizante a ser testado foi adicionado ao primeiro poço das placas de microtitulação e 100 μL de caldo Casoy foi adicionado aos poços restantes na mesma linha. O sanitizante foi diluído transferindo-se 100 μL do primeiro poço até o último poço. Em seguida, 100 μL do inóculo preparado com os isolados bacterianos foram adicionados a cada poço, perfazendo o volume final, em cada poço, de 200 μL e a concentração de aproximadamente 10^6 UFC por poço (confirmada por plaqueamento). A concentração final de sanitizantes nos poços foi 1,9–1.000 ppm para PAA (PERAX RIO, Rioquímica, São Paulo, Brasil). A MIC foi determinada como a menor concentração do sanitizante que inibiu o crescimento de cada isolado de *Acinetobacter* spp. O experimento foi repetido três vezes para cada isolado. Poços de controle positivo contendo 100 μL de caldo adicionados de 100 μL do inóculo bacteriano e poços de controle negativo contendo 200 μL de caldo TSB foram incluídos antes da incubação da placa a 37°C por 24 h. Após a incubação, o crescimento bacteriano foi determinado de forma visual, com base na turbidez. A CMI foi determinada como sendo a concentração mais baixa do sanitizante que inibiu o crescimento de cada isolado de *Acinetobacter* sp. O experimento foi repetido três vezes para cada isolado.

Determinação da concentração bactericida mínima (MBC)

A MBC foi determinada conforme descrito por Haubert e colaboradores (15). O MBC foi avaliado a partir de poços sem crescimento bacteriano visível, conforme obtido no experimento anterior. Alíquotas de 100 µL foram cultivadas em placas de ágar TSA (Himedia, São Paulo, Brasil) e incubadas a 37 °C por 24 horas. Após a incubação, as colônias foram contadas. A MBC foi definida como a menor concentração de desinfetante na qual 99,9% das células foram mortas. Três experimentos independentes foram conduzidos para cada isolado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PAA é comumente utilizado como substituto de compostos à base de cloro em processos de desinfecção e foi aprovado pelo FDA para uso na indústria de alimentos (16, 17). O risco de desenvolvimento de tolerância ou resistência a esse agente é considerado muito baixo devido à baixa especificidade das reações do PAA. Este agente funciona desnaturando proteínas, quebrando a permeabilidade da parede celular e oxidando sulfidrila e ligações de enxofre em proteínas, enzimas e outros metabólitos. Também induz a formação e acúmulo de radicais hidroxila na célula bacteriana, que são letais (18,19).

A MIC de oito (71,7%) dos 11 isolados de saladas prontas para PAA foi \geq 250 ppm (Tabela 1). O MIC e MBC dos isolados de leite cru estavam entre 31,2-62,5 ppm.

Tabela 1 – Concentração mínima inibitória (MIC) e bactericida (MBC) do ácido peracético

Origem	Identificação	Isolado	Concentração (em ppm)	
			MIC	MBC
Saladas prontas para consumo	<i>Acinetobacter baumannii</i>	F3R18/7	500	500
		F3R13/1	125	125
		F1R13/6	250	250
		F2R21	125	250
		F2R13/7	250	250
	<i>Acinetobacter nosocomialis</i>	F4R15/7	500	500
		F4R15/6	250	250
		F3R12/7	250	250
		F4R15/3	500	500
		F1R13/7	125	125
Leite de cabra cru	<i>Acinetobacter gernerii</i>	F5R14/3	500	500
		<i>Acinetobacter guillauiae</i>	1708	31,2
	<i>Acinetobacter guillauiae</i>	1715	62,5	62,5
	<i>Acinetobacter ursingii</i>	2017	62,5	62,5
	<i>Acinetobacter ursingii</i>	2008	31,2	31,2

ppm, partes por milhão.

Nossos resultados mostraram que, no caso do PAA, os valores de MIC e MBC dos isolados de leite de cabra cru foram menores do que os isolados de saladas e ficaram abaixo da concentração recomendada pelo FDA (> 100 ppm e < 200 ppm). No entanto, a MIC para oito (71,7%) dos 11 isolados de saladas prontas foi maior ou igual a 250 ppm, sugerindo que o PAA na concentração recomendada não seria eficaz para a inibição desses isolados.

Compreender a concentração efetiva de um agente sanitizante é de extrema importância, pois pode prevenir a propagação de bactérias através dos alimentos e sua permanência em superfícies por meio de biofilmes. Já foi descrito, inclusive, surtos em ambiente hospitalar, onde concentrações inadequadas de hipoclorito de sódio foram utilizadas para desinfecção e resultaram na disseminação de uma cepa de *A. baumannii* resistente a imipenem (IRAB) na unidade de terapia intensiva. Os autores verificaram que apenas concentrações de 5.000 ppm de NaClO foram capazes de controlar e erradicar o surto de IRAB (20).

CONCLUSÕES

Procedimentos eficientes de desinfecção são fundamentais para a prevenção e eliminação de patógenos em instalações agrícolas, saúde, indústria alimentícia e residências. Nossos resultados demonstraram que mesmo *Acinetobacter* spp. isolados de alimentos podem ser tolerantes às concentrações recomendadas de PAA, amplamente utilizadas na indústria de alimentos e residências.

Ababneh e colaboradores (21) também apontam que os consumidores também devem fazer sua parte para se proteger desse tipo de contaminação, garantindo que seus alimentos frescos sejam lavados e cozidos adequadamente antes de serem consumidos. Conforme apontado por Lee e colaboradores, é necessária a aplicação correta de ferramentas como o procedimento operacional padrão de saneamento e análise de perigos de pontos críticos de controle (22). Essas ferramentas, aliadas à inspeção completa e periódica de equipamentos e utensílios, são fundamentais para a prevenção da formação de biofilme em ambientes de processamento de alimentos.

REFERÊNCIAS

1. Callejón RM, Rodríguez-Naranjo MI, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Garcia-Parrilla MC, Troncoso AM. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. *Foodborne Pathog Dis.* 2015; 12: 32-38.
2. Castro-Ibáñez I, Gil MI, Allende A. Ready-to-eat vegetables: current problems and potential solutions to reduce microbial risk in the production chain. *LWT-Food Sci Technol.* 2017; 85: 284-292.
3. CDC - Centers for Disease Control and Prevention. AR threats report in: antibiotic/antimicrobial resistance (AR/AMR) [Internet]. 2019 [Acesso em: 2022 jul 10]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/drugresistance/biggest-threats.html>.
4. Betchen M, Giovinco HM, Curry M, Luu J, Fraimow H, Carabetta VJ, Nahra R. Evaluating the effectiveness of hospital antiseptics on multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*: understanding the relationship between microbicide and antibiotic resistance. *Antibiotics.* 2022; 11: 614.

5. Araújo BC, Moraes MS, Costa LEO, Nascimento JS. Multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii-calcoaceticus* complex isolated from infant milk formula and utensils in a nursery in Rio de Janeiro, Brazil. *J Dairy Sci.* 2015; 98: 2303–2306.
6. Amorim AMB, Nascimento JS. *Acinetobacter*: an underrated foodborne pathogen? *J Infect Dev Ctries.* 2017; 11: 111-114. doi: 10.3855/jidc.8418.
7. Zekar FM, Granier SA, Marault M, Yaici L, Gassilloud B, Manceau C, Touati A, Millemann Y. From farms to markets: Gram-negative bacteria resistant to third-generation cephalosporins in fruits and vegetables in a region of North Africa. *Front Microbiol.* 2017; 8: 1569.
8. Carvalheira A, Silva J, Teixeira P. Lettuce and fruits as a source of multidrug resistant *Acinetobacter* spp. *Food Microbiol.* 2017; 64: 119–125.
9. Malta RCR, Ramos GLPA, Nascimento JS. From food to hospital: we need to talk about *Acinetobacter* spp. *Germes.* 2020; 10: 210-217.
10. Malta RCR, Cruz CHS, Santos JB, Ramos GLPA, Nascimento JS. *Acinetobacter* in food: an overview. 1. ed. Paraná: Atena Editora. 2020; 66 p.
11. Butucel E, Balta I, Ahmadi M, Dumitrescu G, Morariu F, Pet I, Stef L, Corcionivoschi N. Biocides as biomedicines against foodborne pathogenic bacteria. *Biomedicines.* 2022; 10: 379.
12. Ramos GLPA, Nascimento JS. Characterization of *Acinetobacter* spp. from raw goat Milk. *Ciênc Rural.* 2019; 49: e20190404.
13. Beltrão JC. Evaluation of the microbiological quality of ready-to-eat raw vegetable salads and identification of the antibiotic resistance profile of isolated enterobacteria [dissertação]. Niterói: Science Program Applied to Health Products, UFF; 2019
14. Obe T, Nannapaneni R, Schilling W, Zhang L, Kiess A. Antimicrobial tolerance biofilm formation and molecular characterization of *Salmonella* isolates from poultry processing equipment. *J Appl Poult Res.* 2021; 30: 100195.
15. Haubert L, Maia DSV, Rauber-Würfel SDF, Vaniel C, Silva WP. Virulence genes and sanitizers resistance in *Salmonella* isolates from eggs in southern Brazil. *J Food Sci Technol.* 2022; 59: 1097–1103.
16. Food and Drug Administration (FDA). Code of Federal Regulations. Title 21, v. 3, 21CFR178.1010, Part 178: Indirect food additives: adjuvants, production aids, and sanitizers. Subpart B: Substances utilized to control the growth of microorganisms. Sec. 178.1010, sanitizing solutions [Internet]. 2019 [Acesso em 2022 ago 04]. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=178.1010>.
17. Pironti C, Dell'Annunziata F, Giugliano R, Folliero V, Galdiero M, Ricciardi M, Mott O, Proto A, Franci G. Comparative analysis of peracetic acid (PAA) and permaleic acid (PMA) in disinfection processes. *Sci Total Environ.* 2021; 797: 149206.

18. European Chemicals Agency (ECHA). Opinion on the application for approval of the active substance: peracetic acid. Product-type: 2. ECHA/BPC/068/2015 [Internet]. 2015 [Acesso em 2022 jul 12]. Disponível em: <https://echa.europa.eu/documents/10162/e10165ca10148f10165-10168c10158-10164baf-10168ced-10162ece65470ffa>.
19. Kampf G. Peracetic acid. *In* Antiseptic stewardship. Springer Nature Switzerland, Gewerbestrasse, Cham, Switzerland. 2018; 63-98.
20. Liu WL, Liang HW, Lee MF, Lin HL, Lin YH, Chen CC, Chang PC, Lai CC, Chuang YC, Tang HJ. The impact of inadequate terminal disinfection on an outbreak of imipenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in an intensive care unit. PLoS One. 2014; 9: e107975
21. Ababneh Q, Al-Rousan E, Jaradat, Z. Fresh produce as a potential vehicle for transmission of *Acinetobacter baumannii*. Int J Food Contam. 2022; 9: 5.
22. Lee SHI, Portinari MRP, Corassin CH, Oliveira CAF. Biofilms from pathogenic bacteria in food processing environments: formation and preventive disinfection procedures. Food Sci Eng. 2022; 3: 12-19.



Capítulo 37

DOI: 10.53934/08082023-37

SUJIDADES E MATÉRIAS ESTRANHAS EM AMEIXA E UVA
PASSAMárcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini *; Luana Sabrina Rodrigues Nobre
de Alencar **geraldo@professores.utfpr.edu.br*

Resumo: O Brasil tem um papel de destaque na produção de frutas, sendo a fruticultura, um importante segmento. A uva e a ameixa são duas frutas com alta perecibilidade, pois contém grande quantidade de água livre, diminuindo sua vida útil, gerando grandes perdas pós colheita. Uma forma para diminuição de perdas pós colheita é o seu processamento, transformando em fruta seca/passa. O presente trabalho teve como objetivo analisar e quantificar as sujidades encontradas em 10 amostras de passas, sendo 5 de ameixas e 5 de uvas comercializadas a granel, afim de verificar se estão dentro dos limites de tolerância da legislação vigente. Todas as 10 amostras analisadas mostraram presença de matérias estranhas, porém, dentro dos limites de tolerância. Como houve presença de fragmentos de insetos, fica um alerta para que as indústrias de alimentos intensifiquem a qualidade das Boas Práticas de Fabricação para produzir alimentos mais seguros e com menor quantidade de sujidades possíveis.

Palavras-chave: microscopia; sujidades; uva passa; ameixa passa

Abstract: Brazil has a prominent role in fruit production, with fruit growing as an important segment. Grapes and plums are two highly perishable fruits, as they contain a large amount of free water, reducing their shelf life, a generating large post-harvest loss. One way to reduce post-harvest losses is its processing, transforming it into dried/raisin fruit. The present work aimed to analyze and quantify the dirt found in ten raisins, five plum, and five grape samples sold in bulk, to verify if they are within the tolerance limits of current legislation. All 10 samples analyzed showed the presence of foreign matter but within the tolerance limits. As there was the presence of insect fragments, it is an alert for the food industries to intensify the quality of Good Manufacturing Practices to produce safer food with less amount of dirt possible.

Keywords: microscopy; dirt; pass grape; plum passes

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca na produção de frutas, correspondendo a 25% do agronegócio brasileiro fazendo da fruticultura um importante segmento no país. A produção de uva e ameixa fazem parte da fruticultura brasileira, principalmente devido a fatores como clima, solo, baixa umidade e utilização de sistema irrigado, possibilitando então até mais de uma safra anual (1; 2). A uva (*Vitis vinifera*) é uma fruta não climatérica, portanto é colhida somente quando estiver em condições próprias para consumo. Entretanto, é uma fruta com alta perecibilidade, onde as perdas na pós colheita são de 20 a 95% (2). A ameixa é uma fruta composta por 84,8% de água, 13,9% de carboidratos, 0,8% de proteínas, 2,4% de fibras, vários minerais e vitaminas, e a cada 100g do fruto tem 14kcal (3). Por se tratar de uma fruta com alto percentual de água, ela se torna altamente perecível, reduzindo sua vida útil e aumentando as chances de contaminação por microrganismos (3). Os fruticultores enfrentam um grande problema para a conservação dos frutos maduros, a deterioração química e microbiana, visto que as frutas contêm grande quantidade de água livre, sendo esta, a razão de cerca de 40% de perdas entre a colheita e a entrega, consequentemente, aumento do preço para o consumidor final (4). Para obtenção de alimentos com alto valor agregado é feito um processamento de frutas *in natura* por exemplo, frutas secas, cuja demanda é crescente. As frutas secas são de fácil conservação pois diminuem as reações de degradação endógenas e exógenas, dificultando o desenvolvimento de microrganismos, além de manter as características sensoriais do produto por longos períodos (5). As frutas desidratadas, também chamadas como “seca” ou “passa” podem ser definidas como o produto obtido após a perda parcial de água, obtendo no final a umidade máxima de 25% (6). A utilização de frutas desidratadas é uma alternativa para diminuição das perdas na pós colheita bem como a importação das mesmas, visto que atualmente as frutas passas são quase sempre advindas de outros países (7; 8). As frutas desidratadas possuem algumas vantagens em comparação com a versão *in natura*, como melhor e maior tempo de conservação do produto, diminuição do peso, como consequência redução de custo de transporte e armazenamento e utilização na indústria de alimentos, sendo adicionado em produtos de confeitaria (9). Tendo em vista a produção de frutas desidratadas, pode ocorrer incidência de sujidades nesses alimentos, seja por conta do plantio, falhas na higienização ou até mesmo durante o armazenamento (10). A RDC n. 623, de 9 de março de 2022, da agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA), dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, bem como os tipos de alimentos a serem analisados e os métodos analíticos referentes (11). Para análise e identificação de fragmentos de insetos, podem ser empregados métodos macroanalíticos e microanalíticos de acordo com o tipo de sujidade. As sujidades são divididas em leves e pesadas, de acordo com a densidade em relação ao meio de flutuação. Ácaros, fragmentos de insetos e pelos de roedores compreendem as sujidades leves, enquanto areia, vidro e metais as sujidades pesadas (12). Com a crescente produção de frutas passas no Brasil, o presente trabalho pode revelar a necessidade de maiores cuidados no processamento desse alimento, desde a produção até a venda ao consumidor, fomentando dados para futuras pesquisas com objetivo de produzir alimentos com menor quantidade de sujidades, atendendo a legislação vigente obtendo-se produtos mais seguros. O objetivo desse trabalho foi verificar a qualidade de amostras de ameixa e uva passa comercializadas a granel na cidade de Campo Mourão, PR, em relação à análise de sujidades, de acordo com os limites estabelecidos pela ANVISA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com 5 amostras de ameixa e 5 de uva passa comercializadas a granel no município de Campo Mourão, PR, adquiridas em 5 comércios no período que compreende os meses de agosto e setembro de 2022. Foi estabelecida uma relação do tipo de amostra (uva ou ameixa) e comércio, apresentada na Tabela 1, utilizando letras do alfabeto (A, B, C, D, E).

Tabela 1 – Relação de amostra x comércio

Uva passa	Ameixa passa	Comércio
A	A	1
B	B	2
C	C	3
D	D	4
E	E	5

Para determinação de matérias estranhas e sujidades, o método utilizado para a análise das amostras foi baseado na técnica 945.75 da AOAC (Métodos Analíticos Oficiais AOAC), com modificações. As análises foram realizadas nos laboratórios de microscopia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *Campus* Campo Mourão. Cada amostra, composta por 100g de frutos, foi submetida à lavagem superficial, em água destilada para recolhimento das sujidades na superfície dos frutos. Esse processo se deu inserindo em cada amostra em 250 mL de água destilada contida em sacos plásticos específicos para preparo de amostras. Em seguida, as superfícies dos frutos foram suavemente friccionadas durante 20 segundos, de tal forma que as sujidades porventura presentes fossem liberadas no líquido de recolhimento. Em seguida, o líquido foi transferido para um béquer de 600 mL. O processo de lavagem foi repetido mais uma vez com 250 mL de água destilada, totalizando 500 mL. O líquido recolhido passou para a metodologia de extração de sujidades e posterior filtração. O líquido recolhido no béquer, da lavagem superficial das amostras foi submetido à técnica de flutuação em frasco armadilha de Wildman para extração das sujidades leves e pesadas. Para isso, foi adicionado ao frasco, 25 mL de heptano e após homogeneização, o frasco foi completado com água destilada. Após repouso de 20 minutos as fases polar e apolar foram filtradas com a bomba à vácuo, separadamente em papel de filtro demarcado previamente. Em seguida o papel filtro foi transferido para o vidro relógio. O material filtrado presente no papel filtro foi examinado no microscópio luminoso em aumentos de 10 a 400 vezes para pesquisa de sujidades leves (fase apolar) e pesadas (fase polar). As sujidades foram identificadas de acordo com as características microscópicas e contadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após identificação microscópica, não foi detectado presença de sujidades pesadas, pelos de roedor, larvas, ovos, excrementos de insetos/roedor e ácaros em nenhuma das amostras analisadas. Das sujidades leves, foram encontrados fragmentos de inseto em todas as amostras, em quantidades apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Sujidades encontradas em 100 g de amostra

	Amostra	Nº de fragmentos de insetos (*)	Pelos de roedor
Uva	A	21	-
	B	16	-
	C	10	-
	D	6	-
	E	8	-
Ameixa	A	3	-
	B	8	-
	C	5	-
	D	10	-
	E	5	-

(*) Limite de tolerância: 25 fragmentos inseto por 225 g frutas (ANVISA 2022).

A resolução RDC nº 623, de 9 de março de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define um limite de 25 fragmentos de insetos indicativo de falhas das boas práticas de fabricação a cada 225 g para frutas desidratadas (exceto uva passa), e para uva passa além dos 25 fragmentos de insetos, há também a tolerância de 1 fragmento de pelo de roedor em 225 g de amostra (11). De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, pode ser observado que nenhuma das amostras excedeu o limite de tolerância. Dentre as frutas desidratadas, a uva passa apresentou maior número de fragmentos de insetos, sendo a amostra A, mais significativa, em seguida amostras B e C. As amostras D e E apresentaram números menores, sendo 6 e 8 fragmentos, respectivamente. Em comparação com a uva, a ameixa apresentou uma menor quantidade de fragmentos de insetos de forma geral, sendo apenas a amostra D com resultado de 10 fragmentos, enquanto a amostra A obteve-se o menor número de fragmentos encontrados.

Nas figuras 1, 2 e 3 são demonstrados alguns fragmentos de insetos encontrados nas amostras analisadas.

Figura 1 - Fragmentos de inseto encontrada na amostra C - Ameixa



Figura 2 - Fragmentos de insetos encontrados na amostra A - Uva

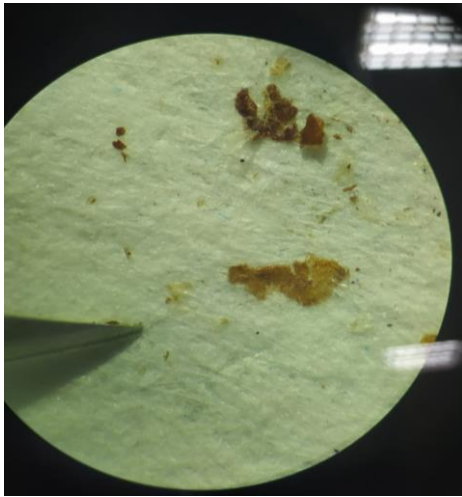


Figura 3 - Fragmento encontrado na amostra A - Ameixa



Durante a observação no microscópio pode ocorrer dúvidas em relação a matéria estranha encontrada, porém pode-se perceber que o fragmento de inseto se diferencia dos tecidos vegetais por ter uma característica marcante, ser brilhoso, quebradiço e não dobrarem com facilidade (13).

A presença de matérias estranhas foi observada por vários autores, que encontraram pelos de roedor, ácaros, larvas, insetos inteiros e seus fragmentos em amostras de orégano, salsa e manjerona (12) e em condimentos como cominho e pimenta do reino (14). Algumas dessas amostras foram consideradas impróprias para o consumo, concluindo a presença de falhas no setor produtivo que comprometeram a qualidade da matéria prima e do produto final.

Em pesquisa com 10 amostras de produtos atomatados comerciais (catchup, polpa e extrato de tomate) encontraram fragmentos de insetos e pelos de roedor em 9 delas (15). Sujidades e matérias estranhas foram detectadas em 52 amostras de mel de abelha produzida no estado do Piauí onde foi encontrado ácaros, fragmentos de insetos e larvas, totalizando 52,94% das amostras em desacordo com a legislação vigente (16).

Em trabalho de pesquisa para sujidades leves em diferentes alimentos, por diferentes metodologias, foi concluído que dentre aqueles que sofreram tratamento químico para extração das mesmas, o macarrão foi o que apresentou maior quantidade de matérias estranhas, seguidos do mel e sal. No grupo dos alimentos que seguiu extração por peneiragem, o açúcar, seguido do café e orégano apresentaram maior quantidade de matérias estranhas. Apesar das amostras estarem dentro dos limites toleráveis, os resultados indicaram falhas nas BPF (17).

A presença de fragmentos de pelos de roedores em produtos atomatados processados no estado de Goiás, foi avaliada por meio do método de flutuação. Encontrou-se um total de 40 fragmentos de pelos de roedores e 5 fragmentos de pelos humanos em amostra de molho de tomate, 25 fragmentos de pelos de roedores e 3 fragmentos de insetos em extrato de tomate enquanto nas polpas de tomate 5 fragmentos de pelos de roedores, 1 fragmentos de inseto e 3 fragmentos de pelos humanos (18).

Com base nos trabalhos apresentados acima, a presença de sujidades em alimentos é bastante recorrente e preocupante visto que essa contaminação não é apenas em um tipo de produto e sim em vários segmentos, demonstrando a necessidade de realizar análise microscópica recorrente, para identificar falhas nas Boas Práticas de Fabricação e garantir a qualidade do produto.

CONCLUSÕES

Os resultados das análises se mostraram dentro do limite de 25 fragmentos de insetos em 225g de amostra para ameixa passa e 25 fragmentos de insetos em 225g e 1 pelo de roedor em 225g de uva passa, estabelecido pela ANVISA. Embora as amostras tenham se mantido dentro dos limites toleráveis pela legislação vigente, os resultados indicam que ainda pode haver falhas nas Boas Práticas de Fabricação (BPF). É necessário que as indústrias de alimentos sejam mais rígidas no cumprimento das BPF, na qualidade dos produtos, bem como na adoção de um sistema de controle de pragas, para evitar a presença de sujidades nocivas à saúde. Dessa forma, destaca-se a importância das análises microscópicas que contribui no contexto da segurança de alimentos, uma vez que muitas sujidades não são visíveis a olho nu nem detectadas por métodos microbiológicos e físico-químicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por proporcionar a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Santos, E. H. B. Caracterização química e sensorial de uvas desidratadas, produzidas no Vale do São Francisco para infusão. *Revista Semiárido De Visu*, v.1, n.2, p.134-147, 2011.
2. Silva, A. C. G. C.; Fontes, C. H. O.; Barbosa, A. S. Multicriteria evaluation model for organizational performance management applied to the Polo Fruit Exporter of the San Francisco Valley. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 117, p.168–176, 2015.
3. Costa, M. S. *et al.* Avaliação das propriedades físicas de ameixa preta (*Prunus domestica*) submetida a desidratação osmótica. *In: Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia- contecc*, Maceió, 2018.
4. Machado, A.V.; Alves, F.M.S.; Queiroga, K.H. Alimentos produzidos a partir de farinha de caju, obtida por secagem. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v.6, n.3, p.131-138, 2012.
5. Machado, A. V.; Souza, J. A.; Novaes, R. S. Estudo cinético da secagem da uva Isabel para produção de uva-passa. *Revista Verde*, Pombal, v. 10, n. 1, p. 47-51, 2015.
6. Furtado, M. T. Barras Mistas de Frutas Desidratadas: Formulação, Qualidade e Aceitabilidade. 2011. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2011.
7. Ribeiro, T. P. Perdas Pós Colheita em Uva de Mesa Registradas em Casas de Embalagem e em Mercado Distribuidor. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 27, n. 01, p.67-74, 2014.
8. Feldberg, N. P. Viabilidade da utilização de descartes de produção de uvas sem sementes para elaboração de passas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 3, p. 846-849, 2008.
9. Cornejo, F. E. P. Secagem como Método de Conservação de Frutas. EMBRAPA - Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, 2003.
10. Barbieri, M. L.; Serrano, A. M. Princípios gerais para isolamento e identificação de matérias estranhas em alimentos: manual técnico, 1995.
11. Brasil. Resolução nº 623, de 9 de março de 2022. Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA). Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Brasília, DF.
12. Rodrigues, R. M. S. Matérias estranhas e identificação histológica em manjerona (*Origanum majorana* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) e salsa (*Petroselinum sativum* Hoffm.), em flocos, comercializados no estado de São Paulo. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. v.64, n.1, São Paulo, 2005.
13. Ziobro, G. C. Official Methods of Analysis of AOAC International. Extraneous Materials: Isolation. *IN: HORWITZ, W. 17thed. Chap., 16, p.1-76. Arlington: AOAC, 2000.*

14. Graciano, R. A.; Atui, M. B.; Dimov, M. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de cominho e pimenta do reino em pó comercializados em cidades do Estado de São Paulo, Brasil, mediante a presença de matérias estranhas. Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 65, n. 3, p. 204-208, 2006.
15. Santos, G. G.; Mattos, L. M.; Moretti, C. L. Qualidade microbiológica e presença de resíduos microscópicos em derivados de tomate. *In*: Simpósio de segurança alimentar. 2015. Anais[...] Bento Gonçalves - RS, 2015.
16. Sousa, R. S.; Carneiro, J. G. M. Pesquisa de sujidades e matérias estranhas em mel de abelha (*Apis mellífera* L.) Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, p.33, 2008.
17. Dinelli, B. U. *et al.* Pesquisa de sujidades leves em diferentes alimentos comercializados no município de Niterói – RJ. *In*: Simpósio de segurança alimentar. 7., 2020, Niterói – Rio de Janeiro. Anais [...] Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2020, p. 3-5.
18. Neves, D. C. S.; Sirico, I. R. S.; Silva, N. M. Avaliação da presença de fragmentos de pelos de roedores em produtos atomatados processados no estado de Goiás. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.



Capítulo 38

DOI: 10.53934/08082023-38

REALIDADE DO AUTOCONTROLE NO AMAZONAS, NO
PERÍODO DE MARÇO DE 2022 A ABRIL 2023Jackson Angelo Ferreira Lima Junior *; Emílio Afonso da Silva Filho ;
Michele Modesto Meireles **Autor correspondente (Corresponding author) – Email: pc.jackson@hotmail.com***Resumo:**

Foram analisados 94 pareceres técnicos, referente a aprovação dos Manuais de Autocontrole, das empresas estabelecidas no Amazonas com Serviço de Inspeção Estadual – SIE implantado ou em fase de implantação, foram analisados 94 (noventa e quatro) Pareceres Técnicos no período de março de 2022 a abril de 2023. Verificou-se que a responsabilização da confecção do Manual de autocontrole é do Responsável Legal e/ou Responsável Técnico da empresa. O levantamento dos dados foi realizado na Gerência de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas – ADAF/AM, utilizando a Portaria nº 156/2021-ADAF/AM. Tal legislação contempla os 16 elementos de controle, a serem seguidos dependendo da empresa que estiver utilizando. O resultado é preocupante, visto que 77,70% dos pareceres técnicos, foram reprovados em todo ou em partes. Observou-se a necessidade de capacitação e sensibilização dos responsáveis técnicos. Nesse sentido a fiscalização do autocontrole ficará comprometido se deixar a responsabilidade com a empresa.

Palavras-chave: alimento; Manaus; qualidade; responsabilidade; veterinário

Abstract: Survey of technical opinions regarding the approval of Self-Control Manuals, of protected companies in Amazonas with State Inspection Service - SIE or improved in the implementation phase, 94 (ninety-four) Technical Opinions were analyzed in the period from March 2022 to April 2023. It was verified that the responsibility for the preparation of the Self-Control Manual lies with the Legal Responsible and/or Technical Responsible of the company. Data collection was carried out at the Inspection Management of Products of Animal Origin of the Agricultural and Forestry Defense Agency of the State of Amazonas - ADAF/AM, using Ordinance No. 156/2021-ADAF/AM. Such legislation contemplates the 16 control elements, to be followed depending on the company that is using it. The result is worrying, since 77.70% of the technical opinions were rejected in whole or in part. Note the need for training and awareness of technical managers. In this sense, as inspection of self-control will remain compromised if responsibility is left to the company.

Keywords: food; Manaus; quality; responsibility; veterinarian

INTRODUÇÃO

A garantia da qualidade dos produtos finais, associada à redução de custos, diminuição de falhas operacionais, fazem com que as empresas busquem por certificações e controle de qualidade, surgem então os programas de autocontroles, aplicados por profissionais capacitados.

Os Programas de Autocontrole, conhecidos também como gestão da segurança alimentar, tem como definição o conjunto de boas práticas utilizadas nas diversas áreas funcionais da empresa, para obter-se, de forma eficaz e duradoura, a segurança pretendida para um produto.

A capacidade que a empresa (responsável legal e responsável técnico) tem de implantar, executar, monitorar, verificar e corrigir procedimentos, processos de produção e distribuição para garantir a qualidade e segurança do produto pode ser denominado “autocontrole”.

O Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) promoveu uma consulta pública para a proposta de regulamentação da Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022(3), que dispõe sobre os programas de autocontrole dos agentes privados regulados pela defesa agropecuária e sobre a organização e os procedimentos aplicados pela defesa agropecuária aos agentes das cadeias produtivas do setor agropecuário.

O autocontrole na produção agropecuária proposta, altera o modelo de fiscalização atual, agora, as responsabilidades pela qualidade de produtos animais e vegetais passam a ser divididas entre o governo e os próprios produtores, vale salientar que a deliberada e premeditada precarização de uma atividade exclusiva, típica de Estado e constitucionalmente não delegável à iniciativa privada, para "justificar" sua inconstitucional e ilegal privatização.

A preocupação sobre a qualidade dos alimentos é notória, e nos faz observar nesse trabalho a realidade dos profissionais e empresas no tocante a aplicação da legislação vigente.

Apresentaremos um levantamento de dados sobre o manual de autocontrole nas empresas no estado do Amazonas, confeccionado por profissionais da medicina veterinária em sua grande maioria, na responsabilidade técnica frente as empresas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o método de **pesquisa descritiva qualitativa**, com a finalidade de analisar os pareceres técnicos dos manuais de autocontrole, da Gerência de Inspeção de Produtos de origem animal da Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas- GIPOA/ADAF, no período compreendido de março de 2022 a abril de 2023, enviados pelas empresas, baseado na exigência da Portaria nº 156/2021-ADAF/AM(1), datada de 31 de maio de 2021, que considerando a necessidade da Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Amazonas - ADAF/AM, de padronizar as ações de fiscalização e incentivar a adesão ao SISBI no Estado do Amazonas e que os Programas de Autocontrole - PAC são essenciais para a segurança dos alimentos, que devem ser desenvolvidos, implantados, monitorados e verificados pelo estabelecimento.

Algumas empresas tiveram que reenviar duas, três e até quatro vezes o manual para ser aprovado, gerando assim um parecer técnico cada envio, contudo foram analisados 94 (noventa e quatro) manuais, enviados para a GIPOA, através das coordenações de carnes e derivados, pescados e derivados, leites e derivados, abatedouro (aves, bovídeos, jacaré e suínos), produtos de abelhas e derivados, ovos e derivados e fracionados.

Foi realizado a coleta de dados nas pastas das empresas que possuem o Serviço de Inspeção Estadual – SIE, que estavam renovando e/ou empresas que se encontravam-se em análise para aprovação do SIE.

A finalidade principal foi verificar as não conformidades encontradas, baseando-se na legislação estadual e o nível de conhecimento técnico dos responsáveis pela elaboração do manual. Em sua maioria os responsáveis técnicos pelas empresas são os Médicos Veterinários, exceto na gerência de pescado e derivados que tem alguns Engenheiros de Pesca.

Os elementos de controle analisados foram os da Portaria nº 156/2021-ADAF/AM que contempla os 16 (dezesesseis) elementos do autocontrole. E dentro de cada elemento de controle deveria abordar outros itens, conforme exigido na legislação.

Os itens analisados encontram-se descrito na tabela 01, abaixo descrito.

Foi realizado o compilamento dos dados e analisados a fim de ter a “fotografia” da situação em que se encontra os manuais, sua confecção e o entendimento dos profissionais envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se o quantitativo de 94 (noventa e quatro) pareceres analisados, dentre eles 21(vinte e um) foram aprovados e 73(setenta e três) reprovados, demonstrando uma realidade insatisfatória e uma preocupação perante as empresas e a qualidade do material analisado, visto a grande reprovação dos mesmos, conforme demonstrado na figura 01 abaixo.

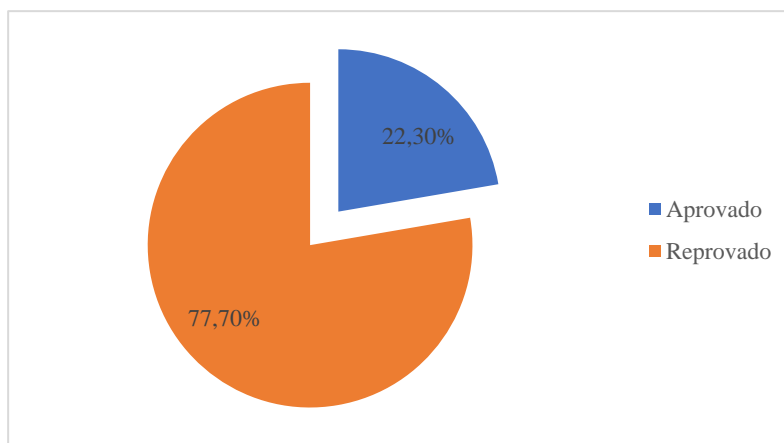


Figura 01: Total de manuais de autocontrole analisados.

Conforme observou-se todas as coordenações tiveram empresas que apresentaram não conformidades, exceto a coordenação de Produtos de abelhas e derivados, que não foi analisado no período, contudo os pareceres técnicos reprovados estiveram em maioria em todas as coordenações, conforme demonstrado na figura 02, abaixo.

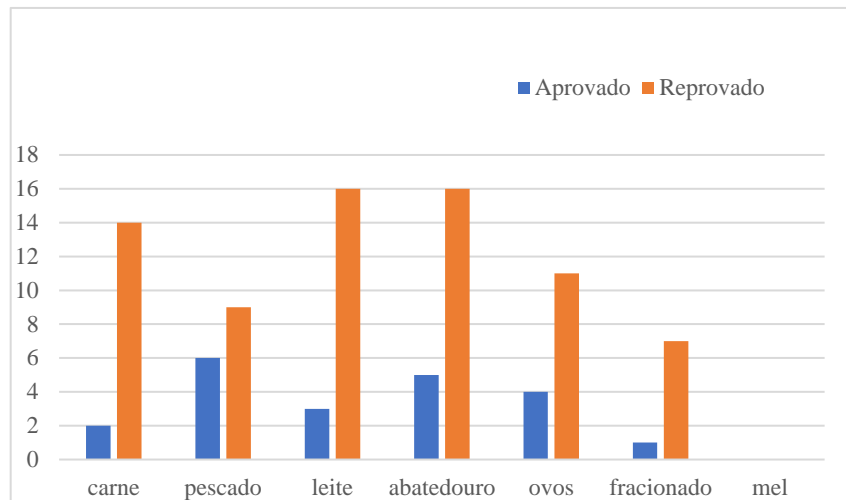


Figura 02: Total de Pareceres técnicos reprovados em todas as coordenações.

No período de março de 2022 a abril de 2023, foram observados dentro do manual de autocontrole, tópicos que se encontravam não conforme com a legislação sanitária vigente, e ficamos alerta para o baixo grau do nível técnicos dos profissionais que confeccionaram os mesmos.

Na tabela 01, são demonstradas as não conformidades encontradas em cada coordenação da GIPOA. Os Responsáveis pela empresa recebem as orientações descrita no corpo do Parecer Técnico, para solucionar as não conformidades.

Tabela 01: Não conformidades encontradas (ausência e/ou solicitação) em cada parecer técnico, das coordenações, baseada na Portaria nº 156/2021-ADAF/AM.

Não conformidades	Coordenações						
	Carne e derivados	Pescado e derivados	Leite e derivados	Abatedouro	Ovos e derivados	Fracionado	Produtos da abelha e derivados
A	5	3	4	2	0	3	0
B	4	5	5	4	2	4	0
C	3	2	5	1	1	4	0
D	5	5	4	6	7	1	0
E	0	0	2	0	0	0	0
F	3	1	2	6	1	0	0
G	0	0	1	0	0	0	0
H	3	1	2	4	1	0	0
I	5	2	0	2	0	0	0
J	3	1	1	1	3	0	0
K	0	0	2	0	1	0	0
L	0	0	1	1	0	0	0

Legenda:

- Deverá ler a portaria completa – Portaria nº 156/2021-ADAF/AM
- O manual não contém todos os elementos de controle - Art. 2º. No Programa de Autocontrole, devem estar identificados cada elemento de controle descrito no § 8º do Art. 1º;
- Art. 1º., §3º Nos casos de atualização, deve ser indicado no item Revisão do Programa, a relação de alterações, o número da revisão e data da alteração;

- D. Art. 1º., §5º Os procedimentos descritos nos Programas de Autocontrole da empresa devem ser aprovados, datados e assinados em todas as páginas pelo representante legal da empresa, pelo Responsável Técnico e pelo alterador;
- E. Objetivos do manual;
- F. Art. 1º., §4º Todos os programas devem conter referência bibliográfica consultada, e as planilhas utilizadas relacionadas ao programa em anexo;
- G. Art. 1º, §1º Os programas são de responsabilidade da equipe técnica da empresa e não necessitam de prévia autorização para sua elaboração e implantação;
- H. Art. 2º, §3º Ações corretivas adotadas frente as não conformidades, contemplando o destino do produto e a restauração das condições sanitárias, além da frequência de verificação de todos os procedimentos operacionais previstos;
- I. Art. 1º, §4º Todos os programas devem conter **referência bibliográfica consultada**, e as planilhas utilizadas relacionadas ao programa em anexo;
- J. Elemento de controle: XII – Rastreabilidade;
- K. Frequência numérica do manual;
- L. Elemento de controle: I - Calibração e aferição de instrumentos).

Verificou-se que os elementos de controle não continham todos os procedimentos operacionais padrão adotado pela empresa.

Tabela 02: Elementos de controle com não conformidades.

Elementos de controle	Coordenações						
	Carne derivado	Pescado derivado	Leite derivado	Abatedouro	Ovos derivado	Fracionado	Produtos da abelha e derivados
I	1	1	3	1	0	1	0
II	0	1	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	2	0	3	0	0
V	0	0	2	0	0	0	0
VI	2	0	3	2	0	0	0
VII	2	1	2	1	1	0	0
VIII	4	0	2	2	2	1	0
IX	2	0	4	2	0	3	0
X	3	0	4	3	0	1	0
XI	2	1	2	2	2	1	0
XII	4	1	3	6	2	1	0
XIII	4	2	2	5	5	1	0
XIV	3	2	2	4	5	3	0
XV	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA
XVI	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA

Observamos um momento de preocupação com a, notícia veiculada que foi sancionada a Lei 14.515, de 2022, que permite o autocontrole na produção agropecuária. A nova legislação teve origem no PL 1.293/2021, que modifica o modelo de fiscalização vigente, exclusivamente estatal, para um modelo híbrido, compartilhado com os produtores rurais. Agora, as responsabilidades pela qualidade de produtos animais e vegetais passam a ser divididas entre o governo e os próprios produtores. A fiscalização e a verificação da aplicação do programa de autocontrole nas empresas são essenciais para que a segurança do alimento seja eficiente, a deliberada e premeditada precarização de uma atividade exclusiva, típica de Estado e constitucionalmente não delegável à iniciativa privada, para "justificar" sua inconstitucional e ilegal privatização, só trará devastadores prejuízos socioeconômicos para o país, segundo a Associação dos Fiscais da Defesa Agropecuária do Estado do Paraná - Afisa/Pr.

CONCLUSÕES

Diante do levantamento de dados apresentados, fica claro que há necessidade de aprimoramento e treinamento desses profissionais, em relação a confecção do manual de autocontrole, visto as inúmeras falhas de entendimento da legislação, não atualização profissional e falta de interesse.

Há necessidade de capacitação para alinhar e igualar os conhecimentos e fazer com que a segurança do alimento não venha a correr riscos.

Fica a preocupação se esta legislação do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) que promoveu a consulta pública para a proposta de regulamentação da Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022. Se hoje a confecção de um manual de autocontrole, já está complicado, provavelmente irá agravar se a responsabilidade diminuir na fiscalização, "se for aprovada" Reitero a importância do estudo!.

REFERÊNCIAS

1. Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas – ADAF. Site. Portaria nº 156/2021-ADAF/AM. Disponível em <<http://www.adaf.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/PORTARIA-156.2021-AUTOCONTROLE.pdf>>
2. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Site. Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022 - Imprensa Nacional disponível em <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.515-de-29-de-dezembro-de-2022-454887051>>.



Capítulo 39

DOI: 10.53934/08082023-39

AValiação DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ALFACES CRESPAS (*Lactuca sativa* L.) COMERCIALIZADAS NAS FEIRAS DE SÃO LUÍS – MA

Dannyele Fernanda Souza Oliveira *; Liane Caroline Sousa Nascimento  ;
Marileila dos Santos Souza ; Emile Vitória Sousa Gomes ; José Manoel de
Moura Filho 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
dannyelefernanda@gmail.com

Resumo: A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças comercializadas e mais comumente degustada no Brasil. Seu consumo é *in natura*, pode ser encontrada em todas as feiras, supermercados, hortifrúteis e sacolões. Por ser um vegetal sugerido por médicos e nutricionistas nas refeições diárias, a alface precisa estar com a qualidade apropriada para consumo. O objetivo desta pesquisa consiste em uma investigação microbiológica das alfaces crespas comercializadas nas feiras de São Luís – MA, no período de 2020 a 2021. Para as análises microbiológicas, realizou-se a diluição seriada para confirmar a presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes e o Ágar Eosina Azul de metileno para presença da *Escherichia coli*. Os resultados para coliformes totais foram de $9,3 \times 10^2 \geq 1,1 \times 10^4$ NMP/g, para coliformes termotolerantes $3,0 \times 10^3 \geq 1,5 \times 10^3$ NMP/g, e houve presença de *E. coli* nas feiras C e D com variação $3,0 \geq 4,6 \times 10^6$ NMP/g. Diante destes resultados, as bancas das feiras C e D encontram-se com elevados índices de contaminação. A legislação vigente nº 161 de 2022 não estabelece critérios para coliformes totais, mas a sua presença elevada evidencia que falhas estão ocorrendo antes de chegar na casa dos consumidores. Todas as feiras precisam reforçar as Boas Práticas de Manipulação e atender aos requisitos sanitários.

Palavras-chaves: Comercialização, contaminação; hortaliça.

Abstract: Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is one of the commercialized and most commonly eaten vegetables in Brazil. Its consumption is *in natura*, it can be found in all fairs, supermarkets, fruit and vegetable markets. As it is a vegetable suggested by doctors and nutritionists in daily meals, lettuce needs to be of the appropriate quality for consumption. The objective of this research consists of a microbiological investigation of curly lettuce sold at fairs in São Luís - MA, from 2020 to 2021. For microbiological analyses, serial dilution was performed to confirm the presence of total coliforms, thermotolerant coliforms and o Methylene Blue Eosin Agar for the presence of *Escherichia coli*. The results for total coliforms were $9.3 \times 10^2 \geq 1.1 \times 10^4$ MPN/g, for thermotolerant coliforms $3.0 \times 10^3 \geq 1.5 \times 10^3$ MPN/g, and there was the presence of *E. coli* in fairs C and D with variation $3.0 \geq 4.6 \times 10^6$ MPN/g. Given these results, the stands at fairs C and D have high

levels of contamination. Current legislation no. 161 of 2022 does not establish criteria for total coliforms, but its high presence shows that failures are occurring before reaching consumers' homes. All fairs must enforce Good Handling Practices and meet sanitary requirements.

Keywords: Marketing, Contamination; vegetable.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família *Asteraceae*, é um vegetal com produção anual, suas folhas se desenvolvem até em climas mais elevados, com crescimento em aproximadamente todos os cultivares. A alface é uma das favoritas no Brasil, com o seu consumo em todos os estados e municípios do país ^{1,2}. A alface possui propriedades benéficas para a saúde do consumidor, sua composição nutricional dispõe de vitaminas, fibras, minerais, carboidratos, betacaroteno; tornando assim atraente para o consumo ^{3,4}.

O fácil cultivo no Brasil, aliado aos seus benefícios, elevam as buscas por esse vegetal folhoso. O pesquisador Fábio Suigana, destacou em seus estudos que a alface do tipo crespa possui uma demanda que passa dos 60% no mercado nacional, somando com a do tipo americana, ultrapassando 90% em sua comercialização, evidenciando que a folhosa se encontra entre as mais vendidas em todo o território nacional ⁵.

No geral, a comercialização desse vegetal, ocorre desde grandes redes de supermercados varejistas, até em pequenas bancas de bairros, dos grandes centros urbanos e nas periferias do país. Com o fluxo bem elevado, as feiras livres (móveis e fixas) tornam-se mais acessíveis ao público, neste ambiente as hortaliças *in natura* são as mais procuradas pelos consumidores. A exibição destes alimentos nos leva a sérias preocupações no que diz respeito a sua qualidade higiênico sanitária, pois erros na manipulação, no armazenamento e acondicionamento desses alimentos levam a uma rápida e alta contaminação ^{6,7}.

Um alimento apto para ser consumido é aquele que previne o consumidor dos perigos visíveis e invisíveis, são eles os perigos físico, químico e biológico. No que diz respeito aos vegetais folhosos, a ameaça maior, vem do risco microbiológico, por estar relacionado com a propagação microbiana, parasitológica e de protozoários e o risco químico por envolver descontrole na quantidade de agrotóxicos e outros produtos ⁸.

Utilizadas para consumo em forma de salada, para os autores ⁹, as folhosas podem ser um ótimo substrato para a proliferação de vários microrganismos, os fatores que facilitam são: o teor de água, favorecendo o crescimento de bactérias, leveduras, o seu pH ácido; contribuindo com o crescimento de bolores e leveduras, a contínua manipulação ao longo da preparação favorece a contaminação por microrganismos indicadores, além dos fatores realizados de forma incorreta, como a temperatura durante o armazenamento.

O Ministério da Saúde ¹⁰, esclarece que as Doenças Transmitidas em Alimentos (DTAs) estão relacionadas com condições impróprias praticada pelo próprio consumidor, como a prática inadequada de higiene pessoal. Entretanto, fatores como condições insalubres de saneamento básico nos locais de comercialização dos alimentos, aumentam o risco de ingestão de alimentos contaminados que favorecem ainda mais o crescimento de surtos.

Existem alimentos que possuem maiores possibilidades em causarem as DTAs e intoxicação alimentar. Classificando em grupos, temos os produtos cárneos que incluem frango, carne bovina e suína, frutos do mar e mariscos crus e malcozidos, frutas e vegetais, derivados do leite, ovos crus ou malcozidos. Todos os citados são sujeitos a contaminação cruzada ou em algum momento da cadeia até o seu consumo. As frutas e vegetais que se enquadram entre os mais seguros, são os cozidos, os que não passam pelo processo de cocção precisam ser lavados e higienizados de forma correta, para prevenir a presença de bactérias como *Salmonella*, *E.coli* e *Listeria* ¹¹.

Sendo assim, faz-se necessário uma investigação das feiras, no intuito de avaliar a qualidade microbiológica destes vegetais, em específico a alface *in natura* nas feiras de São Luís - MA, uma vez que a incidência de microrganismos patogênicos nessas hortaliças, torna-se perigoso para a saúde dos seus consumidores.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida em 4 feiras do município de São Luís – MA que foram cadastradas no Programa de Feiras Livres de São Luís, mantido pela Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento (SEMAPA). Os estudos iniciaram no período de abril de 2020 e findaram em abril de 2021.

Realizou-se as coletas de 4 amostras de alfaces crespas em bancas, sendo a coleta realizada de 4 feiras de São Luís, totalizando 16 amostras que foram encaminhadas e analisadas no laboratório de microbiologia do IFMA Campus Maracanã. Utilizou-se como critério de escolha das feiras: localização no município de São Luís, bancas que vendam alface crespa durante todos os períodos do ano e estabelecimentos que concordaram em participar da pesquisa.

Determinação de Coliformes Total (CT)

Para a realização do teste presuntivo, a partir de diluição das alfaces descritas acima, utilizou-se as diluições seriadas 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} em série de 3 com o caldo Lauryl Sulfato Triptose (LST) contendo tubo de Durham invertidos, após a inoculação os tubos foram direcionados para a estufa bacteriológica em temperatura de 36°C por 24 a 48 horas. Foram considerados positivos os tubos que apresentem a turvação no meio com presença de gás nos tubos de Durham. De acordo com os tubos positivos realizou-se a transferência de uma alçada em Caldo Verde Brilhante (VB) incubado na estufa bacteriológica em temperatura de 36°C para confirmar a presença de coliformes totais. Os resultados foram obtidos por comparação dos números de tubos positivos com a Tabela de Número Mais provável ¹².

Coliformes Termotolerantes (CTT) e determinação de Número Mais Provável (NMP)

Com tubos positivos do caldo (LST) realizou-se a inoculação com uma alçada no caldo *Escherichia coli* (EC) incubada no banho-maria em temperatura de 45° C, com tubos de Durham invertidos entre 24 a 48 horas. Os resultados foram obtidos por comparação dos números de tubos positivos de acordo com a Tabela de Número Mais Provável (NMP) ^{12,13}.

Identificação de *Escherichia coli*

De cada tubo de EC positivo, foi estriada uma alçada da cultura em placas de Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB). Incubaram-se as placas invertidas a 35° C por 24 horas para verificar as colônias típicas de *E. Coli*, foram consideradas positivas as colônias com centro azulados com reflexo verde metálico de acordo com Silva et al., 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes presuntivos, coliformes totais e termotolerantes em NMP.

A tabela 1 a seguir apresenta os resultados obtidos das análises de coliformes totais e coliformes termotolerantes das 4 coletas realizadas no período de abril de 2020 a abril de 2021.

Tabela 1 – Resultado das análises microbiológicas da presença de coliformes totais e termotolerantes, expressos em NMP/g, de amostras de alfaces crespas comercializadas em feiras de São Luís – MA.

Amostras das alfaces	Testes presuntivos de coliformes (NMP/g)	Testes coliformes totais (NMP/g)	Testes coliformes termotolerantes (NMP/g)
Feira A			
1	1,5x10 ⁴	1,5x10 ³	1,5x10 ³
2	1,5x10 ⁴	1,5x10 ³	1,5x10 ³
3	4,3x10 ³	4,3x10 ²	4,3x10 ²
4	4,3x10 ³	4,3x10 ²	4,3x10 ²
Média	4,3x10 ³ ≥ 1,4x10 ⁴	4,3x10 ² ≥ 1,5x10 ³	4,3x10 ² ≥ 1,5x10 ³
Feira B			
1	4,3x10 ³	4,3x10 ²	<3,0
2	3,6x10 ²	3,6x10 ¹	<3,0
3	3,6x10 ²	3,6x10 ¹	<3,0
4	7,3x10 ²	7,3x10 ¹	7,3x10 ¹
Média	3,6x10 ² ≥ 4,3x10 ³	3,6x10 ¹ ≥ 7,3x10 ¹	<3,0 ≥ 7,3x10 ¹
Feira C			
1	2,1x10 ⁴	2,1x10 ³	9,1x10 ¹
2	9,3x10 ³	9,3x10 ⁴	<3,0
3	7,5x10 ³	7,5x10 ²	3,6x10 ¹
4	1,5x10 ⁴	1,5x10 ³	9,3x10 ²

Média	$7,5 \times 10^3 \geq 2,1 \times 10^4$	$7,5 \times 10^2 \geq 2,1 \times 10^3$	$< 3,0 \geq 9,3 \times 10^2$
Feira D			
1	$4,3 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2$	$< 3,0$
2	$1,1 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	$< 3,0$
3	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	$3,6 \times 10^1$
4	$4,6 \times 10^4$	$4,6 \times 10^3$	$< 3,0$
Média	$4,3 \times 10^3 \geq 1,1 \times 10^5$	$4,3 \times 10^2 \geq 1,1 \times 10^4$	$< 3,0 \geq 3,6 \times 10^1$

Os resultados apresentados na tabela 1 são das 16. Os coliformes totais apresentados das 4 feiras, estão em um nível elevado, a Instrução Normativa¹⁴, determina que para “presença de 250mL” de coliformes totais deve ser necessário a pesquisa *Escherichia coli* em 250mL. Contagens elevadas como apresentada no estudo, comprovam a má qualidade higiênica sobre os produtos comercializados, o que compromete a durabilidade do vegetal e apresenta um risco para o consumidor, sabendo que seu consumo é na forma *in natura*.

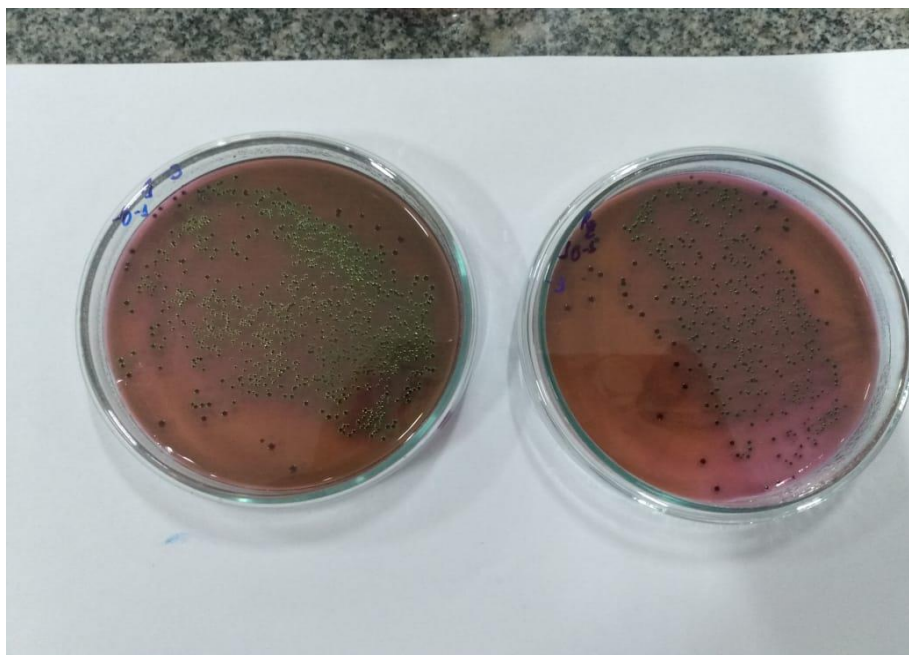


Figura 1 – Presença da bactéria *Escherichia coli* na feira A

Segundo Coutinho¹⁵, no qual realizou a avaliação da qualidade microbiológica das alfaces comercializadas nas feiras de Sobral -CE, identificaram valores entre $3,1 \times 10^3$ NMP/g a $> 1,6 \times 10^6$ NMP/g para coliformes totais. Resultados preocupantes também se deram ao trabalho de Melo, Leitão, Melo, 2020¹⁶ no qual sua pesquisa analisou 4 cidades do Mato Grosso do Sul com variação entre 1×10^6 a $3,04 \times 10^6$ NMP/g para cultivo tradicional e hidropônico. Trabalho semelhante ao estudo acima, foi o de Barauso¹, realizando análises em alface no cultivo hidropônico e cultivo orgânico de supermercados, o resultado variou entre $1,1 \times 10^3$ a $1,6 \times 10^6$ UFC/g, resultado acima do esperado, evidenciando a má condição higiênico-sanitária.

Trabalhos semelhantes¹⁷, avaliaram 4 amostras de hortaliças (cheiro verde, alface, couve e hortelã), na qual todas as amostras apresentaram contagem de NMP maiores que

16 em CT e CTT. Segundo o mesmo, a contaminação pode ocorrer durante o processo de produção, e nos demais processos como o transporte, armazenamento, manipulação, no momento em que será manuseada para elaboração de sucos, saladas ou afins.

A comercialização de forma inadequada de alimentos nas feiras, é um fator contribuinte para o crescimento microbiano. O Brasil possui leis de amparo que garante a qualidade de higiene alimentos, mas a dificuldade de fiscalização e o descumprimento das boas práticas de manipulação pelos manipuladores, afeta diretamente na qualidade do alimento desprotegido ^{18,19}.

Em relação às análises microbiológicas da presença de coliformes termotolerantes, os resultados para esse grupo bacteriano, 9 das 16 amostras detectaram a presença de CTT. No teste confirmativo usando os tubos positivos do caldo *E. coli*, houve o crescimento de colônias negras com o reflexo verde brilhante em feiras C e D.

A *Escherichia coli* ⁹, predomina entre os outros microrganismos anaeróbicos facultativos presentes na flora intestinal do animal de sangue quente, sua presença pode indicar a falta de cuidados para garantir a qualidade higiênico-sanitária e microbiológica. A bactéria *E. coli* não é oriunda das feiras, as alfaces podem ser contaminadas desde o momento de plantio, até o momento que o consumidor realizar a manipulação no momento da escolha.

Em estudo semelhantes ao de Conceição ²⁰, realizaram análises de hortaliças em feiras livres, estabelecimentos como sacolões, hortifrúteis e supermercados nas cidades dos municípios de Nilópolis, Nova Iguaçu, Queimados, Belford Roxo e Austin do Rio de Janeiro. A bactéria *E. coli* se desenvolveu em 80 das 100 amostras analisadas, um resultado de extrema preocupação. Sabe-se que microrganismos presentes em alimentos tornam possível a intoxicação alimentar e infecção causada por alimentos contaminados ⁹. Outro estudo ²¹, avaliaram a qualidade microbiológica das bancas do mercado central em São Luís, o resultado apresentado determinou que todas as amostras das bancas coletadas apresentaram a presença de crescimento de microrganismo.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as feiras A, B, C, e D da cidade de São Luís que comercializam a alface crespa, apontam que as amostras apresentam elevado índice de microrganismos indicadores de contaminação, demonstrando que falhas nas etapas estão ocorrendo, podem ser elas no armazenamento, na manipulação, embalagem e exposição. Das 4 feiras analisadas, duas apresentaram presença da bactéria *Escherichia coli*, sendo necessárias medidas de melhoria da qualidade das alfaces que estão sendo comercializadas. Sabe-se que ações de boas práticas diminuem os riscos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs), o que faz esses cuidados mais necessários nas feiras do município de São Luís - MA.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), por conceder a bolsa de Iniciação Científica, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) Campus São Luís – Maracanã, pela disponibilidade do laboratório de Microbiologia e todo suporte durante a realização da pesquisa. Agradeço aos voluntários, professores e amigos que me auxiliaram durante todo o processo.

REFERÊNCIAS

1. Barasuo TR, Valiatti TB, Camilo J.F.S., Sobral FOS, Romão N. F. Avaliação das condições higiênico-sanitárias da alface *Lactuca sativa* L. do tipo orgânico e hidropônico comercializadas em supermercados dos municípios de Ji – Paraná – RO. Revista Saúde e Desenvolvimento, 2021; 10:44-53.
2. Henz GP, Suinaga F. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009, ISSN 1414-9850; 9.
3. Filgueira FAR. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização. Viçosa: UFV, 2008.
4. Viana JS, LOURENÇO MSN, GOMES AMN, ALVES TL, FILHO ASBO. Perfil dos consumidores e caracterização química de hortaliças folhosas comercializadas em feiras livres na cidade de São Luís, - MA. Revista Craibeiras de Agroecologia, 2020, 5,1.
5. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (EMBRAPA). Novos cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor, 2019. Acesso em 25 maio 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor>.
6. Silva LCG. Avaliação higiênico-sanitária e microbiológica de alface (*Lactuca sativa*) comercializada em feira livre de Francisco Beltrão – PR. 2015 [dissertação]. Francisco Beltrão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2015.
7. Soares JMD, Mendes MLM, Messias C. Revista livre: avaliação da estrutura física e do comércio. Revista Bahia de Saúde Pública, 2014;38, 2.
8. Maldonade IR, Mattos LM, Moretti CL. Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014,44.
9. Franco DGM, Landgraf M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: ed. Atheneu, 2008.
10. Ministério da Saúde. Doenças Transmitidas por alimentos: o que são doenças transmitidas por alimentos. Acesso em 18 mar. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z-1/d/doencas-transmitidas-por-alimentos>.
11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZILD), Division of Foodborne, Waterborne, and Environmental Diseases (DFWED), 2020. Foods That Can Cause Food Poisoning. Acesso em 10 ago. 2021. Disponível em: <https://www.cdc.gov/foodsafety/foods-linked-illness.html#:~:text=Raw%20foods%20of%20animal%20origin,vegetables%20also%20may%20get%20contaminated>.

12. Filho VEM, Nascimento AR. Noções de análises físico-químicas e Microbiológicas de alimentos. São Luís- MA, 2006.
13. Silva N, Junqueira VCA, Taniwaki MH, Gomes RAR, Okazaki MM. Manual de métodos de análises microbiológica de alimentos e água. 5 ed. São Paulo: Brucher, 2017.
14. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária., Instrução Normativa nº 16, de 1 de julho de 2022. Estabelece padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União, Brasília. Acesso em 28 de maio de 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880>.
15. Coutinho MGS, Ferreira CS, Neves AM, Alves FRL. Avaliação microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa* L.) comercializadas em feiras livres no Município de Sobral – CE. Revista da Universidade do Rio Verde, 2015;13, 2, 388-397.
16. Melo AMMF, Leitão MM, Melo EP. Análise microbiológica e parasitológica de alfaces *in natura* obtida de três cidades do interior de Mato Grosso do Sul – MS. Revista Higiene Alimentar. 2020; 34, 290.
17. Silva WPC, Silva MC, Ferreira LA, Estumano SB, Ribeiro RM, Costa NYM. Análise da contaminação microbiológica em amostras de cheiro-verde (*Petroselinum crispum*), alface (*Lactuca sativa*), couve (*Brassica oleracea*) e hortelã (*Mentha spicata*) comercializadas em feira livre, Belém-PA / Análise de contaminação microbiológica em amostras de (*Petroselinum crispum*), alface (*Lactuca sativa*), couve (*Brassica oleracea*) e menta (*Mentha spicata*) comercializados em feira livre em Belém/PA. Brazilian Journal Health Review. [Internet]. 14 de abril de 2021 [citado em 28 de maio de 2023];4(2):8263-9. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/28187>.
18. Bezerra ACD. Alimentos de rua no Brasil. São Paulo: Annablume, EdUFMT, 2008.
19. Conceição JC. Condições Higiênico sanitárias das feiras livres. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação]. Faculdade vale do aço. Açailândia, 2020.
20. Moreira CC, Costa KSA, Duarte AC, Serra-Freira NM, Norberg AN. Avaliação microbiológica e parasitológica de hortaliças comercializadas na baixada fluminense, Rio de Janeiro. Revista UNIABEU, 2017.
21. Neto PSG, Penha MSC, Filho JLP, Ferreira JMS, Monteiro PM, Lima AML, Silva AZ. Avaliação microbiológica das bancas do mercado central em São Luís-MA / Microbiological evaluation of central market banks in São Luís-MA. Revista Brazilian Journal of Health review. 2019, 6254-62.



Capítulo 40

DOI: 10.53934/08082023-40

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DA NANOESTRUTURA DE
ÓXIDO DE ZINCO FRENTE À *ESCHERICHIA COLI* E
*STAPHYLOCCOCUS AUREUS*Marília Magalhães Gonçalves^{1,2} ; Verônica Costa Reinoso¹ ; Igor José
Boggione Santos¹ ; Jane Sélia dos Reis Coimbra² 

¹Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos,
Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) – Campus Alto Paraopeba, Ouro
Branco, Minas Gerais, Brasil ²Departamento de Tecnologia de Alimentos,
Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jcoimbra@ufv.br

Resumo: O trabalho investigou a atividade antimicrobiana de nanopartículas de ZnO em relação às bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. ZnO nano foi preparada moendo ZnCl₂, NaCl e Na₂CO₃ na proporção 1:5, 5:1 seguido de tratamento térmico, lavagem e filtração. As nanoestruturas foram caracterizadas por espalhamento de luz dinâmico (DLS), microscopia eletrônica de transmissão (TEM) e difração de raios X. O tamanho médio obtido foi de 173,15 ± 13,16 nm. A atividade antimicrobiana das nanoestruturas para *S. aureus* e *E. coli* foi determinada por meio de absorbância a 625 nm para diferentes concentrações das nanoestruturas a 37 °C por 50 h. Para o *S. aureus*, as concentrações 3,00 mg·mL⁻¹, 4,50 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ promoveram diminuição significativa na absorbância em relação ao controle e as demais concentrações, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com aumento da fase lag, indicando inibição de crescimento. Para a *E. coli* a nanoestrutura promoveu diminuição significativa da absorbância em relação ao controle, em todas as concentrações, conforme o Teste de Tukey a 5% de significância. As concentrações de 4,50 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ levaram a maior redução na absorbância e inibição do crescimento da bactéria. Pode-se concluir que as nanoestruturas de ZnO são alternativas promissoras para controle destes microrganismos que são um problema na indústria de alimentos.

Palavras-chave: nanotecnologia; concentração inibitória mínima; atividade antimicrobiana

Abstract: This work investigated the antimicrobial activity of ZnO nanoparticles against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. ZnO nano was prepared by grinding ZnCl₂, NaCl and Na₂CO₃ in the ratio 1:5, 5:1 followed by heat treatment, washing and filtration. The nanostructures were characterized by dynamic light scattering (DLS), transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction. The average size obtained was 173.15 ± 13.16 nm. The antimicrobial activity of the nanostructures for *S. aureus* and *E. coli* was determined by absorbance at 625 nm for different concentrations of nanostructures at 37 °C for 50 hours. For *S. aureus*, the concentrations 3 mg·mL⁻¹, 4.5 mg·mL⁻¹ and 5.625 mg·mL⁻¹ caused significant decrease in absorbance in relation to control and the other concentrations, according to the Test of Tukey at 5% probability with increased lag phase, suggesting growth inhibition. For *E. coli*, the nanostructure promoted a significant decrease in absorbance in relation to the control, in all concentrations, according to the Tukey Test at 5% significance. In the concentrations of 4.5 mg·mL⁻¹ and 5.625 mg·mL⁻¹ that was greatest reduction in absorbance and inhibition of bacterial growth. It can be concluded that ZnO nanostructures are promising alternatives to control these microorganisms that are a problem in the food industry.

Keywords: nanotechnology; minimum inhibitory concentration; antimicrobial activity

INTRODUÇÃO

As nanoestruturas apresentam tamanho nanométrico e uma elevada relação entre área superficial e volume, que lhes confere propriedades físicas, químicas e/ou biológicas diferentes de quando o material está em dimensão micro ou macroscópica. Suas propriedades únicas fazem com que tenham aplicações em diferentes setores, de forma que sua produção vem crescendo muito nos últimos anos.

Muitas nanoestruturas apresentam ação antimicrobiana sem promover resistência, o que as tornam interessantes, do ponto de vista biológico e econômico, como alternativa aos antimicrobianos tradicionais que, a longo prazo, podem causar danos à saúde do consumidor, tais como: alergias, toxicidade e resistência bacteriana (1).

Uma nanoestrutura promissora é a de óxido de Zinco (ZnO – NP). Ela é facilmente obtida por métodos físicos, químicos e biológicos (2) e tem demonstrado ação antimicrobiana contra fungos e bactérias, incluindo esporos resistentes (3). Além disso, não são consideradas tóxicas aos seres vivos e meio ambiente, sendo reconhecidas como seguras pela *Food and Drug Administration* (FDA) estando na lista de compostos Geralmente Reconhecidos como Seguros (GRAS) (4).

Escherichia coli é um microorganismo gram-negativo, habitante natural do trato gastrointestinal de homens e animais, mas que apresenta cepas com características de virulência em diferentes graus (5). Desta forma, é um contaminante que precisa ser controlado na indústria de alimentos, por meio de Boas Práticas de Fabricação, pois podem causar infecções de origem alimentar.

Staphylococcus aureus é um patógeno gram-positivo envolvido em processos infecciosos que acometem humanos e animais. É capaz de produzir enterotoxinas estafilocócicas que resultam em intoxicações alimentares, sendo uma das doenças transmitidas por alimentos mais comuns (6). Sendo encontrado naturalmente na pele, cabelo e membranas mucosas, a contaminação de alimentos e superfícies de contato é atribuída ao manuseio inadequado, sem observar práticas de higiene (7).

Tendo em vista que patógenos transmitidos por alimentos podem causar diarreia grave, infecções com sérias consequências, além de prejuízos econômicos, é necessário desenvolver e aprimorar métodos de controle destes agentes nas indústrias e estabelecimentos que manipulam alimentos.

Considerando que as nanopartículas têm demonstrado propriedades antimicrobianas, este trabalho tem como objetivo verificar a ação antibacteriana da Nanoestrutura de Óxido de Zinco contra *S. aureus* e *E. coli* e possibilidade de sua aplicação em substituição aos agentes de controle utilizados atualmente.

MATERIAL E MÉTODOS

Cloreto de zinco, cloreto de sódio e carbonato de sódio foram adquiridos da Dinâmica Química Contemporânea Ltda (Brasil), caldo nutriente adquirido da Himedia Laboratories LLC. Foram utilizados produtos químicos de grau analítico, reagentes e água destilada. As bactérias *Staphylococcus aureus* 23235 (ATCC) e a bactéria *Escherichia Coli* 8729 (ATCC) foram cedidas pelo laboratório de Microbiologia do Campus Alto Paraopeba-UFSJ.

MÉTODOS

Produção da Nanoestrutura de Óxido de Zinco

A nanoestrutura de óxido de zinco foi obtida moendo $ZnCl_2$, $NaCl$ e Na_2CO_3 na proporção 1:5,-5:1, de acordo com Aghababazadeh et al. (2006) (8) e AO et al. (2006) (9) com algumas modificações de otimização realizadas pelo Grupo de Pesquisa Nanotec que obteve o tamanho médio de $173,15 \pm 13,16$ nm. Os reagentes foram misturados e submetidos a tratamento térmico de 400 °C por 30 min em um cadinho de porcelana. Ao final do tratamento térmico, o pó foi lavado em água deionizada e filtrado à vácuo. O filtrado foi descartado e a torta de filtração foi seca em estufa a 50 °C para posterior caracterização e utilização.

Caracterização Morfológica das Nanoestruturas

A caracterização morfológica das nanoestruturas foi feita em trabalho anterior deste grupo de pesquisa, conforme descrito em (10).

O tamanho da nanoestrutura e o índice de polidispersão (PDI) foram determinados por espalhamento de luz dinâmico (DLS, Zetasizer Nano S, Malvern Instruments Ltd, Inglaterra). O equipamento possui um detector de fotodiodo de avalanche (Brookhaven BI-APD, USA) e um correlacionador (TURBOCORR,

Brookhaven, USA). A fonte de luz (CVI Melles Griot, USA) foi um laser HeNe de 35 mW de potência e $\lambda = 632,80$ nm, linearmente polarizada. A estabilidade da nanoestrutura armazenada a 25 °C foi avaliada durante os dias 0, 1, 3, 7, 15, 30, 60 e 90 analisando o tamanho e potencial Zeta no equipamento Zetasizer Nano S. O pó obtido foi armazenado em temperatura ambiente e, após os dias pré-estabelecidos, uma concentração de 0,1% m/m em água foi analisada no Zetasizer. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Imagens de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) foram obtidas no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). O microscópio utilizado foi um TEM JEOL-1400 PLUS (120 kV), com filamento de Hexaboreto de Lantânio (LaB_6), equipado com uma câmera Gatan OneView com $4K \times 4K$ pixel. Antes da fixação da amostra nas grids de cobre, essas grids foram descarregadas eletricamente pelo sistema de descarga Pelco easiGlow-Ted Pella (EUA) a 15 mE por 10s com o objetivo de melhorar a molhabilidade delas. Posteriormente, uma gota da suspensão produzida de nanoestrutura de proteína a $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ foi adicionada à grid de cobre de 400 mesh com filme de carbono. Após 30 s, o excesso da amostra foi retirado com papel de filtro, e, em seguida, uma gota de solução aquosa de contrastante acetato de uranila a 2% (m/v) foi adicionada sobre a grid, que foi mantida em temperatura ambiente até secar e depois observada por TEM.

A difração de raios X foi realizada em Miniflex 600 (Rigaku). O pó foi colocado sobre a superfície em uma tela de vidro e analisada por varredura de 5 a 80 (θ), a uma velocidade de 2 θ/min e um ritmo de 0,020, com corrente de 15 mA em 45 kV.

Avaliação da Atividade Antimicrobiana das Nanoestruturas

Os ensaios foram realizados de acordo com Orellano et al. (2019) (11). Culturas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, crescidas overnight a 37 °C, foram distribuídas em microplacas de 96 poços juntamente com a nanoestrutura de óxido de zinco em diferentes concentrações. Em cada poço da placa foram colocados 115,0 μL de caldo nutriente e 10,0 μL de uma das bactérias, água e nanoestruturas conforme esquema abaixo:

linha A: 0,0 μL de nanoestrutura e 75,0 μL de água destilada;

linha B: 1,0 μL de nanoestrutura e 74,0 μL de água destilada;

linha C: 2,0 μL de nanoestrutura e 73,0 μL de água destilada;

linha D: 4,0 μL de nanoestrutura e 71,0 μL de água destilada;

linha E: 40,0 μL de nanoestrutura e 25,0 μL de água destilada;

linha F: 60,0 μL de nanoestrutura e 15,0 μL de água destilada;

linha G: 75,0 μL de nanoestrutura e 0,0 μL de água destilada.

A absorbância do sistema foi lida a 625,0 nm e 37°C em um leitor de microplacas de hora em hora durante 50 h.

Análises estatísticas

Os resultados deste trabalho foram analisados usando Excel 2010 e software estatístico OriginPro 2016. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Nanoestrutura de ZnO

Conforme verificado por Costa et al. (2023) (10), a nanoestrutura de óxido de zinco produzida apresentou tamanho de $173,15 \pm 13,16$ nm e PDI de 0,601. Além de morfologia esférica, tendência a aglomeração e estabilidade de tamanho de 90 dias com um potencial Zeta de -24,20 mV.

Avaliação da Atividade Antimicrobiana da Nanoestrutura de ZnO

A Figura 1 mostra a atividade antimicrobiana das nanoestruturas de ZnO contra *E. coli* e *S. aureus*. Na Figura 1, concentrações de 0,075 a 0,300 mg·mL⁻¹ de ZnO nano apresentaram valores próximos ao controle. O teste de Tukey com nível de significância de 5% indicou que não houve diferença significativa entre os valores obtidos nestas concentrações e o controle. Nas concentrações 3 mg·mL⁻¹, 4,5 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ houve uma diminuição significativa na absorbância em relação ao controle e as demais concentrações, de acordo com o Teste de Tukey, nas concentrações 4,5 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ a fase lag de crescimento foi adiada por conta da atividade antimicrobiana da nanoestrutura de ZnO. Nas concentrações 4,5 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ observou-se aumento da fase lag para *S. aureus*, porém, após 30h a bactéria iniciou seu crescimento. Isto provavelmente aconteceu porque a nanoestrutura de ZnO possui atividade bacteriostática e não bactericida, sendo este um comportamento esperado. Mas não foi encontrada diferença significativa entre elas. Observa-se nestas concentrações um aumento da fase lag de crescimento do *S. aureus*, o que indica que houve inibição da multiplicação do microrganismo.

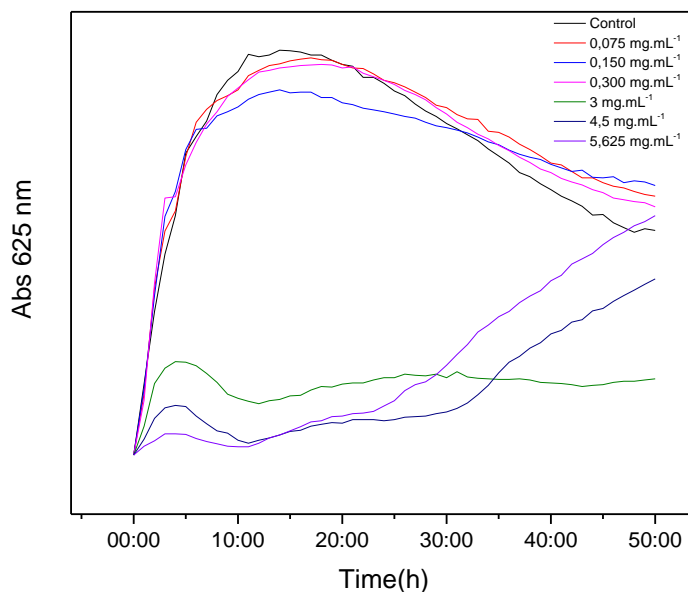


Figura 1. Atividade antimicrobiana das nanopartículas de ZnO. Relação entre absorvância (625 nm) × tempo para a bactéria *S. aureus*
*Concentração de ZnO nano dada em × mg·mL⁻¹

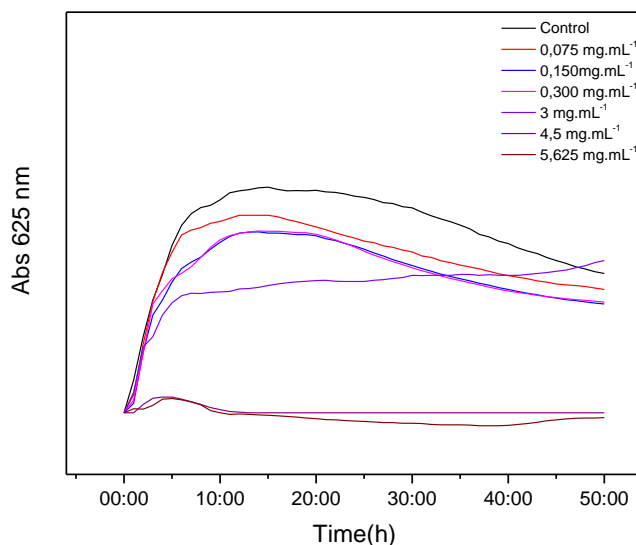


Figura 2. Atividade antimicrobiana das nanopartículas de ZnO. Relação entre absorvância (625 nm) × tempo para a bactéria *E. coli*
*Concentração de ZnO nano dada em × mg·mL⁻¹

Na Figura 2, para *E. coli*, observa-se que a adição de nanoestrutura promoveu diminuição significativa da absorvância em relação ao controle, em todas as concentrações, conforme o Teste de Tukey a 5% de significância. As concentrações de 4,5 mg·mL⁻¹ e 5,63 mg·mL⁻¹ levaram a maior redução na absorvância e inibição do crescimento da bactéria de acordo com o teste de Tukey, mas não apresentaram diferença

significativa entre elas. A menor concentração de nanoestrutura utilizada, que promoveu redução no crescimento do microrganismo foi $0,075 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Padmavathy & Vijayaraghavan (2008) (12), apontam vantagens de se utilizar antibacterianos de origem inorgânica em relação aos orgânicos. São mais duráveis, seletivos, resistentes a condições como altas temperaturas e apresentam atividade elevada, mesmo em pequenas quantidades. No caso das nanopartículas de ZnO, estas ainda apresentam toxicidade seletiva para bactérias e efeitos mínimos para células humanas (13)

Para compreensão do mecanismo antimicrobiano da nanoestrutura de ZnO é importante estudar a ligação específica da superfície do agente e seu consequente metabolismo no interior do microrganismo. De acordo com (14) o efeito antimicrobiano das nanopartículas de óxido de zinco se deve à produção de espécies altamente reativas de oxigênio (ROS) (OH, H₂O₂, O₂), que se ligam ao microrganismo e podem penetrar nas células causando danos.

Num estudo que avaliou o efeito bactericida de dispersões com diferentes tamanhos de nanopartículas de ZnO, Padmavathy & Vijayaraghavan (2008) (12) verificaram que para menores tamanhos de partículas, a atividade antimicrobiana é maior, provavelmente em virtude da maior relação superfície volume, permitindo a ligação de maiores quantidades de espécies reativas de oxigênio.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as nanoestruturas de ZnO têm efeito na redução e inibição do crescimento das bactérias *E. coli* e *S. aureus*, importantes patógenos que precisam ser controlados na indústria de alimentos. A ação bactericida foi dependente da concentração das nanoestruturas e a *E. coli* foi mais sensível.

Desta forma, o estudo aponta para a possibilidade de aplicação destas nanopartículas como agentes antimicrobianos que podem ser utilizados, por exemplo, em superfícies de contato de alimentos na indústria.

Sugere-se estudos futuros comparando o efeito de sanitizantes comerciais com as nanopartículas. Além de estudos sobre a segurança de seu uso na indústria alimentícia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES, CNPQ e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Chatterjee T, Chatterjee B, ... DM... et BA (BBA, 2015 undefined. Antibacterial effect of silver nanoparticles and the modeling of bacterial growth kinetics using a modified Gompertz model. Elsevier [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304416514003584>
2. Mahalakshmi S, Hema N, Vijaya PP. In Vitro Biocompatibility and Antimicrobial activities of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnO NPs) Prepared by Chemical and Green Synthetic Route— A Comparative Study. *Bionanoscience*. 2020 Mar 1;10(1):112–21.

3. Jamdagni P, Khatri P, University-Science JRJ of KS, 2018 undefined. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using flower extract of *Nyctanthes arbor-tristis* and their antifungal activity. Elsevier [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364716303202>
4. Naseer M, Aslam U, Khalid B, Reports BCS, 2020 undefined. Green route to synthesize Zinc Oxide Nanoparticles using leaf extracts of *Cassia fistula* and *Melia azadarach* and their antibacterial potential. nature.com [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65949-3>
5. Figueroa-Ducoing BK, Carrillo-Sanchez AK, Rivera-Gutierrez S, Rios-Muñiz D, Estrada-Garcia T, Cerna-Cortes JF. In Mexico City, fresh-squeezed street-vended orange juice is contaminated with fecal coliforms, *Escherichia coli*, and Shiga toxin-producing *E. coli*: A potential risk for acquiring foodborne diseases. Food Science and Technology (Brazil). 2022;42.
6. Wei S, Daliri EBM, Chelliah R, Park BJ, Lim JS, Baek MA, et al. Development of a multiplex real-time PCR for simultaneous detection of *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus* in food samples. J Food Saf. 2019 Feb 1;39(1).
7. Fetsch A, Johler S. *Staphylococcus aureus* as a Foodborne Pathogen. Vol. 5, Current Clinical Microbiology Reports. Springer; 2018. p. 88–96.
8. Aghababazadeh R, Mazinani B, Mirhabibi A, Tamizifar M. ZnO nanoparticles synthesised by mechanochemical processing. iopscience.iop.org [Internet]. 2006 [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/26/1/075/meta>
9. Ao W, Li J, Yang H, Zeng X, Technology XMP, 2006 undefined. Mechanochemical synthesis of zinc oxide nanocrystalline. Elsevier [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591006002932>
10. Costa KCB, Schlogl AE, de Souza SM, de Oliveira Júnior EN, Coimbra JS dos R, Santos IJB. Tara Gum Coating with Embedded ZnO Nanostructures for Increased Postharvest Guava Shelf Life. ACS Food Science and Technology. 2023 Apr 21;
11. Orellano M, Isaac P, Bresler M, ... LBC, 2019 undefined. Chitosan nanoparticles enhance the antibacterial activity of the native polymer against bovine mastitis pathogens. Elsevier [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719301584>
12. Padmavathy N, Vijayaraghavan R. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles - An antimicrobial study. Sci Technol Adv Mater. 2008 Jul 1;9(3).
13. Reddy KM, Feris K, Bell J, Wingett DG, Hanley C, Punnoose A. Selective toxicity of zinc oxide nanoparticles to prokaryotic and eukaryotic systems. Appl Phys Lett. 2007;90(21).

14. Arroyo B, Bezerra A, Oliveira L, chemistry SAF, 2020 undefined. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). Elsevier [Internet]. [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619316905>



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Inocuidade de Alimentos: Perigos Microbiológicos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





ALTERAÇÕES METABÓLICAS EM *CAMPYLOBACTER JEJUNI* VIÁVEIS E NÃO CULTIVÁVEIS

Luma Gonçalves Julio¹; Amanda de Paula Paim²; Micaela Guidotti Takeuchi³;
Daise Aparecida Rossi⁴ e Roberta Torres de Melo⁴

¹Estudante do Curso de Medicina Veterinária - FAMEV – UFU.

²Estudante do Curso de Medicina Veterinária - FAMEV – UFU.

³Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias – FAMEV – UFU.

⁴Docente do Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias – FAMEV – UFU

Introdução: Apesar de frágil e fastidiosa em condições laboratoriais, *Campylobacter jejuni* é a principal causa de gastroenterite bacteriana alimentar no mundo. Esse paradoxo pode ser explicado pela capacidade de formar biofilmes e de em condições de estresse extremo, degenerar para um estado viável, mas não cultivável (VNC), dificultando sua identificação por métodos tradicionais. Respostas adaptativas do metabolismo bacteriano podem ser essenciais para sua sobrevivência, e estudos anteriores indicam que a comparação de cepas em diferentes trajetórias do desenvolvimento é uma abordagem eficaz para investigar estas alterações. **Objetivo:** Investigar as alterações metabólicas em *C. jejuni* viável típica (VT) e após a transição para o estado VNC. **Métodos:** Realizou-se análises metabolômicas utilizando espectrometria de massa para identificar e quantificar os metabólitos de *C. jejuni* nas formas VT e VNC (induzida por estresse nutricional, térmico e oxidativo pela manutenção em suspensão salina a 4°C até 60 dias na presença de oxigênio). Os softwares MassHunter Qualitative e Agilent Mass Profiler Professional foram utilizados para processar os dados brutos e analisar os compostos moleculares, respectivamente. **Resultados:** Foram identificados 27 metabólitos em comum nas duas formas VT e VNC, e destes, 19 foram discriminados pela associação com intensa atividade celular e comprometimento de mecanismos de proteção e/ou manutenção da integridade como compostos phthalicos, ácido n-hexadecanoico, 1-Dodecanol, ácido hexadecanoico, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester e 1-Tetradecanol. Treze metabólitos foram significativamente elevados nas formas VNC, incluindo: esqualeno, associado a mecanismos de reforço à integridade da membrana e consequente proteção bacteriana; 2,4-di-terc-butilfenol, com atividade antioxidante e redução de danos ao DNA pelos radicais livres de oxigênio; e compostos voláteis, pertencentes ao volatiloma bacteriano, provavelmente decorrentes da interrupção do metabolismo. O esqualeno, ácido palmítico, 1,2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester, Bis(2-ethylhexyl)phthalate e 2,4-di-terc-butilfenol foram exclusivamente super expressos na forma VNC. Na forma VT destacaram-se elevados níveis de dodecano, um metabólito altamente produzido nas fases de crescimento exponencial e estacionária, o 9-octadecenamide, com ação biosurfactante e o di(2-propylpentyl) ester, um phthalic acid ester (PAE), semelhante a proteínas transportadoras simporte presentes na bactéria. **Conclusão:** Há diferenças no perfil metabólico nas formas VT e VNC. A forma VNC apresentou super expressão de metabólitos relacionados à proteção celular, integridade

da membrana e antioxidante, além de outros que podem servir como potenciais biomarcadores, como o esqualeno, ácido palmítico, 1,2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester, Bis(2-ethylhexyl)phthalate e o 2,4-di-terc-butilfenol. Esses resultados podem auxiliar no desenvolvimento de métodos de diagnóstico mais eficazes para a detecção da forma VNC, que não é identificada por métodos convencionais, mas pode ser infectiva.

Palavras-chave: VNC, Metabolômica, Adaptação ambiental.

Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





Capítulo 41

DOI: 10.53934/08082023-41

IMPLICAÇÕES DA PRODUÇÃO DE BIOFILME POR
ACINETOBACTER SPP. PARA A ÁREA CLÍNICA E DE
ALIMENTOSThamiris Sant'Anna de Holanda ; Michel Santos Gomes do Nascimento 
Ricardo Campos Monteiro *; Janaína dos Santos Nascimento 

*Autor correspondente (Corresponding author) –
Email: ricardomestrado84@gmail.com

Resumo: Algumas espécies do gênero *Acinetobacter* são associadas a infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) de importância amplamente reconhecida. Infecções adquiridas na comunidade também têm sido relatadas ao longo dos últimos anos, o que vem a ser um fato preocupante, uma vez que é notório que patógenos humanos podem ser transmitidos através da cadeia alimentar. Vários alimentos de origem animal e vegetal têm sido associados à presença de *Acinetobacter* spp., incluindo isolados resistentes a antibióticos. A produção de biofilme tem sido elencada como um dos fatores mais importantes fatores de virulência que justificam a permanência e a disseminação de *Acinetobacter* spp. em diferentes ambientes, tanto associados a ambientes de assistência à saúde quanto a produção de alimentos. O controle da produção de biofilme é de suma importância para mitigar a veiculação de *Acinetobacter* spp., visto que a colonização de equipamentos e instrumentos hospitalares assim como a tolerância a sanitizantes empregados em indústrias alimentícias estão fortemente associados a esse fator de virulência.

Palavras-chave: *Acinetobacter* spp.; produção de biofilme; alimentos; infecções.

Abstract: Some species of the genus *Acinetobacter* are associated with healthcare-associated infections of widely recognized importance. Community-acquired infections have also been reported over the past few years, which is a matter of concern, as it is well known that human pathogens can be transmitted through the food chain. Several foods of animal and plant origin have been associated with the presence of *Acinetobacter* spp., including antibiotic-resistant isolates. Biofilm production has been listed as one of the most important virulence factors that justify the permanence and dissemination of *Acinetobacter* spp. in different environments, both associated with healthcare environments and food production. Controlling biofilm production is extremely important to mitigate the transmission of *Acinetobacter* spp., since the colonization of hospital

equipment and instruments, as well as tolerance to sanitizers used in food industries, are strongly associated with this virulence factor.

Keywords: *Acinetobacter* spp.; biofilm production; food; infections.

INTRODUÇÃO

O gênero *Acinetobacter* é composto por cocobacilos Gram negativos, não-fermentadores, oxidase negativos, pertencentes à família *Moraxellaceae*. Bactérias desse gênero podem sobreviver em superfícies inanimadas e secas por vários meses, e possuem um bom crescimento em variações de pH. Geralmente são encontradas em ambientes como solo, água, vegetais e na microbiota humana (1, 2, 3).

Acinetobacter baumannii é a espécie mais importante e está associada a uma gama de infecções graves, especialmente em unidades de terapia intensiva. Além de *A. baumannii*, outras espécies de relevância clínica são *A. calcoaceticus*, *A. lwoffii*, *A. pittii*, *A. nosocomialis* e *A. seifertii*. *A. baumannii*, no entanto, é um patógeno do grupo ESKAPE (acrônimo para *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e espécies de *Enterobacter*), associado a infecções resistentes a antibióticos adquiridas em hospitais e que também tem sido comumente encontrado em diversos tipos de alimentos, como apresentado na Figura 1 (4, 5, 6).

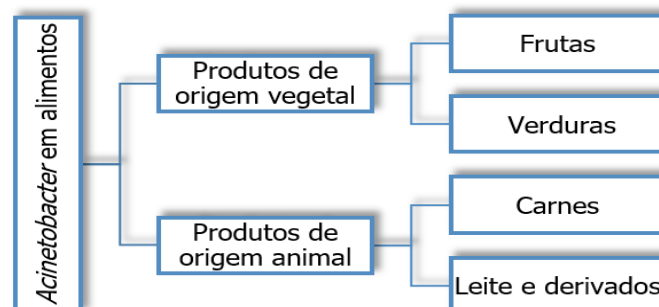


Figura 1 - Tipos de alimentos onde isolados de *Acinetobacter* spp. já foram detectados.

Sabe-se que *A. baumannii*, assim como algumas outras espécies de *Acinetobacter*, é inerentemente resistente a antibióticos e devido ao uso crescente desses agentes, bactérias multirresistentes (MDR) têm evoluído. Vários estudos indicam que a capacidade de existência de *A. baumannii*, incluindo aquelas MDR, em diferentes ambientes é proporcionada principalmente pela formação de biofilme (7, 8).

Dessa forma, este estudo tem por objetivo relatar, de modo sucinto, a importância da produção de biofilme por *Acinetobacter* spp. tanto para a área clínica quanto para área de alimentos.

Para a realização desse estudo, foi realizado o levantamento de artigos científicos e *e-books* utilizando-se os descritores a seguir, de forma isolada e combinados entre si: "*Acinetobacter*", "biofilme", "alimentos", "infecções", "sanitizantes" e suas devidas traduções para a língua inglesa, disponíveis nas bases de dados das plataformas PubMed, Periódicos Capes e Google Acadêmico. Foram selecionados materiais publicados nos últimos 20 anos, cujos dados foram analisados e compilados de forma a atingir o objetivo do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao elevado ecletismo metabólico e nutricional, as espécies de *Acinetobacter* adaptam-se facilmente a diferentes ambientes, sendo comumente isolados desde produtos de origem animal a produtos de origem vegetal (9, 10, 4, 6). Um dos fatores que contribui para essa adaptação é a produção de biofilme.

Biofilmes consistem em comunidades bacterianas que aderem umas às outras e a superfícies, envoltas em uma matriz extracelular composta por polissacarídeos, proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (11). Essas estruturas permitem que as bactérias suportem condições ambientais adversas, incluindo a escassez de nutrientes e a dessecação (11, 12). As etapas comuns no desenvolvimento do biofilme são o contato inicial e a fixação à superfície biótica ou abiótica, a formação de microcolônias, a maturação e formação da arquitetura do biofilme e, por último, o desprendimento ou dispersão do biofilme, como apresentado na Figura 2 (13, 14).

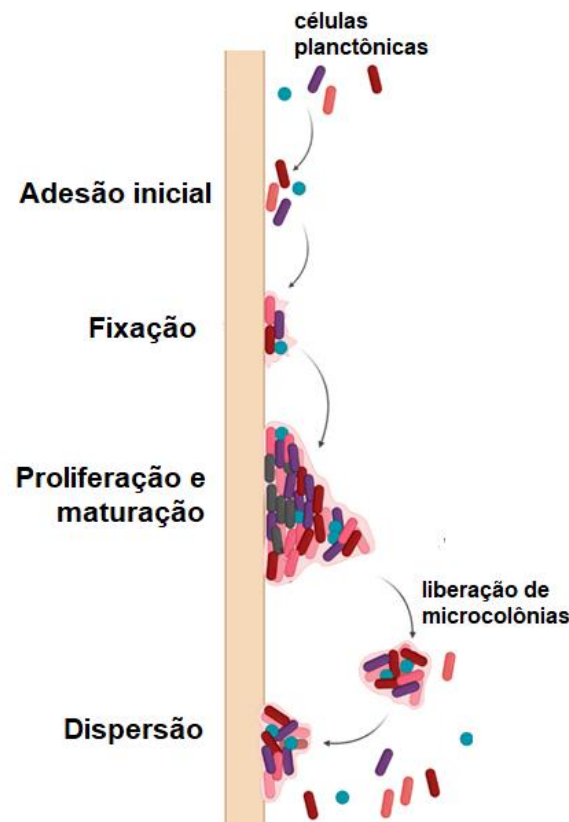


Figura 2- Etapas da formação e desenvolvimento do biofilme bacteriano [Adaptada de Shrestha *et al.*, 2021 (14)].

Os biofilmes, apesar de poderem contribuir de forma benéfica, como auxiliar no crescimento de vegetais e ter uma aplicação na fermentação de alimentos e no tratamento de águas residuais, geralmente apresentam um risco significativo para a saúde pública. Isto se deve ao seu papel em auxiliar o aumento da resistência microbiana, desencadeando dificuldades no tratamento de infecções em humanos e animais (15, 16).

De acordo com Chagas e colaboradores (17), a ancoragem da comunidade bacteriana é proporcionada pela matriz exopolissacarídica, o que confere suporte e alta resistência antibiótica à comunidade bacteriana. *A. baumannii* possui um grande repertório de genes e de proteínas de virulência relacionados ao biofilme e fatores como a transferência de plasmídeos, presença de bombas de efluxo, porinas de membranas, fosfolipases, polissacarídeos capsulares, proteases, sistemas quelantes de ferro e de sistemas de secreção de proteínas também contribuem para a resistência microbiana no biofilme (5, 11, 17).

A capacidade de *Acinetobacter* em formar biofilmes é um importante fator de virulência, pois participa do estabelecimento de uma relação ecológica negativa entre o patógeno e o hospedeiro. Esse caráter permite, contudo, a colonização de dispositivos médicos, como cateteres urinários, cateteres venosos centrais, tubos endotraqueais e ventiladores mecânicos, assim como em outras superfícies, como tubulações de água potável, contribuindo assim, para o desenvolvimento das IRAS (Infecções relacionadas à assistência à saúde), anteriormente conhecidas como infecções nosocomiais, como citado na Tabela 1 (11, 15, 16, 18).

Tabela 1 - Principais implicações da produção de biofilme por *Acinetobacter* spp.

Principais implicações da produção de biofilme por <i>Acinetobacter</i> spp.	
Ambientes de assistência à saúde	Setor alimentício
<ul style="list-style-type: none"> ● Colonização de dispositivos médicos ● Colonização de tubulações de água potável ● Contribui para o aumento da resistência a antibióticos ● Contribui para o desenvolvimento das IRAS 	<ul style="list-style-type: none"> ● Abriga e auxilia a proliferação de bactérias patogênicas ● Colonização de tubulações de água potável ● Aumento da tolerância a sanitizantes utilizados em indústrias de alimentos ● Alteração sensorial em alimentos

- Dificulta o tratamento de infecções em humanos e animais
- Prejuízo econômico

Vale ressaltar que o biofilme produzido por *A. baumannii* tem grande impacto social, pois essa espécie é comumente isolada em amostras hospitalares e apresenta resistência à gama de antimicrobianos, levando-a a ser considerado “alerta vermelho”,

por estar relacionada a quadro clínicos de alcoolismo e tabagismo, diarreia aguda, doenças pulmonares, diabetes, doenças autoimunes e neurológicas, além de sepse no âmbito hospitalar (19, 20, 5).

No setor alimentício, o biofilme também é uma estrutura preocupante (Tabela 1), pois além de abrigar e auxiliar a proliferação de bactérias patogênicas, o biofilme é mais resistente a sanitizantes do que as células isoladas. Além disso, está relacionado a possível corrosão de equipamentos, interferindo na qualidade do produto final, desde a avaliação sensorial à veiculação do patógeno (21).

A ocorrência do gênero *Acinetobacter* em ambientes de processamento de alimentos está bem documentada e a produção de biofilme por *Acinetobacter* spp. isolados de alimentos e de água potável já foi descrita em alguns trabalhos na literatura (22, 23, 24, 25). Já foi demonstrado, inclusive, que biofilmes produzidos por *Acinetobacter* spp. podem proteger e proporcionar a persistência e a disseminação de outros patógenos alimentares potenciais. Esse fato já foi observado em superfícies de uma indústria de carne, onde biofilmes de *A. calcoaceticus* foram capazes de coagregar outras bactérias, como *Escherichia coli* (26).

Para a indústria de alimentos, a produção de biofilme por *Acinetobacter* spp. é um fator essencial para garantir sua colonização e a sua permanência no ambiente. Alguns trabalhos relatam a tolerância de isolados de *Acinetobacter* spp. a altas concentrações de quaternários de amônia (27) e de hipoclorito de sódio (28, 29, 30), muito superiores àquelas recomendadas pelo FDA para a sanitização de equipamentos e de utensílios usados no processamento de alimentos e em outras superfícies de contato com alimentos de consumo humano (31).

Vale ressaltar, ainda, que biofilmes formados na superfície de alimentos frescos, por exemplo, podem causar sérios riscos à qualidade do produto fresco e à saúde do consumidor, pois esses biofilmes podem não ser facilmente removidos com uma simples lavagem com água (25). Procedimentos de limpeza inadequados em ambientes de processamento de alimentos podem, portanto, potencialmente aumentar o risco de contaminação dos alimentos por bactérias deteriorantes e patogênicas, como *Acinetobacter* spp. (32).

CONCLUSÕES

O biofilme é um importante fator de virulência de *Acinetobacter* spp., o que permite sua colonização em dispositivos médicos, tubulações de água potável, alimentos, equipamentos e em outros ambientes. As infecções relacionadas a este biofilme podem

levar a mortalidade e a internações prolongadas, aumentando o custo em administração de fármacos antimicrobianos e ao aumento da veiculação do patógeno.

Faz-se necessário, portanto, um maior controle dos ambientes produtores ou que manipulam alimentos para certificar se os métodos utilizados para higienização de ambientes, equipamentos e fômites utilizados no processamento de alimentos e em ambientes de assistência à saúde são suficientes para garantir a eliminação do biofilme produzido por esses micro-organismos.

REFERÊNCIAS

1. Vanegas-Múnera, J.; Roncancio-Villamil, G.; Jiménez-Quiceno, J. N. *Acinetobacter baumannii*: importancia clínica, mecanismos de resistencia y diagnóstico. CES Medicina. 2014;28(2):233-246.
2. Moubareck, C. A.; Halat, D. H. Insights into *Acinetobacter baumannii*: A Review of Microbiological, Virulence, and Resistance Traits in a Threatening Nosocomial Pathogen. Antibiotics (Basel). 2020;9(3):119.
3. De Souza, L. C. R.; Bezerra, N. V.; Da Trindade, E. L. Aspectos epidemiológicos de *Acinetobacter baumannii* e avaliação do perfil de resistência em amostras biológicas de pacientes atendidos em um hospital oncológico em Belém-PA. RevSALUS. 2021;3(1):49-55.
4. Malta, R. C. R.; Ramos, G.L.D.P.A.; Nascimento, J. From food to hospital: we need to talk about *Acinetobacter* spp. Germs. 2020;10(3):210-217.
5. Gedefie, A.; Demsis, W.; Ashagrie, M.; Kassa, Y.; Tesfaye, M.; Tilahun, M.; Bisetegn, H.; Sahle, Z. *Acinetobacter baumannii* Biofilm Formation and Its Role in Disease Pathogenesis: A Review. Infect Drug Resist. 2021;14:3711-3719.
6. Malta, R.C.R.; Cruz, C.H.S.; Santos, J.B.; Ramos, G.L.P.A.; Nascimento, J.S. *Acinetobacter* em alimentos: uma visão geral. 1st Edition. Ponta Grossa: Atena; 2021.
7. Longo, F.; Vuotto, C.; Donelli, G. Biofilm formation in *Acinetobacter baumannii*. New Microbiol. 2014;37(2):119-127.
8. Yang, C.H.; Su, P.W.; Moi, S.H.; Chuang, L.Y. Biofilm formation in *Acinetobacter baumannii*: genotype-phenotype correlation. Molecules. 2019;24(10):1849.
9. Dahiru, M.; Enabulele, O. I. *Acinetobacter baumannii* in Birds' Feces: a public health threat to vegetables and irrigation farmers. Advances in Microbiology. 2015;5(10):693.
10. Marí-Almirall, M.; Cosgaya, C.; Pons, M. J.; Nemeč, A.; Ochoa, T. J.; Ruiz, J.; et al. Pathogenic *Acinetobacter* species including the novel *Acinetobacter dijksboorniae* recovered from market meat in Peru. International Journal of Food Microbiology. 2019;305:108248
11. Eze, E.C.; Chenia, H.Y.; El Zowalaty, M.E. *Acinetobacter baumannii* biofilms: effects of physicochemical factors, virulence, antibiotic resistance determinants, gene regulation, and future antimicrobial treatments. 2018;11:2277-2299.
12. Ribeiro, Juliana de Almeida. Avaliação da produção de biofilme por amostras clínicas de *Acinetobacter baumannii* do estado de Minas Gerais [Graduação em Biomedicina]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2019.
13. Colquhoun, J. M.; Rather, P.N. Insights into mechanisms of biofilm formation in *Acinetobacter baumannii* and implications for uropathogenesis. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2020;10:253.

14. Shrestha, L.; Fan, H.M.; Tao, H.R.; Huang, J.D. Recent Strategies to Combat Biofilms Using Antimicrobial Agents and Therapeutic Approaches. 2022;11(3):292.
15. Pompilio, A.; Scribano, D.; Sarshar, M.; Di Bonaventura, G.; Palamara, A. T.; Ambrosi, C. Gram-Negative Bacteria Holding Together in a Biofilm: The *Acinetobacter baumannii* Way. Microorganisms. 2021;9(7):1353.
16. Queiroz, Y. M.; Maciel, I. A.; Santos, F. D. S. Mecanismo de resistência da bactéria *Acinetobacter baumannii* e suas implicações no controle das infecções hospitalares. Rev.Bras,Anal.Clin. 2022;54(1):37-43
17. Chagas, T.T.; Lima, W.G.; Paiva, M.C.; Castro, A.P. Capacidade de Formação de Biofilmes e perfil de resistência de *Acinetobacter baumannii* isolados em unidades de terapia intensiva: uma revisão sistemática. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas. 2022;51(2):834-859.
18. Bai, X.; Wu, F.; Zhou, B.; Zhi, X. Biofilm bacterial communities and abundance in a large-scale drinking water distribution system in Shanghai. Journal of water and health. 2010;8(3):593-600.
19. Polanco, N.; Manzi, L. Toxigenic effect of *Acinetobacter baumannii* isolated from children with acute diarrhea. Investigación Clínica. 2008;49(1):59-67.
20. Weiss, G.A.; Hennet, T.. Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis. Cellular and Molecular Life Sciences. 2017;74:2959-2977.
21. Scherrer, J. V.; Marcon, L. N.. Formação de biofilme e segurança dos alimentos em serviços de alimentação. RASBRAN. 2016;7(2):91-99.
22. Amorim, A. M. B.; Nascimento, J. S.. *Acinetobacter*: an underrated foodborne pathogen?. The Journal of Infection in Developing Countries. 2017;11(2):111-114
23. Ramos, G. L. P. A.; Nascimento, J. S.. Characterization of *Acinetobacter* spp. from raw goat milk. Ciência Rural. 2019;49(10):2019404
24. Oleiwi, S. R.; Ahmed, E. F.; Rasheed, S. F.. Study the Adhesion Capacity on abiotic surfaces by *Acinetobacter baumannii* isolated from drinking water. Eurasian Journal of Biosciences. 2020;14:4217-4223.
25. Ababneh, Q.; Al-Rousan, E.; Jaradat, Z.. Fresh produce as a potential vehicle for transmission of *Acinetobacter baumannii*. FoodContamination. 2022;9:5.
26. Habimana, O.; Heir, E.; Langsrud, S.; Asli, A. W.; MØRETRØ, T.. Enhanced Surface Colonization by *Escherichia coli* O157:H7 in Biofilms formed by an *Acinetobacter calcoaceticus* isolate from meat-processing environments. Applied and Environmental Microbiology. 2010;76(13):4557-4559.
27. Babaei, M.; Sulong, A.; Hamat, R.; Nordin, S.; Neela, V.. Extremely high prevalence of antiseptic resistant quaternary ammonium compound E gene among clinical isolates of multiple drug resistant *Acinetobacter baumannii* in Malaysia. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials. 2015;14(1):11.
28. Liu, L.; Qu, X.; Xia, Q.; Wang, H.; Chen, P.; Li, X.; et al. Effect of *Lactobacillus rhamnosus* on the antioxidant activity of Cheddar cheese during ripening and under simulated gastrointestinal digestion. LWT. 2018;95:99-106.
29. Kampf, G.. "Sodium Hypochlorite". In: Antiseptic Stewardship. Springer International Publishing. 2018;161-210.
30. Köhler, A. T.; Rodloff, A. C.; Labahn, M.; Reinhardt, M.; Truyen, U.; Speck, S. Efficacy of sodium hypochlorite against multidrug-resistant Gram-negative bacteria. Journal of Hospital Infection. 2018;100(3):e40-e46
31. FDA - Food and Drug Administration. Code of Federal Regulations. Title 21, 3, 21CFR178.1010, Part 178: Indirect food additives: Adjuvants, production aids, and sanitizers, Subpart B: Substances utilized to control the growth of microorganisms. Sec. 178.1010, Sanitizing solutions. 2019.

32. Fernandes, L. M.; Ramos, G. L. P. A.; Malta, R. C. R.; Nascimento, J. D. S. Tolerance of foodborne *Acinetobacter* spp. to sanitizer agents. *J Infect Dev Ctries.* 2022;16(12):1845-1851.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Inocuidade de Alimentos: Perigos Químicos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Capítulo 42

DOI: 10.53934/08082023-42

A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM
CERVEJASAna Lúcia Lourenço Rodrigues *; Denise R. Perdomo Azeredo **Autor correspondente (Corresponding author) – Email: cgallr@hotmail.com*

Resumo: Os resíduos de agrotóxicos podem ingressar na cadeia produtiva de alimentos de origem vegetal pela aplicação intencional, direta, nas diversas culturas, mas também pela contaminação não intencional dos recursos hídricos, do solo e do ar. Considerando-se as matérias-primas utilizadas na fabricação de cervejas, mais especificamente o malte e o processo de malteação, observou-se a remoção de resíduos de agrotóxicos, em especial para as substâncias com coeficiente de partição, log P, inferiores a 3, ou hidrofílicos. As etapas de germinação, secagem e estocagem do malte apresentaram-se como de menor impacto na remoção de resíduos e, diante dos resultados compilados, através de revisão de literatura, os agrotóxicos com características hidrofóbicas, são os que merecem maior atenção, uma vez que tendem a permanecer nos grãos do malte de cevada. No processo de fabricação de cerveja, foi evidenciada a redução dos resíduos de agrotóxicos pela adsorção no bagaço de malte e no *trub*, e pela decomposição térmica durante a fervura do mosto. A adsorção reportada de resíduos hidrofóbicos no bagaço de malte e no *trub* merece destaque, uma vez que estes subprodutos são comumente destinados à alimentação animal e, portanto, têm grande impacto na cadeia de produtiva. As etapas de fermentação, maturação e filtração apresentaram-se como de menor importância na remoção de resíduos. As estimativas da contribuição da cerveja para a ingestão diária máxima tolerável de resíduos de agrotóxicos, a partir dos resultados reportados para marcas de cervejas comerciais, são muito baixas.

Palavras-chave: agrotóxicos; malte; malteação; lúpulo; cerveja.

Abstract: Pesticide residues can enter the production chain of plant-based foods through intentional, direct application to different crops, but also through unintentional contamination of water, soil and air resources. Considering the raw materials used in brewing, more specifically malt and the malting process, the removal of pesticide residues was observed, especially for substances with a partition coefficient, log P, lower than 3, or hydrophilic. The stages of germination, drying and storage of the malt presented themselves as having the least impact on the removal of residues and, in view of the results compiled, through a literature review, the pesticides with hydrophobic

characteristics are the ones that deserve greater attention, since they tend to remain in the barley malt grains. In the brewing process, the reduction of pesticide residues was evidenced by adsorption on spent grains and hops and thermal decomposition during wort boiling. The reported adsorption of hydrophobic residues on spent grains and hops is worth mentioning, since these by-products are commonly used in animal feed and, therefore, greatly impact the production chain. The steps of fermentation, maturation, and filtration were of lesser importance in the removal of residues. Estimates of the contribution of beer to the maximum tolerable daily intake of pesticide residues from the results reported for commercial beer brands are very low.

Keywords: pesticidas; malt; malting; hops; beer

INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no Brasil (1), e o país é terceiro maior produtor no mundo, atrás apenas da China e dos Estados Unidos (2). Neste cenário, a qualidade e, especificamente, a segurança deste alimento merecem especial atenção.

As matérias primas essenciais para a produção da bebida são água, malte de cevada, lúpulo e levedura cervejeira. Outros cereais maltados ou não maltados também podem ser utilizados em substituição de parte do malte de cevada, e são denominados adjuntos cervejeiros (3). Quantitativamente, a matéria-prima mais importante é a água. A cevada é o principal cereal utilizado como fonte de açúcares fermentescíveis para a levedura cervejeira, entretanto deve primeiro ser convertida em malte antes de seu uso na cervejaria. O lúpulo confere à cerveja um sabor amargo e tem grande influência em seu aroma. A levedura é responsável pela fermentação, uma etapa essencial do processo produtivo (3).

Considerando-se os principais perigos químicos relacionados a cadeia produtiva da bebida, do campo ao copo, os resíduos de agrotóxicos, como inseticidas, herbicidas, fungicidas, entre outros, merecem destaque. Os cereais utilizados são matérias primas atrativas para insetos e fungos, diante de seus teores de amido, proteína e umidade, e, sendo assim, combinações de agrotóxicos são amplamente utilizadas nestas culturas, nas várias fases do cultivo e do armazenamento pós-colheita (4). A planta de lúpulo também é suscetível ao ataque de diferentes pragas, como ácaros e pulgões, e às infecções fúngicas, como míldio e oídio, e virais, como a virose do mosaico do lúpulo, o que demanda proteção química intensiva e uso de agrotóxicos (5). Os corpos de água superficiais podem ser contaminados não intencionalmente, pelo escoamento de campos agrícolas, principalmente em terrenos íngremes, em áreas com elevada pluviosidade, ou quando os campos são irrigados após a aplicação de agrotóxicos, com destaque para aqueles com elevada solubilidade em água. Para as águas subterrâneas, a principal via de contaminação é a lixiviação em regiões de produção agrícola (6).

Os agrotóxicos desempenham um papel importante para o aumento da eficiência da agricultura convencional, mas também são potencialmente tóxicos para os seres humanos, podendo induzir efeitos adversos à saúde, incluindo câncer, efeitos na reprodução, no sistema imunológico ou nervoso (7). Diante disto, existem preocupações

informações, as culturas autorizadas, a modalidade de emprego e o limite máximo de resíduo (LMR) por tipo de cultura, e a ingestão diária máxima aceitável (IDA) para cada ingrediente ativo (8).

O Quadro 1 apresenta os limites máximos de resíduos (LMR) e a ingestão diária aceitável (IDA) para apenas alguns dos ingredientes ativos de agrotóxicos mais utilizados no Brasil em culturas de cereais (8). As classificações de carcinogenicidade estão de acordo com as respectivas monografias da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (9).

Quadro 1 – Exemplo de ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados nas culturas de cereais no Brasil

Agrotóxico - ingrediente ativo	Grupo	Culturas	Modalidade de emprego (aplicação)	LMR (mg/kg)	IDA (mg/kg p.c.)	Classificação de carcinogenicidade
Atrazina	Herbicida	Milho	Pré/pós-emergência	0,25	0,02	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade em humanos
2,4-D	Herbicida	Arroz, aveia, centeio, cevada, milho e trigo	Pré/pós-emergência	0,2	0,01	Grupo 2B: Possivelmente carcinogênico para humanos
Glifosato	Herbicida	Aveia, centeio, cevada e trigo	Pós-emergência	0,05	0,5	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos
		Arroz		0,2		
		Milho		1		
Malationa	Inseticida e acaricida	Arroz, trigo	Produtos armazenados	8	0,3	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos
		Milho	Foliar e produtos armazenados			
Mancozebe	Fungicida e acaricida	Arroz	Foliar	0,8*	0,03	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade em humanos
		Aveia, centeio, cevada e trigo		1,5*		
		Milho		0,7*		

* LMR expresso com CS₂

Fonte: Anvisa, 2021; WHO, 2018

O cultivo de lúpulo no Brasil é muito recente e, até o momento, não existem agrotóxicos autorizados para uso específico nesta cultura. Os lúpulos utilizados nas cervejas produzidas no país são, em sua quase totalidade, importados de países como Estados Unidos e Alemanha, e devem atender aos limites máximos de resíduos (LMR) estabelecidos pela Comissão do Codex Alimentarius (10) e pela União Europeia (11), desde que os ingredientes ativos não tenham sido banidos no Brasil (8).

Ainda no Brasil, a portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, estabelece os valores máximo permitidos (VMP) para 40 agrotóxicos e seus metabólitos, que representam riscos à saúde humana (12).

Os resíduos de agrotóxicos utilizados no cultivo e armazenamento de cereais, ou provenientes de outras matérias-primas como o lúpulo e a água, podem permanecer na

bebida (13; 14). No entanto, ainda não existem limites máximos estabelecidos para estes resíduos em cervejas na legislação brasileira ou internacional.

Diante do uso extensivo de agrotóxicos na produção de cereais e de lúpulo, de seus efeitos adversos à saúde e da ausência de limites estabelecidos para resíduos no produto final, o entendimento sobre o comportamento destas substâncias ao longo do processo de malteação e fabricação de cerveja têm especial importância para a oferta de uma bebida segura, do ponto de vista toxicológico.

2 Avaliação de resíduos de agrotóxicos no processo de malteação

A malteação é um processo de germinação controlada, que tem como objetivo a ativação e produção de enzimas e a modificação de constituintes do endosperma e parede celular dos grãos de cevada, preparando-os para a utilização no processo de fabricação de cerveja, e compreende as etapas de maceração, germinação, secagem e crivagem. Na maceração, a criação de condições favoráveis de umidade dentro dos grãos, induz o processo de germinação, e contempla a alternância de períodos de imersão em água e de descanso, quando a água é drenada (3). Navarro et al. (2007) evidenciaram a redução da concentração, em diferentes proporções, dos herbicidas pendimetalina e trifluralina, dos inseticidas organofosforados fenitrotona e malationa, e dos fungicidas nuarimol, miclobutanil e propiconazol, ao longo do processo de malteação, conduzido em escala de laboratório (15). A etapa mais importante na remoção de resíduos de agrotóxicos foi a maceração, com 52% de redução, seguida da germinação (25%) e da secagem (23%). Uma boa correlação ($r > 0,92$) entre os percentuais de redução na etapa de maceração e os valores de coeficiente de partição octanol-água, log P, dos agrotóxicos avaliados foi apresentada. O organofosforado malationa, com o menor valor de log P (2,75) e a maior solubilidade em água (145 mg/L) entre os compostos estudados, foi reduzido em 55% nesta etapa. Já a pendimetalina e trifluralina, com valores de log P superiores a 5 e baixa solubilidade em água (0,2-0,3 mg/L) apresentaram reduções de apenas 15 e 20% na mesma etapa, respectivamente. As quantidades remanescentes após o processo de malteação completo variaram entre 13%, para a fenitrotona, e 51%, para o nuriamol, quando comparadas às concentrações adicionadas à cevada, e não foi observada redução significativa na etapa de armazenamento do malte.

Com resultados similares, Miyake et al. (2002) monitoraram o comportamento dos agrotóxicos mepronil, propiconazol, triadimefom, triflumizol, etifencarb, fentoato e fenitrotona, comumente utilizados no cultivo de cevada, ao longo do processo de malteação, e evidenciaram a redução significativa da concentração das substâncias hidrofílicas, na etapa de maceração, em especial. Neste estudo, sugeriram que os resíduos de agrotóxicos com coeficiente de partição octanol-água, log P, superior a 3, hidrofóbicos, podem permanecer no malte (16).

Diante dos resultados de ambos os estudos, especial atenção deve ser dada aos resíduos de agrotóxicos hidrofóbicos nos grãos de malte de cevada.

3 Avaliação de resíduos de agrotóxicos no processo de fabricação de cerveja

Considerando que o malte de cevada é a principal matéria-prima de origem vegetal e, portanto, mais suscetível à contaminação por agrotóxicos, Inoue *et al.* (2011), adicionaram 368 ingredientes ativos a amostras de malte moído, em concentrações variando entre 100 e 500 µg/kg, e acompanharam seus índices residuais ao longo do processo de fabricação de cerveja, conduzido em escala de laboratório. A avaliação das amostras de mosto filtrado indicou que 76,4% dos ingredientes ativos testados se apresentaram com índice residual³ abaixo de 30%. Já no bagaço de malte separado durante a filtração do mosto, 75,6% permaneceram com índice residual acima de 50%. Após a fervura do mosto, apenas um ingrediente ativo, o metamidofós, permaneceu com índice residual acima de 80%, e outros 21, ou 6,5%, se apresentaram acima de 50%. Na cerveja pronta, este mesmo ingrediente ativo permaneceu com índice residual acima de 80% e outros 16, ou apenas 4,5%, acima de 50%. Os resultados indicaram que a maior parte dos ingredientes ativos inicialmente adicionados ao malte tiveram suas concentrações reduzidas durante o processo de fabricação da cerveja, principalmente pela adsorção ao bagaço de malte e pela decomposição térmica, diante da exposição a elevadas temperaturas durante a fervura do mosto (13).

Ainda neste estudo, Inoue *et al.* (2011) avaliaram a correlação entre o coeficiente de partição octanol-água, log P, de cada ingrediente ativo e sua taxa de adsorção ao bagaço de malte e à ocorrência de resíduos no mosto filtrado. Agrotóxicos com maior log P (hidrofóbicos) tenderam a se apresentar adsorvidos ao bagaço de malte. Inversamente, agrotóxicos com um menor log P (hidrofílicos) tenderam a permanecer no mosto filtrado. Os agrotóxicos que apresentaram índices residuais superiores a 80% no mosto filtrado apresentavam valores de log P inferiores a 2 (13).

O rastreamento do comportamento de agrotóxicos provenientes da cevada ao longo do processo de malteação e fabricação de cerveja sinaliza que os ingredientes ativos hidrofílicos tendem a ser eliminados na etapa de maceração, durante a malteação, e os hidrofóbicos na etapa de filtração de mosto, adsorvidos ao bagaço de malte. Diante disso, ganha relevância o entendimento do comportamento da concentração de resíduos de agrotóxicos oriundos do lúpulo ao longo do processo de fabricação de cerveja, uma vez que a adição dessa matéria-prima se dá após a etapa de filtração do mosto.

Nesse sentido, Dusek *et al.* (2018) monitoraram o comportamento de 58 agrotóxicos, comumente utilizados nas culturas de lúpulo, ao longo do processo de fabricação de cerveja, conduzido em escala laboratorial. Uma mistura destas substâncias foi adicionada a amostras de cones secos de lúpulo orgânico, da variedade Saaz, que foram dosadas no mosto filtrado, no início da fervura, e suas concentrações acompanhadas até a bebida pronta. Os resultados mostraram que mais de 33 das 58 substâncias monitoradas apresentaram-se na bebida final com índices residuais superiores a 50%, como por exemplo, azoxistrobina (73%), boscalida (65%), dimetomorfa (88%), flonicamida (89%), imidacloprida (85%), mandipropamida (61%), miclobutanil (72%), tebuconazol (51%), tiametoxam (94%) e triadimenol (80%). Os agrotóxicos com coeficiente de partição octanol-água, log P, com valores inferiores a 3 foram extraídos em mais de 70% e os com log P inferior a 2 foram quase totalmente extraídos do lúpulo

³ Os índices residuais foram calculados com base na concentração dos agrotóxicos presentes em cada etapa, comparada à inicialmente adicionada ao malte moído.

para o mosto lupulado. Já os com log P superior a 3,75 tenderam a permanecer no *trub quente*⁴ removido na etapa de decantação do mosto. Na etapa de fervura, a estabilidade térmica dos agrotóxicos observados mostrou ter uma influência importante nas taxas de transferência destas substâncias para o mosto. Um total de 20 agrotóxicos foram instáveis ou mostraram apenas uma baixa estabilidade durante os 90 minutos de fervura do mosto. Os agrotóxicos que apresentaram os maiores índices residuais na cerveja pronta e que, diante disto, têm o maior potencial de riscos para a segurança da bebida, foram os com log P inferior a 3 e estáveis a temperaturas elevadas como, por exemplo, azoxistrobina, boscalida, dimetomorfe, flonicamida, imidacloprido, mandipropamida, miclobutanil e tiametoxam (5). Esses dados também sugerem, que a taxa de transferência de resíduos de agrotóxicos depende principalmente de seu coeficiente de partição octanol-água (log P), solubilidade em água e estabilidade térmica durante a fervura.

4 Resíduos de agrotóxicos em marcas de cervejas comerciais

Estudo conduzido por Jansons, Pugajeva e Bratkevics (2018) avaliou o ingrediente ativo glifosato em 100 diferentes amostras de cervejas, representando a maioria das marcas e estilos disponíveis no mercado da Letônia, e identificaram sua ocorrência em 92% das amostras analisadas. Do total de provas positivas para Glifosato, 90% delas apresentaram concentrações entre o limite de quantificação e 15 µg/L, e uma alcançou 150 µg/L (17). Utilizando-se, apenas como referência para cálculo, os dados de peso corporal médio do brasileiro de 65 kg (18) e o consumo *per capita* dos brasileiros consumidores da bebida, 199 L/ano (1), e mesmo considerando-se o maior resultado encontrado, 150 µg/L, a contribuição da cerveja para a ingestão diária máxima tolerável deste ingrediente ativo, 500 µg/kg massa corporal, estabelecida pela Anvisa (8), seria de apenas 0,25%, ou 1,26 µg/kg massa corporal.

González *et al.* (2023) pesquisaram 225 ingredientes ativos de agrotóxicos em 23 amostras de marcas de cervejas artesanais das Ilhas Canárias e em 19 de marcas produzidas em escala industrial na Espanha, totalizando 42 amostras. Apenas uma das amostras, correspondente à única marca de cerveja artesanal com certificação orgânica testada, apresentou-se sem qualquer resíduo de agrotóxicos. As análises realizadas confirmaram a presença de apenas 15 resíduos de ingredientes ativos dos 225 testados, e os de maior ocorrência foram o fungicida boscalida, presente em 95,2% das amostras, o fungicida mandipropamida e o regulador de crescimento mepiquate em 76,2% e o fungicida dimetomorfe em 59,5% das amostras. A maior concentração média encontrada foi a do fungicida boscalida, 19 µg/L, e as cervejas artesanais apresentaram as maiores concentrações médias de todos os ingredientes ativos encontrados, exceto mandipropamida e metrafenona, o que pode estar associado a diferenças no processamento destas cervejas, quando comparadas às produzidas em escala industrial, como por exemplo a tendência de não realização das operações de filtração e pasteurização da bebida final (14). A estimativa de contribuição da cerveja para a ingestão

⁴ O *trub quente* se forma no processo de fervura do mosto e é constituído por partículas grandes, entre 30 a 80 µm, levemente mais densas que o mosto, de proteínas, taninos e substâncias de lúpulo não solubilizadas.

diária máxima tolerável do ingrediente ativo boscalida, 40 µg/kg massa corporal, estabelecida pela Anvisa (8), seria de apenas 0,40%, ou 0,16 µg/kg massa corporal, considerando-se a média das amostras de 19 µg/L, e os mesmos parâmetros de peso corporal médio e consumo *per capita*. Vale destacar que três dos quatro ingredientes ativos de maior ocorrência neste estudo também se apresentaram com índices residuais elevados na bebida final no estudo de Dusek *et al.* (2018), conduzido com agrotóxicos oriundos da matéria-prima lúpulo: boscalida (65%), mandipropamida (61%), dimetomorfa (88%) (5). O ingrediente ativo mepiquate não foi testado por Dusek *et al.* (2018).

As estimativas da contribuição da cerveja para a ingestão diária máxima tolerável de resíduos de agrotóxicos, a partir dos resultados reportados para marcas de cervejas comerciais, são muito baixas. Entretanto, são poucas as publicações disponíveis, e estudos adicionais, que contemplem os possíveis resíduos, região a região, e que considerem as substâncias aprovadas para uso em cada país, as práticas agrícolas adotadas, as características climáticas, dentre outros fatores, se fazem necessários. As contribuições para a ingestão diária, ainda que baixas, se somam a todo o restante da dieta, de origem vegetal, animal ou mineral e, a isso, os efeitos da interação das misturas de agrotóxicos, que ainda são pouco compreendidos. Importa considerar ainda que, um perigo adicional é introduzido na cadeia produtiva de alimentos, devido à possível transferência destes resíduos para produtos de origem animal, como leite, carne e ovos.

CONCLUSÕES

A maior parte dos estudos recentes se concentrou em configurações experimentais para o monitoramento dos níveis de ingredientes ativos de agrotóxicos ao longo do processo de malteação e de fabricação da cerveja, e poucas publicações abordaram os níveis destas substâncias nas cervejas ofertadas no mercado.

A prevenção da ocorrência de resíduos de agrotóxicos em cervejas deve iniciar pela seleção das matérias-primas, de forma a que atendam aos limites máximos especificados pela legislação e, sendo assim, as cervejarias devem estabelecer e aplicar critérios para a seleção e monitoramento de desempenho de seus fornecedores.

O conhecimento do coeficiente de partição octanol-água, solubilidade em água e estabilidade térmica dos químicos utilizados nas culturas de cevada, demais cereais, e de lúpulo, associados ao entendimento da interação destas propriedades com cada etapa ou operação do processo de malteação e fabricação de cerveja, podem guiar a utilização destas substâncias e contribuir para a redução de seus teores na bebida pronta e, por consequência, da exposição de seus consumidores. Compostos com características hidrofílicas e com reduzida estabilidade térmica deveriam ser priorizados para utilização nas culturas de cevada e lúpulo, por exemplo.

Em paralelo, esforços devem ser direcionados para cumprimento de boas práticas agrícolas, como a secagem imediata e adequada pós-colheita de cereais, e de estocagem e transporte, para minimizar a necessidade de utilização de agrotóxicos, além de práticas como a utilização de variedades resistentes, manejo integrado de pragas, controle biológico e produtos fitofarmacêuticos.

REFERÊNCIAS

1. WHO. Global status report on alcohol and health 2018. Geneva: World Health Organization, 2018. (WHO technical report series).
2. Kirin Holdings Company Ltd. Global Beer Consumption by Country in 2021 [Internet]. Tokyo, 2022. [acesso em 31 Mai 2023]. Disponível em: https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2022/1223_01.html.
3. Kunze W. Technology Brewing and Malting. 3 ed. Berlin: VLB Berlin, 2004.
4. Pérez-Lucas G, Navarro G, Navarro S. Comprehensive Review on Monitoring, Behavior, and Impact of Pesticide Residues during Beer-Making. J. Agric. Food Chem. 2023; 71(4): 1820-1836.
5. Dusek M, Jandovská V, Olsovská J. Tracking, behavior and the fate of 58 pesticides originated from hops during beer Brewing. J. Agric. Food Chem. 2018; 66: 10113-10121.
6. Schleiffer M, Speiser B. Presence of pesticides in the environment, transition into organic food, and implications for quality assurance along the European organic food chain – A review. Environmental Pollution. 2022; 313 (120116)
7. WHO. Food safety: Pesticide residue Q&A [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2016. [acesso em 18 Abr 2023]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/food-safety-pesticide-residue>.
8. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Monografias de Agrotóxicos [Internet]. 2021. [acesso em 18 Abr 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/dadosabertos/informacoes-analiticas/monografias-de-agrotoxicos>.
9. WHO. Agents Classified by the IARC Monographs: Volumes 1–123 [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2018. [acesso em 26 Mai 2023]. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/09/ClassificationsAlphaOrder.pdf>
10. Codex Alimentarius. Codex Pesticides Residues in Food Online Database. 2021. [acesso em 26 Mai 2023]. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en>.
11. European Commission. EU Pesticides Database. 2022. [acesso em 23 Abr 2023]. Disponível em: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en.
12. Ministério da Saúde (BR). Portaria GM/MS nº 88, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade

da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial União. 7 mai 2021; Edição 85, Seção 1:127.

13. Inoue T, Nagatomi Y, Suga K, Uyama A, Mochizuki N. Fate of Pesticides during Beer Brewing. *J. Agric. Food Chem.* 2011; 59: 3857-3868.
14. González P, Dans E, Tranche I, Acosta-Dacal A, Hernández A, Montes A, *et al.* Comparative analysis of mycotoxin, pesticide, and elemental content of Canarian craft and Spanish mainstream beers. *Toxicology Reports.* 2023; 10: 389-399.
15. Navarro S, Pérez G, Navarro G, Vela N. Decline of pesticides residues from barley to malt. *Food Additives & Contaminants.* 2007; 24 (8): 851-859.
16. Miyake Y, Hashimoto K, Matsuki H, Ono M, Tajima R. Fate of Insecticide and Fungicide Residues on Barley during Storage and Malting. *Journal of the American Society of Brewing Chemists.* 2002; 60 (3).
17. Jansons M, Pugajeva I, Bartkevics V. Occurrence of glyphosate in beer from the Latvian market. *Food Additives & Contaminants: Part A.* 2018; 35 (9): 1767-1775.
18. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares, 2002/2003 [Internet]. 2004. [acesso em 25 Mai 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/justica-e-seguranca/19877-2002-2003.html>.



Capítulo 43

DOI: 10.53934/08082023-43

**RISCOS DE CONTAMINANTES AMBIENTAIS EM PESCADO NA
BAIXADA SANTISTA (SP): SEGURANÇA ALIMENTAR E
ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO**

Erika Fabiane Furlan *; Marina Carrato Galuzzi da Silva ; Mariana
Caltabiano Frank ; Rúbia Yuri Tomita 

*Autor correspondente – Email:erika.furlan@sp.gov.br

Resumo: Face ao crescente consumo de pescado no país e a necessidade de disponibilizar informações sobre os níveis de contaminantes ambientais na porção muscular dos recursos pesqueiros de importância comercial, foi realizado levantamento bibliográfico em várias bases de dados, bem como, os principais documentos legais, que resultou em 319 artigos científicos, sendo apenas 64 desenvolvidos na Região Metropolitana da Baixada Santista, SP. A análise crítica das pesquisas realizadas entre 2015 e 2022 indicou que apenas 6% dos 64 artigos elencados no levantamento bibliográfico enquadraram-se na abordagem da segurança alimentar e da qualidade do alimento pescado, relacionadas à porção muscular destinada ao consumo humano, e não apontou evidências para o risco de contaminação considerando as normas vigentes para alimentos. Revelou ainda que 48% das pesquisas abordaram os contaminantes inorgânicos (As, Hg, Cd, Pb), 16% os poluentes orgânicos (PCBs, PBDEs e pesticidas), 22% poluentes emergentes (13% para fármacos e drogas ilícitas e 9% envolvendo microplásticos), 5% estudos etnoecológicos e, 3% estudos microbiológicos. As espécies estudadas foram: corvina, pescada, sardinha, pescadinha, betara, tainha-cinzenta, maria-luiza, lírio, bagre-amarelo, mexilhões e bicuda. O arcabouço legal é amplo e vem avançando; porém, inúmeros contaminantes ambientais ainda não possuem limites legislados, sendo premente maior atenção a este fato para garantir a segurança alimentar e nutricional associada ao pescado. As evidências obtidas indicam que os benefícios à saúde humana oriundos da ingestão de pescado superam os potenciais riscos associados ao seu consumo face aos seus nutrientes, e é uma escolha acertada para promover a saúde da população.

Palavras-chave: alimento seguro; peixe; qualidade; saúde pública

Abstract: Given the growing fish consumption in the country and the need to provide information about the levels of environmental contaminants in the edible portion of commercially important fishery resources, a bibliographic survey was conducted in various databases and also the main legal documents that resulted in 319 scientific

articles, and only 64 of them were conducted in the Metropolitan Region of Baixada Santista, SP. The critical analysis of the research carried out between 2015 and 2022, indicated that only 6% of the 64 articles listed in the bibliographic survey fell within the approach of food safety and quality of fish food related to the flesh fish for human consumption and showed no risk of contamination considering the current food standards. It also revealed that 48% of the research addressed inorganic contaminants (As, Hg, Cd, Pb), 16% organic pollutants (PCBs, PBDEs, and pesticides), 22% emerging pollutants (13% for pharmaceuticals and illicit drugs and 9% involving microplastics), 5% ethno-ecological studies, and 3% microbiological studies. The species studied were corvina, hake, sardine, betara, gray mullet, maria-luiza, lily, yellow catfish, mussels, and guachanche barracuda. The legal framework is broad and has been advancing, but numerous environmental contaminants still do not have legislative limits, requiring more attention to this fact to ensure food and nutritional safety associated with fish. The evidence obtained indicates that the benefits to human health from the ingestion of fish outweigh the potential risks associated with its consumption due to its nutrients, and is a wise choice to promote the health of the population.

Keywords: safe food; fish; quality; public health

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) em parceria com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a Organização Mundial da Saúde Animal (OIE) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), reconhecem a necessidade da aplicação de uma abordagem integrada e holística acerca da saúde humana, animal e ambiental. A interdependência dos setores supracitados para a construção de ferramentas que possam contribuir para essas diferentes esferas da saúde global, aliando a proteção da saúde humana (e.g. surgimento de doenças infecciosas, segurança alimentar e resistência microbiana) à proteção dos ecossistemas, estabelece as bases para o conceito de “*one health*”, atualmente disseminado (1).

No Brasil, o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (2), engloba no conceito de ‘pescado’ todos os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis, equinodermos e outros animais aquáticos utilizados na alimentação humana. Sendo o pescado, um alimento amplamente reconhecido pelos benefícios nutricionais à saúde, além de se destacar no âmbito da sustentabilidade ambiental.

Com a pandemia do SARS COV-2 e a maior preocupação das pessoas com a saúde e nutrição, observou-se um incremento no consumo de pescado congelado no país (3). Dados recentes indicam que mais de 157 milhões de toneladas de toda produção global de pescado (~ 90%) foi utilizada para o consumo humano. As projeções para as décadas de 2020 e 2030 apontam uma taxa de crescimento de 14,1% para a pesca extrativista no Brasil, acompanhando a taxa global de 13,7% (4). Informações sobre o pescado enquanto alimento são escassas e muito importantes, em especial, sobre os riscos ao longo da cadeia produtiva, o que pode gerar confusão e dificuldades, desde o produtor até o consumidor final.

A ingestão diária admitida de peixes marinhos pode variar dependendo do tipo de peixe e da idade, sexo e tamanho da pessoa que está consumindo. Em geral, recomenda-se o consumo de pelo menos duas porções de peixe por semana, sendo uma delas um peixe oleoso, como salmão, atum ou cavala, especialmente, pela presença de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), altamente benéficos à saúde humana (5,6). Os peixes marinhos constituem uma excelente fonte de proteína magra e ácidos graxos ômega-3, que são importantes para a saúde do coração, do cérebro e dos olhos (7,8).

Tendo em vista que este estudo se trata de um recorte oferecido às atividades da pesca extrativa na Região Metropolitana da Baixada Santista, SP, onde se destaca o ambiente da zona costeira cercada por áreas de mangue, berçário de muitas espécies nativas e de riquíssima biodiversidade (9,10); com acelerado processo de industrialização e que abriga o o maior porto da América Latina (11,12), o que faz da área um potencial foco de poluição marinha, estuarina, e de degradação ambiental (13,14) e ainda, tendo em vista o consumo crescente de pescado no país e a necessidade de informações que indiquem os níveis de contaminantes dos recursos pesqueiros de importância comercial, reunimos aqui informações disponíveis na literatura científica, visando dar suporte à iniciativas de caracterização da qualidade do pescado marinho regional quanto à presença de contaminantes químicos, com vistas a verificar o “estado da arte” deste tipo de estudo e disponibilizar orientações quanto a frequência de ingestão de algumas espécies, de forma que os consumidores se beneficiem das propriedades nutritivas e funcionais desse rico alimento, sem quaisquer riscos à saúde.

Vale ressaltar, que se pretende aqui estimular o consumo consciente e orientado do pescado, lembrando que populações ribeirinhas, muitas vezes, têm o pescado como a principal fonte de nutrientes, o que é bastante indicado, desde que se tenha uma variação entre as espécies de consumo e/ou conhecimento da Ingestão Diária Admitida (IDA) do pescado de interesse para mitigar os riscos e otimizar os benefícios. Considerando este contexto, foi realizada também uma análise crítica da legislação de contaminantes em alimentos, com ênfase em pescado. Finalmente, o conhecimento sobre os riscos e benefícios do consumo desta proteína de alto valor nutricional associado à saúde ambiental dos corpos hídricos, propicia tanto a valorização dos recursos enquanto produtos alimentícios, como também estimula o seu consumo de maneira segura e sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados Google Acadêmico, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Scopus (SciVerse Scopus), além de repositórios de universidades, como UNESP e USP, plataformas como a do Instituto de Pesca e sites governamentais, tais como, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). A busca recorreu aos trabalhos realizados durante o período de 2015 a 2022, utilizando-se a combinação dos principais descritores, a saber: (i) “contaminantes ambientais”, (ii) “pescado”, (iii) “Baixada Santista”, (iv) “baía de Santos”, (v) “metais pesados” e (vi) “segurança alimentar”. Os trabalhos foram avaliados em duas etapas: primeiramente em referência aos títulos e resumos, e posteriormente com a leitura dos trabalhos na íntegra. Também

foi realizado o levantamento dos principais documentos legais, como regulações e normativas concernentes ao setor do pescado enquanto alimento, bem como, das principais atualizações ao longo do tempo. Este material foi analisado criticamente, com enfoque na aproximação da temática da segurança alimentar e nutricional do pescado associada aos riscos de contaminação ambiental. O Google Acadêmico foi a principal base de periódicos e estudos de saúde pública e ambiental, tendo sido utilizados artigos científicos publicados em língua portuguesa e inglesa, resumos de congressos, dissertações, teses e capítulos de livros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pescado é a proteína animal mais consumida em nível mundial, exerce grande importância para a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) do planeta, quer seja como fonte de alimento ou por se tratar de fonte de renda e subsistência para milhares de famílias, em especial nos países em desenvolvimento (4). Mais de 58 milhões de trabalhadores estão envolvidos nas atividades de pesca e aquicultura globalmente (4). Considerando que a utilização do pescado como fonte alimentar tem crescido de forma significativa nos últimos anos (cerca de 20,2 kg per capita em 2020, ou seja, mais do que o dobro da taxa de consumo global dos últimos 50 anos), se faz necessária a melhoria dos programas de controle e inspeção de qualidade do pescado sob a forma de políticas públicas que sejam capazes de atender: (i) às expectativas do setor e da atividade extrativa da pesca sob o viés da sustentabilidade, (ii) gerenciar o acesso ao alimento de qualidade e (iii) contribuir para a manutenção perene dos habitats e da biodiversidade (4).

A saúde do ser humano é altamente impactada pelos alimentos consumidos. Assim, cada vez mais o consumo de pescado é estimulado, pois além de conter proteínas e outros nutrientes, como vitamina D e selênio, especialmente, os peixes e mariscos contêm ácidos graxos de cadeia longa (ômega-3), que podem diminuir a pressão arterial, reduzindo o risco de desenvolver doenças cardíacas, entre outros problemas de saúde (6). Comer peixe reduz o risco de morte por doença cardíaca, a principal causa de morte em homens e mulheres (15). A ingestão de peixe também tem sido associada a um menor risco de acidente vascular cerebral, depressão e declínio mental com a idade. Para mulheres grávidas, mães que estão amamentando e mulheres em idade fértil, a ingestão de peixe é importante porque fornece DHA, um ácido graxo benéfico para o desenvolvimento cerebral dos bebês (5).

Além dos benefícios associados ao consumo do pescado, o presente estudo também verificou como a produção científica tem colaborado para o avanço do conhecimento sobre qualidade do pescado e segurança alimentar. O levantamento inicial utilizando os descritores citados resultou em 319 artigos, sendo que apenas 64 abordavam os contaminantes ambientais na área de estudo definida, a Região Metropolitana da Baixada Santista, SP. Os estudos supracitados foram categorizados quanto às classes de contaminantes investigada, ou a abordagem direcionada à pesquisa; ou seja, estudos com poluentes orgânicos, inorgânicos, emergentes (e.g. microplásticos, fármacos), iniciativas voltadas à qualidade do pescado e às medidas de boas práticas associadas à segurança alimentar, bem como, trabalhos de análise microbiológica e de etnobiologia.

O refinamento dos descritores revelou que apenas 6% dos 64 artigos elencados no levantamento bibliográfico enquadraram-se na abordagem da segurança alimentar e qualidade do alimento pescado. É possível perceber que a produção científica majoritariamente segrega os saberes, tornando ainda mais necessária a perspectiva “*one health*” no desenvolvimento da interdisciplinaridade do suprimento alimentar perene, da qualidade dos produtos e da manutenção da atividade extrativa a longo prazo.

O levantamento bibliográfico foi direcionado para estudos relacionados à porção muscular do pescado, por ser esta a porção utilizada no consumo do brasileiro. Assim, 48% dos trabalhos abordam os contaminantes inorgânicos, com enfoque nos metais pesados mais comuns, como o Arsênio (As), o Mercúrio (Hg), o Cádmio (Cd) e o Chumbo (Pb). Sequencialmente, a categoria dos poluentes orgânicos esteve presente em 16% dos trabalhos, abordando análises de bifenilas policloradas (PCBs), difenis éter polibromados (PBDEs) e agrotóxicos. O terceiro e quarto lugar das temáticas mais pesquisadas envolveram os contaminantes considerados na atualidade como emergentes: os fármacos e drogas ilícitas (13%) seguidos dos microplásticos (9%), totalizaram 22% das pesquisas realizadas na área de estudo. Por fim, pesquisas no campo da etnobiologia (5%) e análises microbiológicas (3%) terminaram de compor o panorama inicial da presente revisão bibliográfica. Dentre toda a produção científica investigada, as espécies estudadas na região da Baixada Santista, SP, com os objetivos supracitados foram: a corvina (*Micropogonias furnieri*), a pescada (*Macrodon ancylodon*), a sardinha (*Sardinella brasiliensis*), a pescadinha (*Isopisthus parvipinnis*), a betara (*Menticirrhus americanus*), a tainha-cinzenta (*Mugil. cephalus*), a maria-luiza (*Paralanchurus brasiliensis*), o lírio (*Trichiurus lepturus*), o bagre-amarelo (*Cathorops spixii*), os mexilhões (*Perna perna*) e a bicuda (*Sphyaena guachancho*).

Em síntese, o levantamento dos estudos associados às categorias de contaminantes predominantemente revelam o enfoque ambiental na presença de contaminantes químicos nos corpos hídricos, substratos e no ecossistema onde habita o pescado. Entretanto, avaliações quantitativas destes contaminantes na porção cárnea do pescado destinado ao consumo humano são muito escassas e não demonstraram resultados acima dos limites estabelecidos pela Instrução Normativa n.160 da ANVISA (16). A tabela 1 reúne as principais categorias de contaminantes ambientais associados aos habitats de diferentes espécies de pescado de interesse comercial e que foram verificadas nos estudos, porém sem o enfoque na avaliação destinada ao consumo e sim com a perspectiva ambiental.

Tabela 1. Principais categorias de contaminantes analisados em estudos com enfoque ambiental, realizados no período de 2015 a 2022 na Região Metropolitana da Baixada Santista, SP.

Categorias de Contaminantes Ambientais	Substâncias Químicas
Poluentes Inorgânicos	Arsênio (As); Mercúrio (Hg); Chumbo (Pb); Cádmio (Cd).
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP)	Benzo [a] pireno, Criseno, Benzo [a] antraceno, Benzo [b] fluoranteno
Difenis Éter Polibromados (PBDEs)	TetraBDE, PentaBDE, HexaBDE, HeptaBDE, DecaBDE

Pesticidas e Bifenilas Policloradas (PCBs)	Pentaclorofenol, Percloroetileno e Tetracloreto de Carbono; Diclorodifeniltricloroetano (DDT); Aldrin, Dieldrin e Lindano Hexaclorociclohexano (HCH); Clordano, Endossulfano e o Hexaclorobenzeno (HCB) Brestan (baseado no Acetato de Trifenilestanho); Du-ter (baseado no Hidróxido de Trifenilestanho); Plictran (baseado do Hidróxido de Tricicloexilestanho); Vendex (baseado no Óxido de Fenbutatina); Peropal (baseado no Tricicloexilestanho-1,2,4-triazol)
Fármacos	Antibióticos, Anestésicos, Analgésicos, Antiinflamatórios Não-Esteróides, Estrógenos
Drogas Ilícitas	Cocaína (Benzoilecgonina)
Microplásticos	Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Politereftalato de etileno (PET), Nylon
Ficotoxinas	Ácido Domóico (AD), Palitoxinas (PTX) e análogos.
Compostos Organoestânicos (OTs) Anti-Incrustrantes	Tributilestanho (TBT); Trifenilestanho (TPhT)
Dioxinas e Furanos	Subprodutos de processos industriais para produção de outros produtos químicos (e.g. pesticidas, no branqueamento do papel e queima de resíduos industriais)

Já no âmbito dos resultados das análises químicas propriamente ditas, os resultados não demonstraram risco de consumo e/ou contaminação nas porções musculares, comumente utilizadas para alimentação, segundo a Instrução Normativa n.160 da ANVISA, que estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos (16). Entretanto, o consumo seguro é acompanhado do conhecimento contínuo acerca dos possíveis riscos e dos benefícios nutricionais associados ao consumo dos alimentos, especialmente, em áreas de elevado potencial de contaminação e atividade industrial. Não obstante, recomenda-se especial atenção às espécies predadoras, de topo de cadeia, que apresentam maior potencial de bioacumulação e biomagnificação.

O CONSUMO CONSCIENTE DE PESCADO NO ÂMBITO DA SAÚDE GLOBAL: RISCOS x BENEFÍCIOS

O avanço tecnológico e a aceleração dos processos antrópicos têm gerado alertas relacionados à contaminação química do ambiente, tanto por contaminantes orgânicos (e.g. hidrocarbonetos e agrotóxicos) como inorgânicos (e.g. metais pesados) e por poluentes emergentes (e.g. fármacos, drogas ilícitas e microplásticos) que podem chegar ao pescado consumido e representar riscos à saúde humana. Esta última categoria de contaminantes passou a ser melhor investigada e estudada recentemente pela comunidade

científica, apesar dessas substâncias já estarem presentes no ambiente aquático há tempos (17).

Alguns peixes, capturados em áreas contaminadas, podem conter mercúrio. Para homens e mulheres em idade fértil, não está claro que a exposição ao mercúrio a partir de níveis típicos de ingestão de peixe tenha algum efeito adverso à saúde. Em contrapartida, a ingestão de peixe tem benefícios significativos para reduzir o risco de morte por doença cardíaca, a principal causa de mortes na atualidade. Assim, a exposição ao mercúrio pela ingestão de peixe não deve ser uma grande preocupação, mas os benefícios da ingestão de peixe podem ser maximizados pelo consumo frequente de uma variedade de espécies (5;6;7,18).

Uma pesquisa desenvolvida por Mozaffarian & Rimm (5) analisou 19 estudos realizados e demonstrou de forma contundente uma redução de 36% na mortalidade por doenças cardiovasculares dentre pessoas que consumiram um mínimo de 250 mg diários de ácidos graxos de cadeia longa (EPA e DHA). Indicando, com base tanto na força das evidências quanto na magnitude potencial do efeito, que os benefícios da ingestão de peixe excedem os riscos potenciais e que, para as mulheres em idade fértil, os benefícios da ingestão modesta de peixe, com exceção de algumas espécies potencialmente retentoras de maiores teores de mercúrio (e.g. tubarão, peixe-espada, cavala), também superam os riscos.

O mercúrio pode ter efeitos sutis no desenvolvimento do sistema nervoso dos bebês. Portanto, mulheres grávidas ou que podem engravidar, que estão amamentando e crianças muito pequenas, devem evitar o consumo de peixes com maior teor de mercúrio. Entretanto, outros peixes devem ser consumidos para garantir que os bebês recebam os benefícios do DHA para o desenvolvimento do cérebro (5).

Diversos trabalhos evidenciam a preocupação mundial com a epidemia de obesidade como um dos mais importantes problemas de saúde pública que o mundo enfrenta (15), sendo a obesidade adulta, atualmente, mais comum do que a subnutrição (15). Neste sentido, uma consulta conjunta de especialistas da Organização Mundial da Saúde sobre os riscos e benefícios do consumo de peixe (7), recomenda que o peixe seja reconhecido como importante fonte de energia, proteína e uma série de nutrientes. Ainda, reitera o consumo de peixes como parte da tradição cultural de muitos povos, devendo os benefícios de seu consumo ser evidenciado junto à população adulta em geral, bem como, associado ao neurodesenvolvimento da prole de mulheres em idade fértil, principalmente, mulheres grávidas e lactantes (5). Reconhece também a necessidade de desenvolver, manter e incrementar as bases de dados existentes sobre nutrientes e contaminantes específicos (particularmente metilmercúrio e dioxinas) em peixes consumidos em cada região, a fim de desenvolver e avaliar o gerenciamento de riscos e demais estratégias de comunicação que possam minimizar as ameaças e maximizar os benefícios da ingestão de pescado.

O Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT), um coletivo global que busca conectar comunidades do sistema alimentar para promover a ciência dos alimentos e suas possíveis aplicações, também reconhece que os benefícios no consumo de pescado superam, em muito, os riscos para a população em geral, especialmente quando uma variedade de peixes é consumida pelo menos duas vezes por semana, embora ainda seja necessária uma abordagem mais direcionada para garantir que mulheres grávidas e

crianças pequenas consumam peixes com baixo teor de contaminantes e ricos em ácidos graxos ômega-3 (18).

O estudo de revisão realizado entre 2004 e 2014 por Vaz & Furlan (19), sobre os metais pesados em pescado, constatou a necessidade de pesquisas na área, especialmente, visando a quantificação dos potenciais contaminantes químicos em pescado de relevância comercial, e ainda, o monitoramento de áreas de produção e/ ou extração, visando avanços quanto a indicação da IDA para as diferentes espécies de pescado encontradas no mercado nacional. Nesta mesma linha, o levantamento sobre o consumo de pescado no âmbito da segurança alimentar e dos riscos de contaminação ambiental na Baixada Santista, SP, realizado por Galuzzi-Silva, Frank & Tomita (20) destaca que, embora os resultados não tenham demonstrado risco associado ao consumo, há inúmeras produções científicas voltadas exclusivamente à contaminação ambiental e, normalmente, não aborda a forte associação à saúde pública, sendo fundamental o olhar mais cuidadoso para o pescado como alimento, especialmente para a porção muscular, no que diz respeito às inúmeras espécies de interesse comercial advindas da atividade da pesca na referida região. É de suma importância conhecer os frutos do mar ofertados em nosso mercado para definirmos as espécies e quantidades seguras a serem consumidas.

Considerando o exposto, é possível inferir que a ingestão regular de pescado traz inúmeros benefícios à saúde humana e que o risco de contaminação química através da ingestão de pescado é diminuto, considerando o arcabouço de dados quantitativos disponíveis associados à porção muscular desse alimento. Não obstante, reconhece-se a necessidade de um maior número de estudos e levantamentos acerca da inocuidade do pescado de interesse comercial no tocante aos contaminantes supracitados, suas respectivas espécies e capacidade de depuração, níveis de toxicidade, frequência e recomendação de ingestão, para que essas informações possam atingir o público consumidor com a linguagem adequada, favorecendo o entendimento e a tomada de decisão sob as lentes do consumo consciente de pescado, com vistas à segurança alimentar e nutricional.

UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE A LEGISLAÇÃO DE CONTAMINANTES NO ALIMENTO PESCADO NO BRASIL

No sentido de inspecionar e fiscalizar alimentos de origem animal, no ano de 1986 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), que em termos gerais analisa a presença de substâncias químicas potencialmente nocivas à saúde humana (21). O monitoramento segue as recomendações do *Codex Alimentarius* (fórum internacional de regularização de alimentos), estabelecidas pela ONU e pela OMS.

Ademais ao estímulo constante de consumo do pescado e ao processo de sua valorização em termos de mercado, a legislação e informações referentes às espécies, bem como sobre seus aspectos de saúde e ciclo de vida, limites de contaminantes, indicadores de qualidade, dentre outros esclarecimentos seguem sendo constantemente disseminados. A busca por diversas e complementares fontes de dados torna a escolha do consumo mais robusta e clara, favorecendo não só os consumidores, mas também os direcionamentos

apontados pelos profissionais atuantes na cadeia produtiva do pescado como um todo e a própria governança do segmento.

No âmbito das iniciativas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas (22), reconhece-se a necessidade de traduções acessíveis, mais facilitadas e eficazes das políticas de desenvolvimento sustentável como base para a aplicação de ações concretas em todos os níveis (regional, nacional e global), criando bases científicas e caminhos possíveis para a propagação prática do conhecimento.

Neste sentido, acompanhar as proposições e tendências dos instrumentos reguladores da cadeia produtiva e do pescado enquanto produto alimentar ao longo do tempo é uma tarefa desafiadora. Notabiliza-se que as adversidades podem ser ainda maiores se tratando da adequação dos produtos da pesca artesanal, geralmente expostos às exigências prescritas para grandes produtores e estruturas, que não representam suas realidades cotidianas.

A tabela 2 resume as principais regulamentações associadas à segurança alimentar e aos produtos alimentícios, definições, o estabelecimento de procedimentos de inspeção, limites máximos de substâncias em diferentes matrizes alimentares e recomendações de boas práticas higiênico-sanitárias.

Tabela 2. Principais documentos legais associados ao alimento pescado, sua segurança alimentar e à saúde pública no Brasil.

Legislação	Ano	Tema
Portaria - PRT nº 540 de 27/10/1997. (ANVISA ¹)	1997	Regulamento técnico de aditivos alimentares: definições, classificação e emprego.
Resolução nº17, de 30 de abril de 1999 (Republicado em DOU nº 231, de 03 de dezembro de 1999). (ANVISA)	1999	Diretrizes básicas para avaliação de riscos e segurança dos alimentos
Resolução -RDC nº 49, de 31 de outubro de 2013 (ANVISA)	2013	Dispõe sobre a regularização para o exercício de atividade de interesse sanitário do microempreendedor individual, do empreendimento familiar rural e do empreendimento econômico solidário e dá outras providências
Instrução Normativa nº 21, de 31 de maio de 2017 (MAPA ²)	2017	Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado.
Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (MAPA)	2017	Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.

Guia nº 23 /2019 – Versão 1 (ANVISA)	2019	Guia de comprovação da segurança de alimentos e ingredientes
Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019 (ANVISA)	2019	Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação
Resolução - RDC nº 329, de 19 de dezembro de 2019 (ANVISA) (Revogada. Vide Abaixo - RDC nº778, de 1º de março de 2023 (ANVISA)	2019	Estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em pescado e produtos de pescado.
Instrução Normativa nº 162, de 1º de julho de 2022 (ANVISA)	2022	Estabelece a ingestão diária aceitável (IDA), a dose de referência aguda (DRfA) e os limites máximos de resíduos (LMR) para insumos farmacêuticos ativos (IFA) de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal
Instrução Normativa nº 160, de 1º de julho de 2022 (ANVISA)	2022	Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos
Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 (ANVISA)	2022	Estabelece as listas de padrões microbiológicos dos alimentos.
Resolução – RDC nº 722, de 1º de julho de 2022. (ANVISA)	2022	Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade.
Resolução – RDC nº 730, de 1º de julho de 2022. (ANVISA)	2022	Dispõe sobre a avaliação do risco à saúde humana de medicamentos veterinários, os limites máximos de resíduos (LMR) de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal e os métodos de análise para fins de avaliação da conformidade.
Manual de Reinspeção de Pescado	2022	Manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de pescado e derivados em estabelecimentos sob inspeção federal
Portaria MAPA nº 570, de 23 de março de 2023.	2023	Altera a Instrução Normativa MAPA nº 53, de 1º de setembro de 2020 - responsável por 'Estabelecer, para as principais espécies de peixes de interesse comercial, a correlação entre os seus nomes comuns e respectivos nomes científicos a ser adotada em produtos inspecionados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e destinados ao comércio nacional'.
Resolução – RDC nº 778, de 1º de março de 2023 (ANVISA)	2023	Dispõe sobre os princípios gerais, as funções tecnológicas e as condições de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em alimentos.

¹ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Agência reguladora vinculada ao Ministério da Saúde do Governo Brasileiro.

²MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e normatização de serviços vinculados ao setor no Brasil.

Reconhece-se que as normativas vêm elucidando cada vez mais as relações entre a alimentação, a manutenção da saúde e a redução das enfermidades e doenças ao longo

do tempo, considerando o aumento da expectativa de vida no país, e os desafios associados à urbanização, a influência midiática à praticidade associada ao consumo e a industrialização de novos alimentos. Concomitantemente, além do desenvolvimento do setor industrial, o surgimento de inúmeras microempresas associadas ao comércio de alimentos também chamou a atenção das agências reguladoras ao longo do tempo, no que tange ao cuidado sanitário dos estabelecimentos, bem como o fomento das atividades educativas e de capacitação em boas práticas em vigilância sanitária.

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), juntamente com o Ministério da Saúde, através da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) dividem a responsabilidade de garantir a segurança alimentar e nutricional do alimento consumido. As Instruções Normativas associadas ao MAPA trazem um maior nível de detalhamento acerca das características da matriz alimentar em questão, ou seja, as diferentes formas de apresentação do pescado (congelado, resfriado, fresco e etc.), limites de parâmetros físico-químicos (e.g. pH, BVT - bases voláteis totais, fósforo, sódio, potássio, teores de umidade e proteína, histaminas e etc.) bem como, algumas recomendações sobre embalagem e rotulagem dos produtos. Por sua vez, as Instruções Normativas associadas à ANVISA detalham os padrões microbiológicos para alimentos, com enfoque às diferentes apresentações do pescado (e.g. pescado e miúdos crus, moluscos bivalves vivos, equinodermos tunicados e gastrópodes vivos, consumidos crus; produtos à base de carne moída ou picada de pescados; pescado e miúdos salgados e/ou salgados secos; pescados desidratados, defumados e semielaborados). Também oferecem informações sobre os aditivos alimentares, limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos (e.g. metais, micotoxinas, dioxinas -PCDD, furanos -PCDF e bifenilas policloradas (PCBs) e à ingestão diária aceitável (IDA), dose de referência aguda (DRfA) e os limites máximos de resíduos (LMR) para insumos farmacêuticos ativos (IFA) de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal; evidenciando um importante arcabouço legal para proteger e salvaguardar a saúde pública, e garantir a segurança de consumo.

Os decretos e guias responsáveis pela regulação da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal detalham procedimentos *ante e post mortem*, além de orientar os estabelecimentos quanto ao armazenamento de produtos, instalações e equipamentos, condições de higiene e indicadores de qualidade dos produtos, embalagem, rotulagem e carimbos de inspeção, geralmente executados pelos servidores do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA).

Na atualidade, os princípios norteadores para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes em alimentos que estavam na Portaria SVS/MS n. 685/1998 e que foram contemplados na RDC n. 722/2022 são decorrentes da internalização da Resolução Grupo Mercado Comum (Res. GMC) n. 103/1994. Os limites máximos toleráveis de metais pesados, ou seja, arsênio, cádmio, chumbo, estanho e mercúrio estabelecidos pela IN n.160/2022 são decorrentes da internalização da Res. GMC n.12/2011, exceto para os alimentos infantis. Já os limites estabelecidos no item 3.2 do Anexo III da IN n.160/2022 - Dioxinas (PCDD), furanos (PCDF) e bifenilas policloradas (PCB) - o documento da Organização Mundial da Saúde (OMS) que estabeleceu os fatores de equivalência tóxicas (TEF) para às dioxinas e aos compostos sob a forma de dioxina está na publicação de Martin van den Berg *et al.* (23).

Entretanto, a legislação brasileira não especifica as categorias de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em alimentos, principalmente, com enfoque no pescado fresco e congelado, as matérias-primas utilizadas no presente estudo. Buscou-se então verificar as regulações existentes no Brasil e no mundo passíveis de comparação e adaptação para o balizamento da presença e/ou níveis de contaminação por HPAs no pescado enquanto alimento para consumo, conforme pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3 – Principais documentos legais brasileiros e internacionais relacionados aos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em alimentos e/ou água para consumo humano.

Legislação	Ano	Tema
------------	-----	------

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007.	2007	Dispõe sobre a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos, visando à proteção da saúde da população
BRASIL. ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 274, de 22 de janeiro de 2005.	2005	Regulamento técnico para águas envasadas e gelo.
BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.	2004	Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
UNIÃO EUROPÉIA. Regulamento (UE) nº 835/2011, de 19 de agosto de 2011.	2011	Altera o Regulamento (CE) nº 1881/2006 no que diz respeito aos teores máximos de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes nos gêneros alimentícios. Estabelece valores de referência para peixes e caranguejos defumados.
UNIÃO EUROPÉIA. Regulamento (UE) nº 835/2011, de 19 de agosto de 2011	2011	Altera o Regulamento (CE) nº 1881/2006 no que diz respeito aos teores máximos de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes nos gêneros alimentícios. Estabelece valores de referência para moluscos bivalves frescos, refrigerados ou congelados.
UNIÃO EUROPÉIA. Regulamento (UE) n.º 835/2011, de 19 de agosto de 2011	2011	Altera o Regulamento (CE) nº 1881/2006 no que diz respeito aos teores máximos de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos presentes nos gêneros alimentícios. Estabelece valores de referência para moluscos bivalves defumados.
ARGENTINA. ANMAT (Administração Nacional de Medicamentos, Alimentos e Tecnologia Médica). Código alimentar argentino, capítulo XII – bebidas hidratadas, água e água gaseificada. Artigos 982 e 983 - (Resolução Conjunta SPRyRS e SAGPyA nº68/2007 e nº 196/2007).	2007	Estabelece valores de referência para água mineral e potável.

Cronologicamente, os regimentos vêm reconhecendo a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos, visando a proteção da população e a manutenção da saúde pública. São demandas que aparecem desde a primeira versão do RIISPOA, datado de 1952, incluindo a Portaria n. 685, de 27 de agosto de 1998 e que apontam a necessidade de regulamentos técnicos sobre padrões higiênico-sanitários, bem como a presença de contaminantes em alimentos, e na atualidade consideram inclusiva uma maior harmonização dos padrões estabelecidos pelo Mercosul

frente às regulamentações nacionais, como podemos observar com a Instrução Normativa - IN n.160/22, cujo caráter abrange o Mercosul.

Não obstante, apenas no ano de 2013 a Resolução RDC n. 42, de 29 de agosto de 2013 trouxe diretrizes sobre o Regulamento Técnico do Mercosul sobre os Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Desde então, suas alterações regimentais aconteceram nas próximas Resolução RDC n. 193, de 12 de dezembro de 2017, seguida das Resolução RDC n. 487 de 26 de março de 2021 juntamente com a Instrução Normativa - IN n. 88, também de 26 de março de 2021. Finalmente, o que temos de mais atual no estabelecimento dos limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos é a Resolução RDC n. 722, de 1º de julho de 2022, associada à Instrução Normativa - IN n. 160, publicada na mesma data.

Não se pretende aqui esgotar este assunto, mas apenas fazer uma reflexão sobre a importância e a necessidade de que o aparato legislativo caminhe e se atualize conforme a sociedade se renova e o conhecimento científico traz à tona novos conceitos, saberes e aplicações; substâncias que antes não eram estudadas, ou sequer estavam presentes no ambiente natural ou “alimentar”, bem como processos tecnológicos que não eram utilizados no país, sendo então incorporados também ao regramento, considerando a segurança alimentar e nutricional como a pedra fundamental da legislação.

É possível perceber que a geração de conhecimento, as atualizações técnico-científicas e as necessárias atualizações no arcabouço legal, que propiciam a segurança alimentar, desenrolam-se em velocidades distintas. Assim, existem inúmeros contaminantes ambientais, como por exemplo os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), fármacos e outros contaminantes considerados “emergentes”, que ainda não possuem limites estabelecidos em legislação. Essa dissociação acaba por prejudicar a aplicabilidade de medidas atualizadas de proteção à saúde pública, podendo expor os consumidores de pescado a padrões obsoletos de segurança alimentar e expondo-os a substâncias prejudiciais à manutenção da saúde humana e ambiental. Inclusive aspectos da própria governança do setor produtivo podem estar comprometidos, além da inocuidade dos produtos alimentícios a base de pescado. Neste sentido, a abordagem “*one health*” pode e deve ser aplicada nos diferentes níveis hierárquicos e de governança, favorecendo uma melhor interlocução entre a produção e a propagação do conhecimento, a aplicação de ações compartilhadas e de disseminação da aplicabilidade de políticas públicas que favoreçam uma saúde única, considerando a saúde do ambiente, a saúde das pessoas e a saúde do nosso alimento.

CONCLUSÕES

Os resultados do levantamento bibliográfico que analisou os diversos estudos realizados na Região Metropolitana da Baixada Santista, SP, não demonstraram risco de consumo e/ou contaminação nas porções musculares de pescado utilizados na alimentação, considerando as normas vigentes. Entretanto, verificou-se a necessidade de maior número de estudos que avaliem esse potencial de contaminação no pescado a ser consumido e comercializado localmente, face ao reduzido número de estudos encontrados com esta abordagem e a gama de ações antrópicas na região.

As evidências obtidas indicam que os benefícios à saúde humana pela ingestão de pescado superam os potenciais riscos associados ao consumo de algumas espécies, face aos seus nutrientes e que é uma escolha acertada para a promoção da saúde da população.

Há também a necessidade de melhorar a velocidade na qual as regulações são atualizadas e incorporam o conhecimento oriundo da comunidade científica, para que as tomadas de decisão, por meio da aplicação de políticas públicas, estejam adequadamente instrumentalizadas visando a segurança alimentar e nutricional associada ao pescado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao Programa de Bolsas de I.C do Instituto de Pesca (PIBIC) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

1. OMS. Organização Mundial da Saúde. One health. Health Topics, 2023. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1. Acesso em: 03.mai.2023
2. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. RIISPOA - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília-DF. 2020.
3. Kato, H. C. A. *et al.* Efeitos do isolamento social durante a pandemia de Covid-19 na comercialização e no consumo de pescado no Brasil. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2021. (Série Documentos, 45).
4. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. 2022; Rome, FAO. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en> Acesso em: 17.mai.2023
5. Mozaffarian, D., Rimm, E.B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. JAMA 2006; 296:1885-99. Disponível em: <https://doi.org/10.1001/jama.296.15.1885> Acesso em: 15.mai.23
6. Diaz, J.H., Hu, C. Health Risks and Benefits of Seafood Consumption. Tropical Medicine and Health, 2009; 37(3):79-85. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2149/tmh.2009-08> Acesso em: 15.mai.23
7. World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). Report of the joint FAO/WHO expert consultation on the risks and benefits of fish consumption, 25-29 January 2010, Rome, Italy. World Health Organization. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44666> Acesso em: 17.mai.2023.
8. EFSA Scientific Committee. Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. EFSA Journal 2015; 13(1):3982.
9. Tse, P., Nip, T., H. M., Wong, C. K. Nursery function of mangrove: A comparison with mudflat in terms of fish species composition and fish diet. Estuarine, Coastal and Shelf

- Science, 2008; 80(2):235-242. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.08.002>
Acesso em: 09.mai.23
10. Pinheiro M.A., Silva, P.P., Duarte, L.F., Almeida, A.A., Zanotto, F.P. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucidiidae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2012; 81:114-21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.05.004> Acesso em: 09.mai.23
11. Galuzzi-Silva, M.C., Mata-Lima, H. Gestão de riscos de derramamento de hidrocarbonetos e derivados na zona costeira: o caso do Porto de Santos. *Finisterra*, 2019; 54(111):61–80. Disponível em: <https://doi.org/10.18055/Finis17216> Acesso em: 19.mai.2023
12. Galuzzi-Silva, M.C., Mata-Lima, H. Risk assessment of accidental oil release in a coastal region: the São Paulo case study. *Maritime Policy & Management*, 2022; 49(3):347–61. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1968057> Acesso em: 19.mai.2023
13. Lamparelli, M., Pires da Costa, M., Prosperi, V., Bevilacqua, J.E., Araújo, R.P. de A., Eysink, G.G.J., *et al.* Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. CETESB/PROCOP - Programa de Controle de Poluição, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3288.9764> Acesso em: 22.mai.2023
14. Roversi, F., Rosman, P. C. C., Harari, J. Análise da renovação das águas do Sistema Estuarino de Santos usando modelagem computacional. *Revista Ambiente & Água*, 2016; 11(3):566–85. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1770> Acesso em: 22.mai.2023
15. World Health Organization 2021. Obesity and overweight. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> Acesso em: 17.mai.2023.
16. Brasil. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa - IN n. 160, de 1º de julho de 2022. Brasília-DF. 2022.
17. Wilkinson, J.; Hooda, P.S.; Barker, J.; Barton, S.; Swinden, J. Occurrence, fate and transformation of emerging contaminants in water: an overarching review of the field. *Environmental Pollution*, 2017; 231:954–70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.032> Acesso em 23mai.2023
18. Hellberg, R.S.; Mireles Dewitt, C.A.; Morrysey, M.T. Risk-Benefit Analysis of Seafood Consumption: A review, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2012.11(5):490–517. Disponível em: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00200.x> Acesso em 23.mai.2023
19. Vaz, F.S., Furlan, É.F. Contaminantes inorgânicos em pescado. Em: *Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos - Volume 2*. Editora Científica Digital, 2020;(4):64-79. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/200801011> Acesso em 17.mai.2023
20. Galuzzi-Silva, M. C.; Frank, M.C., Tomita, R. Y. Consumo de pescado: um olhar sob a ótica da segurança alimentar e os riscos de contaminação ambiental da Baixada Santista.

Anais do IX SIMCOPE - Simpósio de Controle de Qualidade do Pescado, 2022;10. ISBN: 978-65-88904-02-2. Disponível em: <http://anais.infobibos.com.br/Simcope/9/index.html>
Acesso em 19.mai.2023

21. Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA N.º 42, de 20 de dezembro de 1999.

22. ONU. Organização das Nações Unidas. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (Tradução UNIC Rio),2015; 41p. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org> Acesso em 23.mai.2023

23. Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M. et al. The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Toxicological Sciences, 2006;93(2):223–41. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055>
Acesso em 22.mai.2023



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos



Legislação e Regulatório para Segurança de Alimentos

Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Resumos simples



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book





MONITORAMENTO DO BINÔMIO TEMPO/TEMPERATURA DE REFEIÇÕES TRANSPORTADAS ENTRE UNIDADES HOSPITALARES

Elaine De Oliveira Pinto e Aline S. Garcia-Gomes

Introdução

As Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN) hospitalares tem como objetivo o fornecimento de refeições seguras dentro dos padrões higiênicos sanitários recomendados pelas legislações vigentes. Uma das formas de controle do crescimento microbiano em alimentos é o uso de temperaturas adequadas. E a etapa adicional de transporte de refeições prontas para unidades mais afastadas, aumenta os riscos de contaminação, por isso, é importante o acompanhamento do binômio tempo/temperatura em todo processo produtivo (Monteiro *et al.*, 2014).

Já os veículos de transporte de alimentos preparados, destaca-se a importância de boas condições higiênico-sanitárias, implantação do Procedimento Operacional Padrão (POP), certificado de dedetização, exclusividade para transporte de alimentos, licenciamento sanitário, além das cláusulas do Termo de Referência do contrato firmado entre a Universidade e a empresa terceirizada de prestação de serviço de alimentação e nutrição.

Objetivo

Avaliar o binômio tempo/temperatura de refeições transportadas da UAN principal, de um hospital universitário no estado do Rio de Janeiro, para uma unidade descentralizada, de modo a observar a conformidade com os parâmetros estabelecidos pelas legislações vigentes.

Métodos

Este estudo foi realizado em dez/22. As 85 amostras de refeições tiveram suas temperaturas aferidas em dois horários (quando as refeições estavam prontas para serem transportadas e quando recebidas na unidade de consumo). A média de tempo entre as duas aferições foi de 1h 2min. Utilizou-se a portaria IVISA-RIO nº 2-n/2020 e Resolução RDC 216/2004 para comparação.

Resultados

Na cadeia quente a média de temperatura foi superior a 60°C, estando de acordo com as legislações vigentes, no entanto para a cadeia fria, de sobremesas, identificou-se um aumento significativo na temperatura, todavia sem incorrer em inconformidade das legislações com exceção da portaria IVISA-RIO nº 2-n/2020 (Rio de Janeiro, 2020) que norteia que preparações frias devem ser mantidas até 4 °C por no máximo cinco dias, no caso de a temperatura ficar entre 4 °C e 5 °C o prazo máximo de consumo deve ser reduzido, respeitado o binômio tempo/temperatura de segurança, sem indicar de forma direta e clara qual seria o tempo exato, sendo todas as sobremesas consideradas inadequadas.

Conclusão

Este estudo atendeu ao objetivo de analisar o binômio tempo/temperatura, destacando a importância do monitoramento em refeições transportadas, demonstrando que é possível minimizar os riscos. Sendo assim são necessárias medidas corretivas em relação as condições de transporte e o tempo de exposição, além da composição das sobremesas para que se possa oferecer um alimento seguro para o consumidor final.

Palavras-chave: Serviços de alimentação; Transporte de refeições; Alimento Seguro.



AVALIAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO DO ABATE E COMERCIALIZAÇÃO DE CARNE BOVINA EM AÇOUGUE MUNICIPAL NO PIAUÍ

Genilson Almeida Martins¹; Jéssica Pinheiro Mendes Sampaio²

¹Estudante do Curso de Tecnologia em Gastronomia – IFPI.

²Docente/pesquisadora do Eixo Turismo, Hospitalidade e Lazer – IFPI.

Introdução: Para a produção de alimentos seguros é necessário assegurar a ausência ou tolerância de microrganismos patogênicos e de perigos físicos e químicos, neste sentido, procedimentos de controle higiênico-sanitário devem ser implantados ao longo de toda a cadeia produtiva (GOMES, 2007). **Objetivo:** O presente estudo teve como objetivo avaliar a adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF) na produção da carne bovina comercializada no açougue municipal de São Raimundo Nonato, Piauí. **Métodos:** A pesquisa foi realizada no mês de maio de 2023 no matadouro e açougue municipais, sendo observadas as atividades de abate e comercialização. Foi utilizado um checklist com itens divididos nas seguintes categorias: A. Edificação e Instalações, B. Equipamentos, móveis e utensílios, C. Manipuladores e D. Transporte (BRASIL, 2002). As opções de respostas para preenchimento dos itens foram: “Conforme” – quando atendeu ao item, “Não Conforme” – quando apresentou não-conformidade e “Não Aplicável” – quando foi considerado não pertinente. Foram calculados os percentuais para cada categoria de acordo com as respostas obtidas, sendo desconsiderados na somatória total os itens cuja resposta foi a opção Não Aplicável. **Resultados:** O matadouro obteve maior percentual de inconformidades (85%) quando comparado com o açougue municipal (22%), considerando todos os itens analisados. As categorias que apresentaram mais irregularidades foram da categoria B (com 88,9% no matadouro e 28,6% no açougue) e C (com 92,9% no matadouro e 50% no açougue). Observou-se a presença de outros animais na sala de abate devido à ausência de porta no local e de grade protetora no esgoto; o número de mesas e bancadas para o manuseio da carne não era suficiente; e o estado de conservação de alguns utensílios estava precário. No açougue municipal não havia vitrines refrigeradas, ficando as carnes expostas para comercialização por mais de oito horas em temperatura ambiente. As inconformidades observadas representam possíveis fontes de contaminação cruzada, pois dificultam o processo de higienização (LEOTTA et al., 2016). Com relação aos manipuladores, durante o abate não utilizavam uniformes adequados e alguns apresentavam afecções cutâneas e feridas expostas. Entretanto, no açougue municipal a maior parte dos manipuladores mantinham uma higiene adequada, lavando constantemente as mãos antes e após o manuseio da carne e utilizam uniforme adequado. **Conclusão:** Verifica-se que as condições higiênico-sanitárias, principalmente do matadouro, são insatisfatórias, o que favorece o risco de contaminação. Faz-se necessário que haja maior acompanhamento do serviço de Vigilância Sanitária, a fim de garantir a produção de carne bovina de forma segura ao consumidor.



O IMPACTO DA NOVA ROTULAGEM NUTRICIONAL FRONTAL NO CONSUMO DE SÓDIO PELA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Keila Corrêa Quirino de Andrade¹; Jéssica Chaves Rivas²; Juliana Tomaz
Pacheco Latini²

¹Estudante do Curso de Farmácia - ICF – CM - UFRJ.

²Docente/pesquisador do Instituto de Ciências Farmacêuticas – CM – UFRJ

Introdução: O rótulo é a comunicação entre a indústria e o consumidor, por isso deve ser objetivo e claro em suas informações. O consumidor tem buscado hábitos alimentares mais saudáveis se tornando mais exigente e atento a certos ingredientes, como, por exemplo, os produtos com alto teor de sódio. Visando dar mais clareza e autonomia para o consumidor fazer escolhas alimentares mais conscientes, a ANVISA, em 2020, determinou novas diretrizes para a rotulagem de alimentos no Brasil, incluindo a Nova Rotulagem Nutricional Frontal que traz símbolos de advertência frontais para produtos com elevados teores, de gordura saturada, açúcar e sódio e objetiva facilitar o entendimento das informações nutricionais contidas nos rótulos dos alimentos industrializados. **Objetivo:** Este trabalho objetiva observar o teor de sódio de produtos industrializados, analisando aqueles que precisarão receber advertência frontal para esse nutriente após o período de adequação das RDC 429/2020 e IN 75/2020, propondo novos rótulos para tais produtos já com as advertências frontais propostas por tais legislações. **Métodos:** Foram coletadas aleatoriamente em comércio local amostras de 35 produtos industrializados onde observou-se o teor de sódio presente na porção de cada um e calculou-se a quantidade presente para 100g do produto para avaliar a necessidade de advertência frontal de acordo com a nova legislação. A advertência frontal para sódio é necessária em produtos onde os teores de sódio encontram-se acima de 600mg por 100g de produtos sólidos e 300mg por 100mL de produtos líquidos. Além disso, calculou-se o novo valor de referência para esse nutriente de acordo com as novas normatizações propostas no intuito de observar se tais modificações impactaram as recomendações de consumo do mesmo. **Resultados:** De todos os produtos analisados, apenas 1 necessita receber advertência frontal para sódio de acordo com as normatizações citadas, embora muitos produtos tenham apresentado valores muito próximos aos limites estabelecidos pela IN 75/2020. No entanto, um dado alarmante observado foi o aumento médio de 20% nos valores de referência diários de sódio encontrados nos produtos, demonstrando que, embora tais produtos não tenham advertências frontais, pequenas porções destes podem perfazer grande parte da necessidade diária de sódio. **Conclusão:** Conclui-se que mesmo com advertência frontal para sódio ser observada em um número muito pequeno de produtos, deve-se observar a ingestão total de sódio no dia.

Palavras-chave: Rotulagem Frontal; RDC 429; Sódio; Consumo de sódio; Malefícios do sódio.



MIGRAÇÃO DE FTALATO PARA QUEIJOS TIPO MUSSARELA E PRATO ACONDICIONADOS EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Zamira Abel de Jesus Maria¹; Maria Carolina de Almeida²*; Tatianne Ferreira de Oliveira³

¹Mestranda do Curso Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA - UFG

²Doutoranda do Curso Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA - UFG

³Docente/pesquisador do Depto de Tecnologia de Alimentos – PPGCTA – UFG

Introdução: A produção de plásticos flexíveis é exponencial no mundo, assim o emprego de plasticizantes tornou-se uma questão de saúde pública e ambiental. O Brasil é um grande produtor de plásticos flexíveis utilizados em alimentos. **Objetivo:** A avaliação das migrações de contaminantes para alimentos, principalmente alimentos gordurosos, pode elucidar a possível transmissão de doenças através do consumo diário de contaminantes migrantes das embalagens flexíveis aos alimentos. **Métodos:** A detecção e a rastreabilidade da migração de dietil ftalato (DEP) das embalagens plásticas flexíveis que acondicionavam o queijo tipo mussarela e o prato foram conduzidas durante o armazenamento refrigerado por meio de análise semi-quantitativa via headspace por cromatografia gasosa acoplada ao detector massas. **Resultados:** Os queijos analisados acondicionados em embalagens plásticas, durante seu armazenamento, conforme orientações do fabricante, ambos tiveram a ocorrência de DEP identificada em 100% das amostras. Logo, a migração para os alimentos pode ser rastreada. O impacto à saúde pública ainda não é norteado por normativas e parâmetros com limites de tolerância específicos de migração aos alimentos de DEP. Embora já seja estabelecido para outros ftalatos. **Conclusão:** A revisão das normas oficiais requer urgência para implementar restrições rígidas à migração de plasticizantes e, portanto, promover reflexão dos hábitos de consumo.

Palavras-chave: alimentos gordurosos; dietil ftalato; embalagens plásticas flexíveis; migração; saúde pública.



AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM DE MÉIS COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PB: À LUZ DAS REGULAMENTAÇÕES

**Bruno Soares Toledo¹; Sibebe Cristina Rivaben²; Jéssica Fernandes de Oliveira¹;
Fábio José Targino Moreira da Silva Júnior¹; Eliane Teixeira Mársico³**

¹Pós-graduando no Programa de Pós-Graduação em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal - Faculdade de Medicina Veterinária - UFF.

²Estudante de Graduação em Medicina Veterinária, UNINASSAU, Campus João Pessoa - PB.

³Docente do Depto. de Tecnologia de Alimentos - MTA - Faculdade de Medicina Veterinária - UFF.

Introdução: O mel é um produto de origem animal suscetível a adulterações e inconformidades. Nesse sentido, a rotulagem adequada deste produto garante informações confiáveis transmitidas entre produtores e consumidores. Se faz necessário portanto, que siga os padrões estabelecidos nas regulamentações vigentes, com o intuito de estabelecer as devidas informações quanto à origem, rastreabilidade, qualidade e certificação do produto. **Objetivos:** Objetivou-s, com este trabalho, avaliar a rotulagem de méis comercializados em diferentes pontos do município de João Pessoa - PB, Brasil, com base nas legislações federais de órgãos regulamentadores. **Métodos:** Avaliou-se quinze amostras de méis comercializados em dez diferentes estabelecimentos do município. A partir da Instrução Normativa (IN) N° 11, de 20 de outubro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e regulamentações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), quanto a rotulagem de alimentos, foi construído um checklist para avaliar o atendimento das regulamentações e apontar as não-conformidades. **Resultados:** Das amostras avaliadas, 73% (11/15) apresentavam ao menos uma falha na rotulagem. A principal inconformidade foi a ausência de informações quanto aos alergênicos, que representou 73%. Foram observadas ainda: 67% (10/15) não indicavam número de lote; 60% (9/15) eram comercializados sem selo dos Serviços de Inspeção (municipal, estadual ou federal) e a mesma quantidade, não indicavam que o mel não deve ser fornecido a crianças menores de 1 ano de idade. Além da comercialização de amostras que não possuíam rótulo, o que interfere na rastreabilidade e fere o direito do consumidor; uma amostra, indicava propriedades terapêuticas, o que pode induzir o consumidor a compra do produto de forma intencional. **Conclusão:** A rotulagem é essencial para informar o consumidor e rastrear o produto, quando não respeitado os aspectos regulamentares, representa um risco à saúde pública e inadequadas relações de comércio. Decorrente das expressivas não conformidades na rotulagem de méis comercializados no município de João Pessoa - PB, observa-se a necessidade de fiscalização pelos órgãos competentes, educação sanitária para apicultores e agroindústrias com intuito de conscientizar sobre a correta rotulagem, bem como, aos consumidores, divulgando dados sobre a importância de consumir produtos inspecionados, seguros e com rastreabilidade.

Palavras-chave: Rotulagem; Mel; Inspeção de alimentos; Produtos de Origem Animal.

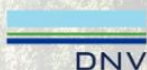
Capítulos



Patrocinador diamante



Patrocinadores do E-book



Capítulo 44

DOI: 10.53934/08082023-44

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LEITE CRU NO
MUNICÍPIO DE MORRINHOS (GO) E SEU IMPACTO NA
FABRICAÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS

Ana Paula Stort Fernandes *; Ana Clara Novais Ferreira ; Anderson Henrique Cruz Alves ; Wallacy Barbacena Rosa dos Santos ; Dayana Silva Batista Soares ; Ellen Godinho Pinto ; Wiaslan Figueiredo Martins 

*Email: ana.stort@ifgoiano.edu.br

Resumo

A bovinocultura de leite é um setor em amplo crescimento no estado de Goiás, em especial no município de Morrinhos, que na atualidade necessita se adaptar as novas regras de produção e qualidade impostas pelo mercado consumidor e pelas indústrias processadoras de alimentos. A Instrução Normativa 76, de 26 de novembro de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) orienta as diretrizes quanto à identidade e características do leite cru refrigerado visando aumento de produtividade e, conseqüentemente, qualidade dessa matéria-prima. Objetivou-se, avaliar a adequação de condições físico-químicas de leite cru refrigerado coletado em cinco propriedades leiteiras do município de Morrinhos (GO) quanto à legislação atual. O perfil físico-químico das amostras de leite atendeu parcialmente ao preconizado pela legislação. Uma das propriedades apresentou indicativo de Leite Instável não Ácido (LINA), pois houve instabilidade do leite quanto à grande formação de grumos e mudança de coloração, sendo este leite frequentemente rejeitado pelas indústrias; Duas propriedades apresentaram teor de lactose abaixo do permitido pela legislação. Portanto, é necessário a continuidade de monitoramento dessas propriedades leiteiras visando priorizar as Boas Práticas Agropecuárias por parte dos produtores a fim de contribuir para o alinhamento à legislação vigente, melhoria da qualidade do leite cru e, conseqüentemente, garantia de segurança dos derivados lácteos produzidos em indústrias beneficiadores de leite.

Palavras-chave: bovinocultura de leite; estabilidade da caseína; indústria de laticínios

Abstract

Dairy cattle is a growing sector in the state of Goiás, especially in the municipality of Morrinhos, which currently needs to adapt to the new rules of production and quality imposed by the consumer market and food processing industries. Normative Instruction 76, of November 26, 2018, of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, guides

the directives regarding the identity and characteristics of refrigerated raw milk, aiming to increase productivity and, consequently, the quality of this raw material. The objective was to evaluate the adequacy of physical and chemical conditions of refrigerated raw milk collected in five dairy farms in the municipality of Morrinhos (GO) regarding current legislation. The physical-chemical profile of the milk samples partially complied with what was recommended by the legislation. One of the properties showed an indication of Non-Acid Unstable Milk, as there was milk instability in terms of the large formation of lumps and color change, and this milk is often rejected by the industries; Two properties had lactose content below the legal limit. Therefore, it is necessary to continue monitoring these dairy farms in order to prioritize Good Agricultural Practices on the part of producers in order to contribute to the alignment with current legislation, improve the quality of raw milk and, consequently, guarantee the safety of dairy products produced in milk processing industries.

Keywords: dairy cattle; casein stability; dairy industry

INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é praticada em todo o Brasil, com produtores em vários níveis organizacionais e tecnológicos, que vão desde a agricultura familiar, pequenas cooperativas e até propriedades com elevado nível tecnológico (1).

No passado, os produtores de leite estavam principalmente preocupados em produzir grandes quantidades, sem dar muita importância à qualidade. No entanto, essa mentalidade está mudando à medida que o setor passa por um intenso desenvolvimento. Um desafio notável é a necessidade de se adaptar à realidade do mercado, o que inclui produzir leite de alta qualidade, com ênfase na concentração de seus componentes (2). Dessa forma, visando aumentar a competitividade no mercado internacional, é essencial que produtores e profissionais envolvidos na cadeia de produção do leite no Brasil se empenhem em aprimorar o processo de obtenção do leite. Isso envolve melhorar a qualidade da matéria-prima e garantir a segurança do consumidor, que está cada vez mais exigente e busca alimentos mais saudáveis (3).

A indústria leiteira compreende diversas fases, desde a origem do leite, ainda nas propriedades rurais até sua chegada ao comércio varejista como produto industrializado, na forma de leite pasteurizado ou produto derivado, como queijo, iogurte entre outros. Embora todas as fases sejam importantes para a preservação da qualidade do leite, a mais importante é a de produção. Nesta fase, todos os cuidados são direcionados para as fêmeas, considerando cada animal como uma pequena indústria (4).

Os marcos regulatórios para a qualidade do leite no Brasil foram a implementação da Instrução Normativa nº 51/2002, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (5), que oficializou a implantação de um programa para controlar e padronizar a identidade e qualidade do leite, que visa, desta forma, atingir parâmetros de qualidade cada vez melhores. Essa foi alterada pela Instrução Normativa nº 62/2011 (6), que posteriormente, foi revogada pela Instrução Normativa nº 76/2018

que aprova os regulamentos técnicos que fixam a identidade e qualidade do leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A (7). Atualmente, o leite é definido por meio do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), como o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas (8).

Entre as análises rotineiramente realizadas para o controle da qualidade do leite, destacam-se o teste do alizarol, que pode ser utilizado como um método rápido para estimar a estabilidade das proteínas do leite durante o processamento térmico (9). Isso ocorre porque o leite com elevada acidez ou desequilíbrio salino precipita em quantidades iguais na presença de uma solução alcoólica com uma concentração específica (10). Porém, em algumas situações, o leite, mesmo estando em conformidade com os padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação em relação à acidez titulável (6), pode precipitar em uma solução alcoólica. Essa anormalidade é conhecida como Leite Instável Não Ácido (LINA) e é caracterizada pela perda de estabilidade da caseína (11). Diante do exposto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a composição físico-química do leite cru refrigerado proveniente de propriedades leiteiras do município de Morrinhos (GO) e investigar seu impacto na fabricação de derivados lácteos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em cinco propriedades leiteiras parceiras do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, situadas no entorno da cidade de Morrinhos, localizada na região Sul do estado de Goiás.

Foram coletadas amostras de leite cru em tanques de resfriamento, sendo quatro amostras de tanques individuais e uma amostra de tanque coletivo. Em todas as propriedades leiteiras, é utilizada a ordenha mecânica.

As alíquotas foram distribuídas em frascos Falcon de 40 mL contendo conservante celular Bronopol[®], homogeneizadas e alocadas em caixas isotérmicas contendo gelo. Para análise da composição química do leite foram verificados os teores de gordura, proteína, caseína, lactose, sólidos totais (ST) e sólidos não gordurosos (SNG), por métodos de infravermelho utilizando o equipamento Milkoscan 4000 Ò (Foss Electric A/S. Hillerød, Denmark). Essas amostras foram enviadas para o Laboratório de Qualidade do Leite do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (LQL/CPA/UFG).

As alíquotas destinadas à determinação de acidez titulável (°Dornic) e alizarol a 72% foram acondicionadas em recipientes estéreis identificados e transportadas ao Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

O teste do alizarol a 72% foi realizado de acordo com a metodologia estabelecida na Instrução Normativa nº 77 do MAPA (12). Enquanto a determinação da acidez titulável (°Dornic) foi realizada de acordo com a metodologia descrita na IN 68 do MAPA (13).

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Utilizou-se o software STATISTICAL[®] 7.0 (Statsoft Statistica for Windows, 2007) para a tabulação dos dados,

que foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguidos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas de acidez titulável, alizarol a 72% estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios das análises de alizarol a 72% e acidez titulável (°D) de amostras de leite cru coletadas em cinco tanques de refrigeração localizados no município de Morrinhos/GO.

Propriedades	Alizarol a 72%	Acidez titulável (°Dornic)
1	Estável	15
2	Estável	17
3	Estável	16
4	Instável	17
5	Estável	18

Na propriedade, antes do processamento, é realizado o teste de alizarol para avaliar a acidez do leite. Esse teste é indicador do estado de conservação do leite, uma vez que o aumento da acidez pode ocorrer devido à produção de ácido láctico, o qual é um indicativo da degradação da lactose por microrganismos. Em condições adequadas, o leite apresenta uma coloração rosa a lilás e não coagula, indicando uma acidez normal e, portanto, um leite estável, conforme exigido pela legislação atual (7).

O teste é altamente empregado nas indústrias de beneficiamento de leite para atestar sua estabilidade térmica, ou seja, para saber se o leite resiste aos processos térmicos de pasteurização. O método baseia-se no fato que a fração proteica do leite é diretamente influenciada pelo aumento da acidez juntamente a função desidratante do álcool. Com acidez acima de 20 °D, o leite apresenta grumos, ou seja, partículas proteicas desestabilizadas que podem coagular a partir da ação do álcool (14).

Verificou-se que a propriedade 4 apresentou resultado em desacordo com a legislação vigente em relação ao teste de alizarol a 72%. A amostra apresentou-se ligeiramente ácida, com formação de grumos. Segundo Castanheira (15), o teste do alizarol busca verificar a instabilidade do leite quando há grande formação de grumos e sua coloração poderá ser violeta ou amarelada, sendo frequentemente rejeitada pelas indústrias.

A verificação da acidez titulável do leite consiste na titulação de determinada massa da amostra por uma solução alcalina de concentração conhecida, utilizando como indicador solução de fenolftaleína (13). De acordo com os dados apresentados, a acidez do leite expressa em Dornic (°D) oscilou em torno de 15 a 18 °D nas amostras coletadas nos tanques de refrigeração. O valor determinado pelo método Dornic, análise quantitativa, confirma que todas as amostras estão de acordo com a IN 76/2018 (7).

Ao correlacionar o teste do alizarol a 72% com a titulação Dornic, observa-se que na amostra de leite da propriedade 4 ocorreu a perda de estabilidade da proteína, resultando em precipitação e formação de coágulos durante o teste de alizarol, mesmo sem apresentar uma acidez superior a 18 °D. Isso indica a possibilidade de ser um Leite Instável Não Ácido (LINA). Embora esse problema seja frequente, as causas dessa instabilidade não são bem definidas, podendo estar relacionadas à mastite em vacas, ao período do ano ou à alimentação do rebanho (16). Esses resultados sugerem inicialmente a ocorrência de LINA, porém estudos mais detalhados são necessários para confirmação. Segundo Zanela (17), a principal alteração observada no LINA é a ausência de estabilidade da proteína caseína ao álcool, resultando em precipitação positiva, sem haver acidez elevada do leite.

O Leite Instável Não Ácido (LINA) é um problema que acomete toda a cadeia produtiva leiteira, pois nele as características físico-químicas foram alteradas, principalmente com a instabilidade da caseína, a proteína do leite que está presente em 95% na forma de partícula coloidal, mais conhecida como micelas. A perda da estabilidade do leite LINA não está relacionada à microrganismos que acometem o leite, mas sim ao manejo incorreto do animal durante a fase de lactação, com fatores nutricionais e fatores não nutricionais como: a restrição alimentar dos animais, com níveis de restrição de 40%, já foi possível encontrar o LINA, além de manifestar rapidamente após dois dias de restringir a dieta do animal (18).

O leite LINA não é prejudicial à saúde, porém ele não é aceito na indústria porque durante o processo de pasteurização começa a se formar grumos, normalmente ele é descartado ou o produtor pode usar na fabricação de queijo e outros derivados do leite na própria propriedade (19).

Os resultados das análises físico-químicas do leite cru refrigerado, apresentados na Tabela 2, foram comparados com os padrões estabelecidos pela IN 76/2018 (7). Essas análises permitem a detecção de fraudes e não conformidades no leite.

Tabela 2 - Valores médios das análises físico-químicas de amostras de leite cru coletadas em cinco tanques de refrigeração localizados no município de Morrinhos/GO.

P	Gordura (g/100 g)	Proteína (g/100 g)	Lactose (g/100 g)	Caseína (g/100 g)	SNG (g/100 g)	ST (g/100 g)
1	3,79 ± 0,00 ^c	3,34 ± 0,00 ^b	3,86 ± 0,00 ^c	2,59 ± 0,00 ^b	7,97 ± 0,00 ^d	11,77 ± 0,01 ^d
2	4,01 ± 0,01 ^a	3,33 ± 0,00 ^c	4,55 ± 0,01 ^a	2,66 ± 0,00 ^a	8,66 ± 0,00 ^a	12,67 ± 0,01 ^a
3	3,61 ± 0,00 ^d	3,04 ± 0,00 ^e	4,08 ± 0,00 ^d	2,35 ± 0,00 ^c	7,82 ± 0,00 ^e	11,44 ± 0,01 ^e
4	3,53 ± 0,00 ^e	3,26 ± 0,00 ^d	4,43 ± 0,00 ^c	2,58 ± 0,00 ^b	8,49 ± 0,00 ^c	12,02 ± 0,00 ^c
5	3,80 ± 0,00 ^b	3,35 ± 0,00 ^a	4,50 ± 0,00 ^b	2,67 ± 0,00 ^a	8,63 ± 0,00 ^b	12,43 ± 0,00 ^b

Legenda: P = Propriedades; SNG = Sólidos Não Gordurosos; ST = Sólidos Totais

Médias de três repetições ± Desvio padrão médio. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5%.

Com relação aos parâmetros físico-químicos, a legislação vigente preconiza, dentre outros padrões, os valores mínimos de gordura e proteína de 3,0 g/100 g de leite e 2,9 g/100 g de leite, respectivamente. De acordo com a Tabela 2, foi possível verificar

que as cinco propriedades leiteiras tiveram os resultados para esses parâmetros dentro das especificações.

Vale destacar que o pagamento por qualidade do leite é comumente utilizado em laticínios, considerando os teores de proteína e gordura como os principais parâmetros analisados, uma vez que esses dois fatores estão diretamente relacionados com o rendimento e a qualidade do produto (20).

A quantidade de proteína do leite é uma das principais variáveis de avaliação da qualidade do leite, sendo também utilizada por alguns estabelecimentos no Brasil como parâmetro de pagamento diferenciado aos produtores (21). Ainda, esse componente possui um alto valor tecnológico para os laticínios, uma vez que é da fração de proteína bruta da qual se origina o coágulo do leite utilizado na fabricação de queijos (22).

Ainda segundo Silva et al. (22), para a indústria de laticínios, a gordura tem grande valor no rendimento de produtos, pois quanto mais gordura presente, maior o rendimento dos produtos derivados. Além disso, ela é utilizada na fabricação de produtos com alto valor agregado como manteiga, sorvete e creme de leite. Este parâmetro é também utilizado por algumas indústrias como um diferencial no pagamento de produtores.

Em relação ao teor de lactose, a propriedade 1 e 3 não atingiram o valor mínimo exigido pela legislação de 4,3 g de lactose/100 g de leite cru (7). O teor de lactose está diretamente ligado à quantidade de leite produzido – quanto maior a concentração de lactose, maior rendimento do leite – além de ser inversamente proporcional ao teor de proteína e gordura (23).

A composição de lactose pode variar em função, principalmente, da raça, tipo de alimentação oferecida aos animais, bem como o seu estágio de lactação. Sua presença no leite é primordial para as indústrias no processamento de produtos fermentados, uma vez que a lactose é fermentada por bactérias lácteas adicionadas para produção de derivados como iogurte, bebidas lácteas fermentadas, queijos, manteiga, entre outros (21).

Os sólidos totais englobam todos os componentes do leite, ou seja, a gordura, carboidratos, proteínas, sais minerais e vitaminas, exceto a água. A legislação vigente determina para o teor de sólidos totais um valor mínimo de 11,4 g/100 g de leite cru. Verificou-se que todas as propriedades rurais apresentaram valores igual ou superiores ao estabelecido pela legislação.

Em relação aos sólidos não gordurosos, esse abrange todos os componentes sólidos do leite, com exceção da gordura. É exigido um valor mínimo de 8,4 g/100 g de leite cru, valor esse que não foi alcançado nas propriedades 1 e 3.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que os teores de gordura, proteína e sólidos totais encontrados nas amostras de leite das propriedades leiteiras investigadas estão de acordo com as especificações estabelecidas pela legislação vigente. Esses resultados ressaltam a importância de monitorar e garantir a composição

físico-química adequada do leite, uma vez que ela impacta diretamente a qualidade e o processamento dos produtos lácteos.

Sugere-se que estudos adicionais sejam realizados para investigar as possíveis causas das variações encontradas nos teores de lactose e sólidos não gordurosos nessas propriedades específicas.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela bolsa de Iniciação Científica concedida para realização da pesquisa.

Referências

1. Willers CD, Ferraz SP, Carvalho LS, Rodrigues LB. Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk-producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. *J. Clean. Prod.* 2014; v. 72, p. 146-152.
2. Thaler Neto A. Melhoramento genético aplicado à produção do leite. In: Simpósio de Bovinocultura de Leite, 2. Chapecó - SC. Anais... Chapecó: Núcleo Oeste de Médicos Veterinários. 2006; p. 143-161.
3. Picolli T, Zani JL, Bandeira, FS, Roll VFB, Ribeiro MER, Vargas GD et al. Manejo de ordenha como fator de risco na ocorrência de micro-organismos em leite cru. *Semin Cienc Agrar.* 2014; v.35, p. 2471-2480.
4. Germano PML, Germano MIS. Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. 2008.
5. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com os Anexos a esta Instrução Normativa. *Diário Oficial da União.* 20 set 2002.
6. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011. Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. *Diário Oficial da União.* 30 dez 2011.
7. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. *Diário Oficial da União.* 30 nov. 2018.
8. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Decreto no 9013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e

- a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União. 30 mar. 2017.
9. Horne DS, Muir, DD. Alcohol and heat stability of Milk protein. JDS. 1990; v. 73; p. 3613-3626.
 10. Chavez MS, Negri LM, Taverna MA and Cuatrín A. Bovine milk composition parameters affecting the ethanol stability. JDR. 2004; v. 71; p. 201–206.
 11. Marques LT. Ocorrência do leite instável não ácido (LINA) e seu efeito sobre a composição química e aspectos físicos. Dissertação de Mestrado. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2004.
 12. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 77 de 26 de novembro de 2018. Aprova os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial. Diário Oficial da União. 30 nov. 2018.
 13. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Decreto nº 9013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União. 30 mar. 2017.
 14. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial da União. 14 dez. 2006.
 15. Tronco VM. Manual de Inspeção da Qualidade do Leite. 4ª edição. Santa Maria: Editora UFSM; 2010.
 16. Castanheira ACG. Manual básico de controle de qualidade de leite e derivados. São Paulo: Cap Lab Indústria e Comércio Ltda; 2010.
 17. Marques LT, Zanela MB, Ribeiro MER, Stumpf Junior W, Fischer V. Ocorrência do leite instável ao álcool 76% e não ácido (LINA) e efeito sobre os aspectos físico-químicos do leite. Rev. Bras. Agrociênc. 2007; v.13; p1-p7.
 18. Zanela MB. Caracterização do leite produzido no Rio Grande do Sul, ocorrência e indução experimental do Leite Instável Não Acido (LINA). Tese de Doutorado. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2004.
 19. Machado SC. Fatores que afetam a estabilidade do leite bovino. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.
 20. Fischer V, Zanela MB, Marques LT. Alimentação de vacas leiteiras: reflexos sobre a produção leiteira e características físico-químicas do leite. In: Avanços Científicos e Caminhos para Inovações na América Latina. Ribeiro MER, Zanela MB, Schafhauser J. JR (editores). Embrapa: Pelotas. 2010; p. 125-138.
 21. González FHD, Noro G, Marques LT, Vidal, LEB, Zanela MB, Ribeiro MER et al. Qualidade do leite bovino: variações no trópico e no subtropico. Passo Fundo: Universidade Passo Fundo; 2011.
 22. Reis GL, Alves AA, Lana AMQ, Coelho SG, Souza MR, Cerqueira MMOP, Penna CFAM, Mendes EDM. Procedimentos de coleta de leite cru individual e sua relação com a composição físico-química e a contagem de células somáticas. Ciênc Rural. 2007. v.37(4); p. 1134- 1138.
 23. Silva G, Silva, DAMA, Farreira BPM. Processamento do leite. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2007.
 24. Angulo JDF. Evolução da qualidade do leite cru refrigerado na mesorregião da zona da mata norte de minas gerais frente à vigência das instruções normativas nº

51/2002 e nº 62/2011 do ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Tese de Doutorado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa; 2018.



Capítulo 45

DOI: 10.53934/08082023-45

**OS DESAFIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DE
DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE AÇÚCARES FRENTE A
NOVA LEGISLAÇÃO DE ROTULAGEM DE ALIMENTOS
INDUSTRIALIZADOS****Maurício Ferreira de Macedo^{ID1}; Tânia Cristina Rodrigues^{ID2}; Rodrigo Carrara
Ximenes^{ID3}**

- 1- mmacedoconsultor@gmail.com
- 2- tania.rodrigues@hidrolabor.com.br
- 3- rodrigo.ximenes@hidrolabor.com.br

Resumo:

A técnica de cromatografia iônica acoplada ao detector amperométrico na abordagem de descrição traz as vantagens dessa aplicação quanto à precisão e exatidão analítica pretendida, para que os produtores de alimentos declarem em seus rótulos todos os açúcares da composição, sejam eles naturais ou adicionados. Além disso, traz a certeza da pureza de suas matérias primas utilizadas em todo o processo. Com alto investimento em equipamentos, padrões e pessoal capacitado, vertente principal deste trabalho, a técnica demonstrou robustez no desenvolvimento de 11 açúcares dentro do perfil de carboidratos desejados a serem pesquisados, identificados e quantificados em alimentos processados. Portanto, atende plenamente à nova legislação da ANVISA RDC 429 de 2020, em comparação com as exigências da versão anterior, que tratava do mesmo tema de rotulagem e a possibilidade de utilização de técnicas analíticas clássicas. Desta forma, a técnica, por meio de suas curvas de calibrações de cada açúcar obtidas com linearidade pretendida, poderá ser utilizada como base de monitoramento para a tomada de decisão dos produtores de alimentos processados como parte da composição centesimal a ser declarada.

Palavras chaves: RDC 429; IN 75; açúcares adicionados; cromatografia.**Abstract:**

The ion chromatography technique coupled to the amperometric detector in the description approach brings the advantages of this application as to the precision and analytical accuracy intended so that food producers declare on their labels all the sugars of the composition whether natural or added. In addition it brings the certainty of the purity of its raw materials used throughout the process. With high investment in equipment standards and trained personnel the main strand of this work the technique demonstrated robustness in the development of 11 sugars within the desired carbohydrate profile to be researched identified and quantified in processed foods. Therefore it fully complies with the new legislation of ANVISA RDC 429 of 2020 compared to the

requirements of the previous version which dealt with the same subject of labeling and the possibility of using classical analytical techniques. Thus the technique through its calibration curves of each sugar obtained with intended linearity can be used as a monitoring basis for the decision making of processed food producers as part of the centesimal composition to be declared.

Keywords: RDC 429; IN 75; *added sugars*; *chromatography*.

INTRODUÇÃO

O monitoramento analítico vem se tornando cada vez mais um desafio aos laboratórios de apoio, que buscam técnicas analíticas com maior precisão e exatidão frente aos analitos alvos necessários de serem avaliados em um processo.

Ao ambiente produtivo os desafios não hão de ser diferentes, quando se trata dos atendimentos às legislações atuais e seus limites impostos de monitoramento, que têm como objetivo fornecer informações claras e precisas aos consumidores, permitindo a estes a opção de escolha e decisão quanto ao consumo dos ingredientes declarados.

Em 8 de outubro de 2020 foi publicada a nova Resolução de Diretoria Colegiada designada como RDC 429, que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos que contém como data limite para a adequação dos rótulos dos alimentos processados de dois anos (1)(2).

Na legislação anterior a declaração da rotulagem se baseava no teor de açúcares na forma de carboidratos com a soma total de todo o perfil incluindo os polissacarídeos. Para executar a análise, eram utilizadas as metodologias analíticas clássicas como a titulação identificada como método de *Fehling*, que tem como princípio a redução em meio alcalino do Cu^{++} para Cu^+ formando um precipitado vermelho-tijolo (3)(4).

Na atual legislação, o artigo 5º define quais informações nutricionais são necessárias a serem declaradas e no recorte deste estudo quais açúcares são adicionados e quais são os naturais do produto, ou se são adicionadas concentrações superiores da mesma fração do mono ou dissacarídeo que caracterizaria a adição (1)(5)(6).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar uma metodologia eficiente e eficaz para a identificação dos carboidratos na forma de açúcares que possam estar presentes nos alimentos, utilizando a técnica de cromatografia de íons acoplada a detecção amperométrica para a separação e quantificação de todo o perfil de açúcares. Dessa forma, por meio da declaração do produtor quanto à composição da fórmula constituinte de cada produto poderá obter-se com maior eficiência a concentração total dos adicionados. Além disso, pode-se inclusive obter a confirmação de pureza de matérias primas, pois a técnica permite a identificação caracterizada pelo tempo de retenção na demonstração gráfica do cromatograma (7).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a análise dos açúcares foram utilizados padrões de pureza conhecida de cada açúcar. Primeiramente obtiveram-se as melhores condições cromatográficas e os respectivos tempos de retenção no processo de separação de cada composto na coluna. Utilizou-se solução de hidróxido e acetato de sódio em concentrações previamente conhecidas para a melhor resolução do cromatograma e cromatógrafo iônico da marca Metrohm® do Brasil, modelo 930 *Compact IC Flex 1@*, acoplado a coluna cromatográfica Metrosep Carb2® – 250/4.0, amostrador automático e detector amperométrico com eletrodo de ouro e modo PAD.

As condições de separação dos açúcares estão descritas na tabela 01 com a melhor resolução para a separação e quantificação dos monos e dissacarídeos.

Tabela 01 – Condições cromatográficas

Eluente A: NaOH 0,5 mM + Acetato de Sódio 0,5 mM	Pipetar 26 µL de NaOH 50% para balão de 1L e acrescentar 0,041g de acetato de sódio. Completar com água ultrapura.
Eluente B: NaOH 300mM + Acetato de sódio 300mM	Pipetar 7,875 mL de NaOH 50% para balão de 500 mL e acrescentar 12,3g de acetato de sódio. Completar com água ultrapura.
PCR	200mM NaOH
Fluxo	0,7 mL/min – Gradiente de 92%
Loop	20 µL
Temperatura do forno	32,5°C
Tempo de Análise	35 minutos

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

RESULTADOS E DISCUSÕES

Houve a produção das condições descritas na tabela 01, e puderam-se separar onze frações de açúcares conforme demonstrado na tabela 02 com seus respectivos tempos de retenção.

Tabela 02 – Tempo de Retenção dos Açúcares

Fração do Açúcar	Tempo de Retenção (RT) minutos - Média
Sacarose	10,65
Galactose	13,00
Arabinose	13,70
Glicose	14,59
Xilose	17,89
Manose	18,86
Lactose	21,10
Frutose	21,88
Ribose	24,83
Lactulose	26,96

Maltose	30,48
---------	-------

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

Conforme se pode observar, a partir das condições apresentadas com os respectivos tempos de retenção obtidos com a injeção individual de cada padrão de açúcar de concentração conhecida, obteve-se a sequência analítica de cada pico, nas quais apresentaram uma boa resolução com relação a concentração e área. Na figura 01, há a representação gráfica do menor ponto da curva frente à representação da figura 02 com o maior ponto da curva de calibração, demonstrando a relação citada de área versus concentração.

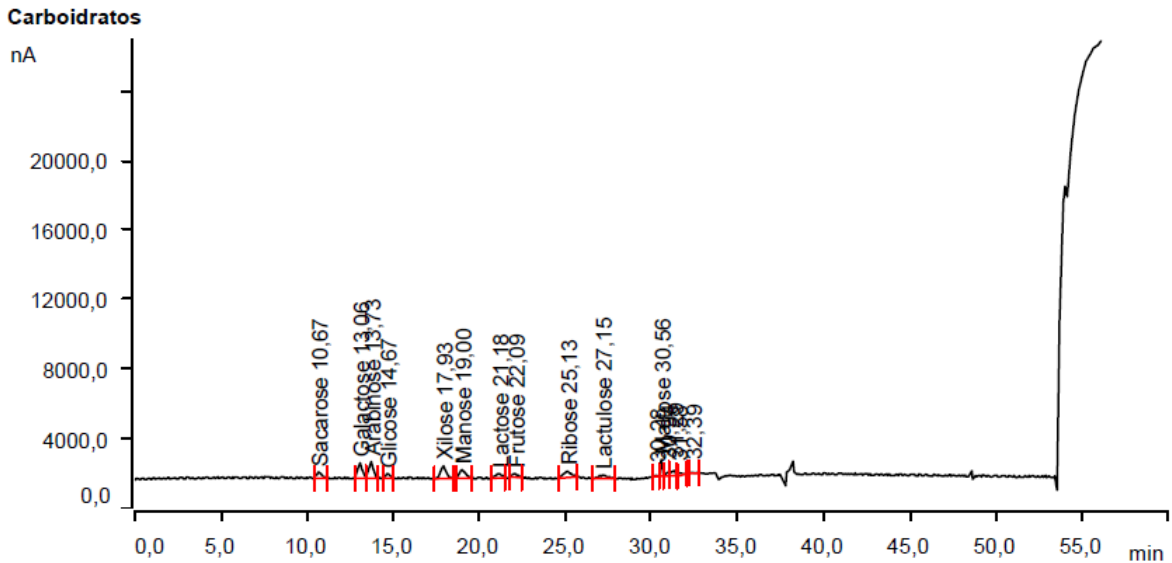


Figura 01 – Concentração de 5 mg/L dos açucares

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

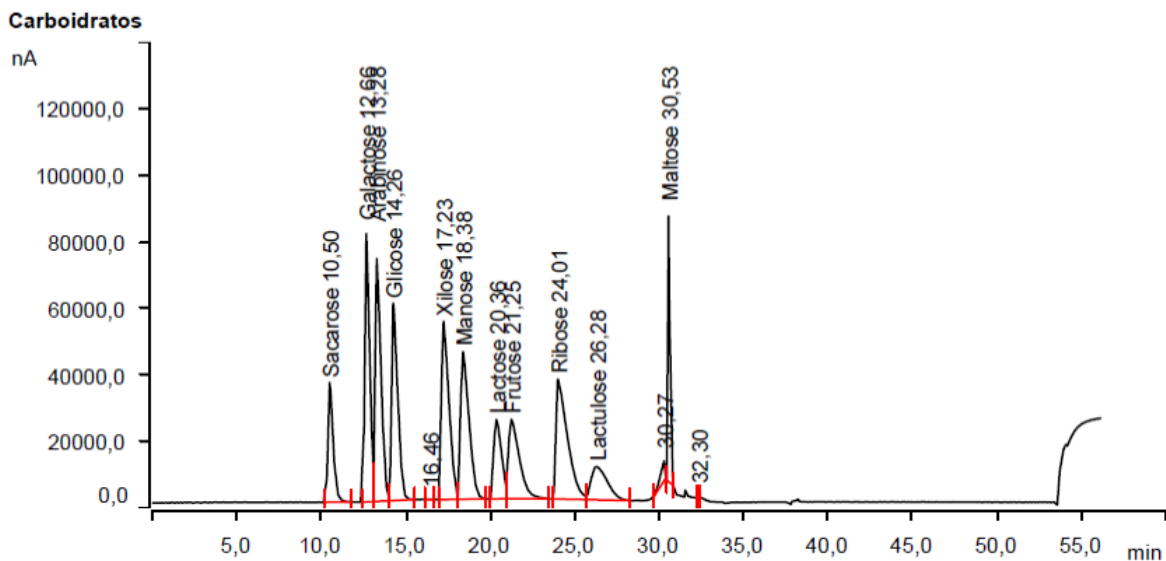


Figura 02 – Concentração de 500 mg/L dos açucares

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

As curvas de calibração de cada açúcar com a equação da reta, desvio padrão relativo e o coeficiente de correlação estão demonstrados entre as figuras de 03 a 13.

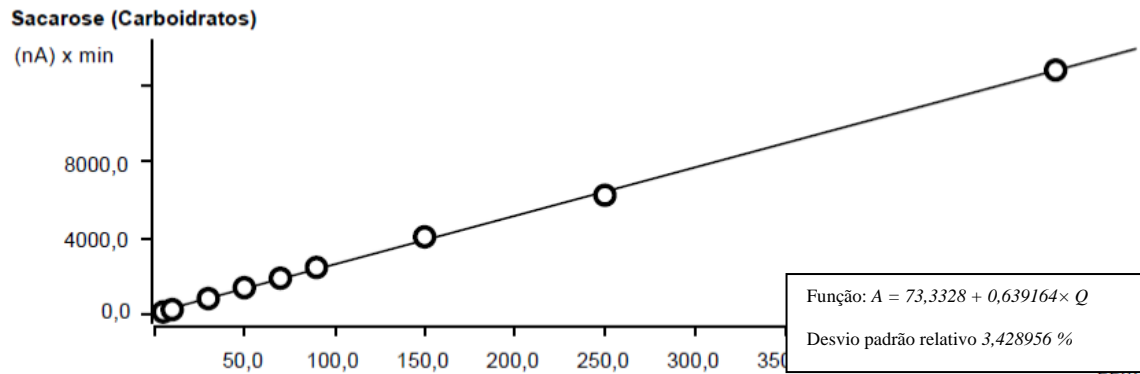


Figura 03 – Curva calibração Sacarose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

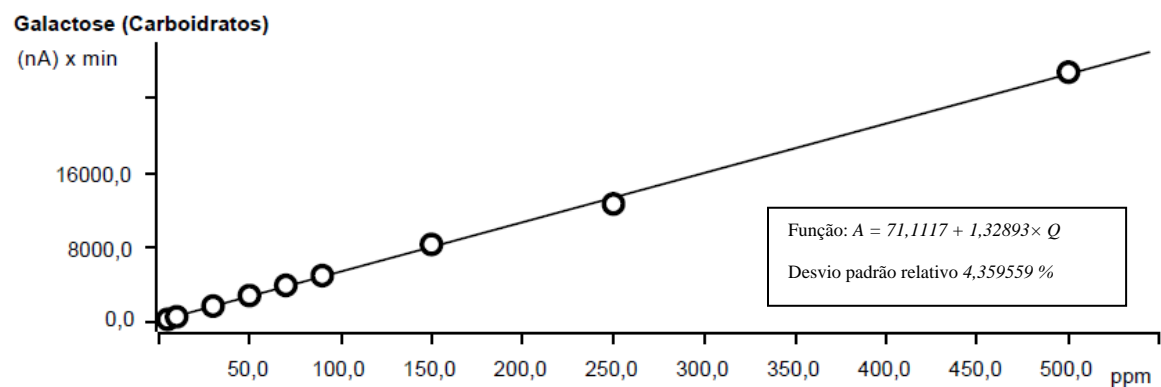


Figura 04 – Curva calibração Galactose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

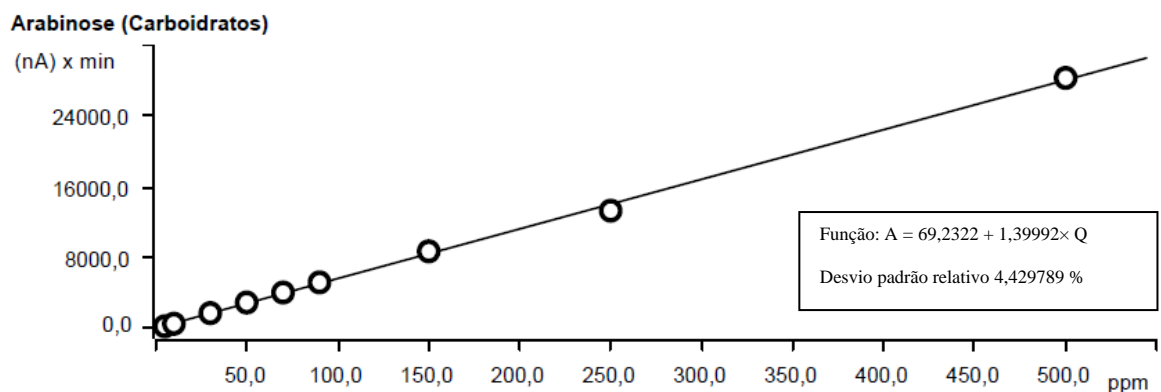


Figura 05 – Curva calibração Arabionose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

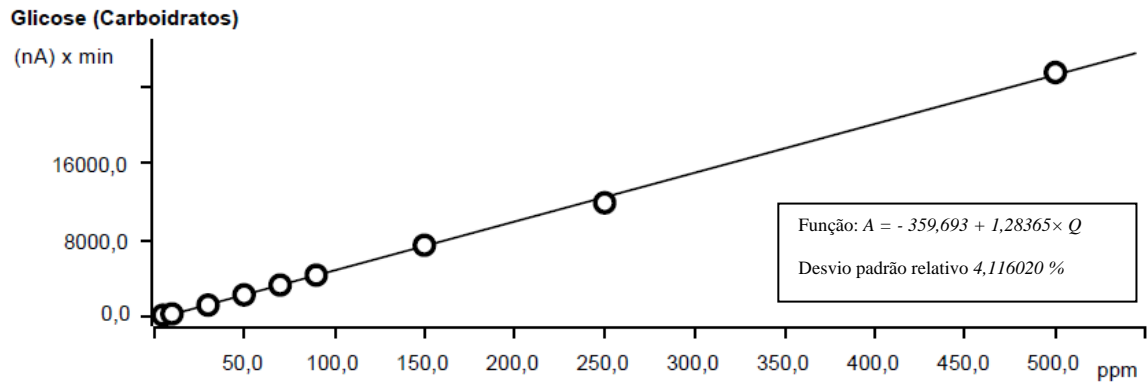


Figura 06 – Curva calibração Glicose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

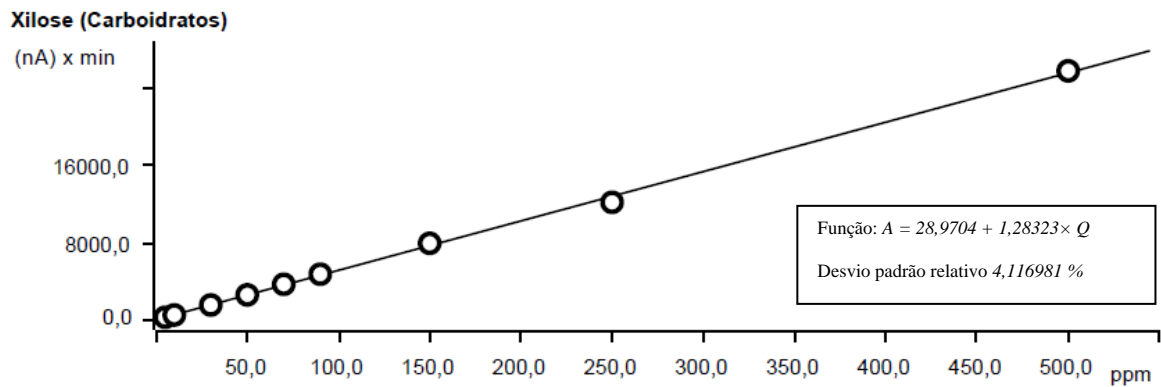


Figura 07 – Curva calibração Xilose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

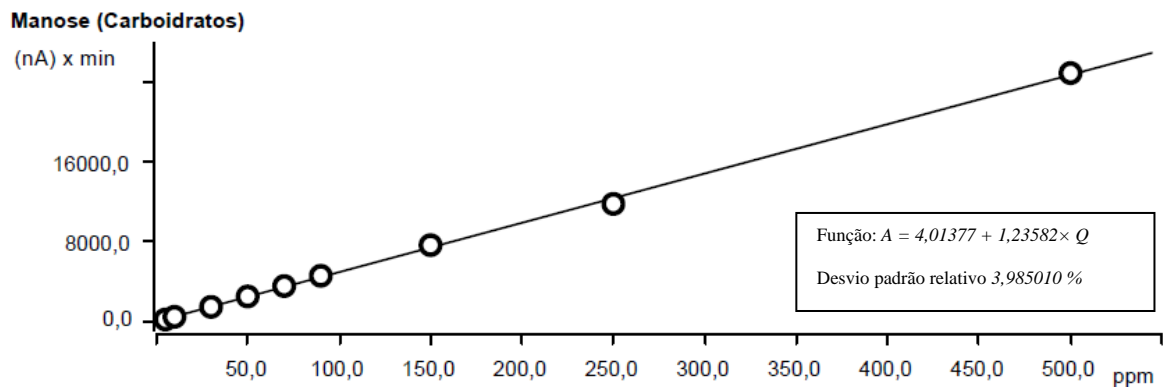


Figura 08 – Curva calibração Manose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

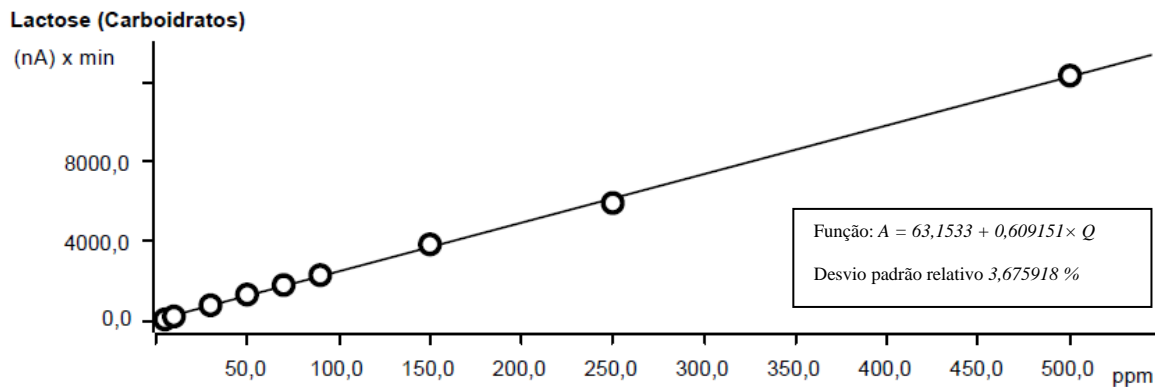


Figura 09 – Curva calibração Lactose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

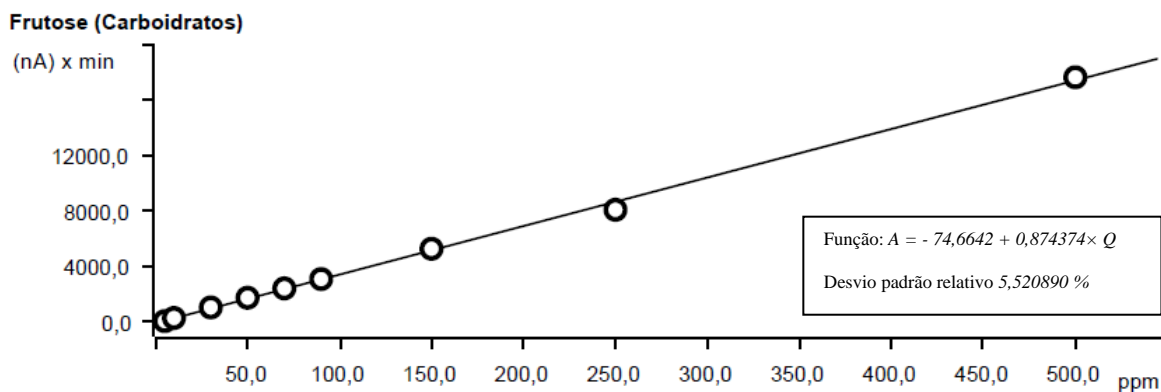


Figura 10 – Curva calibração Frutose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

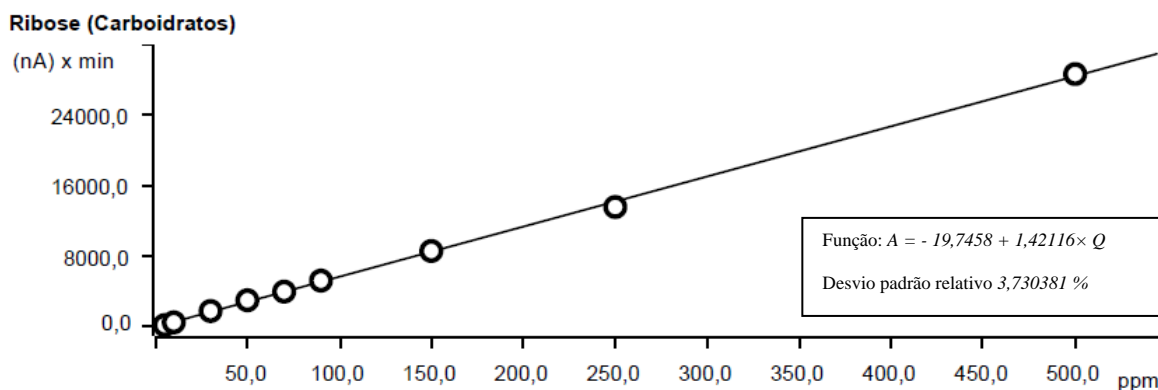


Figura 11 – Curva calibração Ribose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

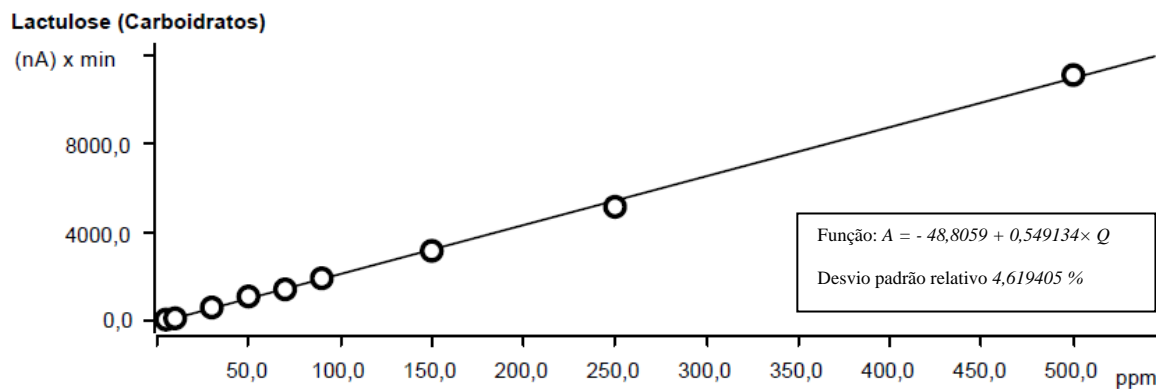


Figura 12 – Curva calibração Lactulose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

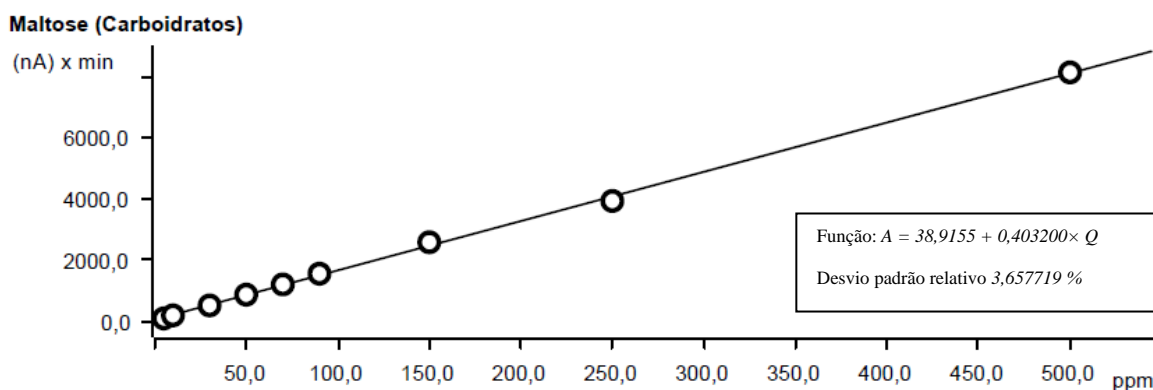


Figura 13 – Curva calibração Maltose

Fonte: Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental

CONCLUSÃO

A implementação de uma metodologia com a capacidade de identificação e quantificação do perfil de açúcares nos alimentos industrializados foi comprovada, neste estudo realizado, por meio da aplicação da técnica cromatográfica, conforme observado nas figuras que comprovam sua viabilidade. Além disso, constatou-se a necessidade de um alto investimento em equipamentos, padrões de referência e especialistas em análises instrumentais e também a precisão associada à exatidão requerida e exigidas pela atual legislação a qual se contrapõe a legislação anterior em que era somente necessária a quantificação total dos carboidratos como açúcares redutores e não redutores pela metodologia clássica de *Fehling*.

No contexto apresentado, a química analítica instrumental nos traz a possibilidade de resultados com confiabilidade atrelados a dois itens muito importantes dentro do processo de validação de uma metodologia que são a precisão e exatidão de um método. Vale ressaltar que neste trabalho, parâmetros como limite de detecção, limite de quantificação, robustez e linearidade não fizeram parte do recorte do estudo, pois haveria a necessidade de se inserir matrizes de diferentes processos.

E assim, diante das variadas matrizes a serem quantificadas quanto ao perfil de açúcares sejam eles de caráter natural ou adicionados ao processo, esta metodologia aplicada demonstrou ser adequada quanto a necessidade analítica atual para atendimento a legislação vigente (8).

AGRADECIMENTOS

Pela oportunidade do desenvolvimento deste trabalho gostaríamos de agradecer ao Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade em Alimentos e Ambiental em nos fornecer toda estrutura laboratorial, desde os equipamentos, reagentes e padrões e as respectivas garantias analíticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministério da Saúde (BR). RDC nº 429, de 08 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 09 de outubro de 2020.
2. Ministério da Saúde (BR). I.N. nº 75, de 08 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 09 de outubro de 2020.
3. INSTITUTO ADOLFO LUTZ - Normas Analíticas. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. São Paulo: IAL, 1976.
4. LITWACK, G. Bioquímica Experimental: um manual de laboratório. Barcelona: Espanha, 1967. p. 23-30.
5. Ministério da Saúde (BR). Perguntas & Respostas. Dispõe sobre rotulagem nutricional de produtos embalados, 1ª edição. Brasília, DF, 23 de junho de 2021.
6. Ministério da Saúde (BR). Perguntas & Respostas. Dispõe sobre rotulagem nutricional de produtos embalados, 2ª edição. Brasília, DF, 19 de janeiro de 2023.
7. METRHOM// https://www.metrohm.com/pt_br/applications/application-notes/aa-p-001-100/an-p-047.html, acesso em 05/05/2023.
8. Hage, David S. Química analítica e análise quantitativa. Edição 1ª. São Paulo: Person Prentice Hall;2012.



CLASA

Congresso Latino-Americano
de Segurança de Alimentos

ISBN 978-658506207-7



9

786585

062077