

Capítulo 33

CARACTERIZAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS EM PEIXES DE ÁGUA DOCE: UMA REVISÃO

Diana Carla Fernandes Oliveira¹; Francielly Corrêa Albergaria²; Pedro Massahiro de Matos Murata³; Anderson Henrique Venâncio⁴; Jeferson Gomes Clementino⁵; Maria Emília de Sousa Gomes⁶; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas⁷

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia- UFLA; E-mail: diana_zootecnista@yahoo.com.br; ²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos-UFLA; E-mail: franalbergaria@hotmail.com; ³Graduando em Zootecnia-UFLA; E-mail: pmassahiro@gmail.com; ⁴Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos-UFLA; E-mail: anderson123dfgh21@gmail.com; ; ⁵Graduando em Zootecnia-UFLA; E-mail: jeferson.clementino1@estudante.ufla.br ; ⁶Docente/pesquisadora do Departamento de Ciência dos Alimentos-UFLA; E-mail: maria.emilia@dca.ufla.br; ⁷Docente/pesquisador do Departamento de Zootecnia – UFLA; E-mail: rilke@ufla.br

Resumo: A composição de ácidos graxos em pescado está sendo intensamente pesquisado, principalmente devido as suas propriedades benéficas à saúde. Os ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3, são amplamente reconhecidos como sendo nutrientes essenciais para seres humanos, pois exercem uma variedade de benefícios para a saúde através da sua ação molecular, celular e fisiológica. Os peixes são a principal fonte de ácidos graxos, por isso é importante que se conheça a sua composição, bem como as principais fontes lipídicas utilizadas na sua incorporação, o perfil e os efeitos dessas fontes sobre a qualidade de carne. Objetivou-se com o presente estudo, compilar informações acerca do perfil de ácidos graxos em diferentes espécies de peixes de água doce, além de fontes alternativas ricas em ácidos graxos poli-insaturados para nutrição e a influência das fontes lipídicas sobre as características físicas, químicas e físico-químicas do pescado. Observou-se que, dentre a ampla gama de peixes conhecidos, os de água doce podem ser uma excelente fonte de ácidos graxos, com teores variados de espécie para espécie. Este conteúdo é influenciado fortemente pela alimentação, que, devido aos custos elevados do óleo de peixe, comumente utilizado nas rações comerciais, estão sendo buscados substitutos de fontes advindas de óleo vegetal, tal como os de linhaça, soja, canola e milho, os quais se mostraram como uma opção para a manutenção dos parâmetros de qualidade da carne de peixe, como a coloração, textura e composição nutricional.

Palavras-chave: lipídios; ômega 3; qualidade do pescado

INTRODUÇÃO

A produção global de peixes provenientes da aquicultura tem aumentado de forma constante nos últimos anos, com organismos de água doce representando um segmento importante. As projeções indicam que 62% da produção da aquicultura em 2030 será composta por espécies de água doce (1). Na América do Sul, o Brasil tem apresentado aumentos significativos nesse quesito, sendo considerado um dos maiores produtores de aquicultura. A nível mundial, em 2020, o Brasil ocupou a 13ª posição na produção de peixes em cativeiro, e a 8ª na produção de peixes de água doce (1). O potencial da aquicultura

brasileira se deve aos seus vastos e variados recursos naturais, além de grandes bacias hidrográficas e uma enorme diversidade de espécies de peixes com características promissoras para a produção desse tipo de carne (2). Diante disso, aliado ao crescimento de consumidores exigentes por uma alimentação saudável, os peixes de água doce apresentam uma alternativa em potencial de fonte de proteína e ácidos graxos essenciais, que podem contribuir com os avanços da aquicultura brasileira.

Os peixes são um importante componente da nutrição humana e o benefício dessa matriz cárnea está altamente associado à qualidade de seu conteúdo lipídico, fonte de ácidos graxos poli-insaturados essenciais (PUFA), principalmente ácido eicosapentaenoico (EPA-C20: 5 ω 3), ácido docosaexaenoico (DHA-C22:6 ω 3) e ácido linoleico (C18:2 ω 6) (3,4). Os ω 3 PUFA's, principalmente EPA e DHA, têm sido amplamente relatados como promotores de vários benefícios à saúde humana, especialmente no que diz respeito à prevenção de doenças cardiovasculares (3). Além disso, estudos recentes também sugeriram que a família ω 6 e seus metabólitos apresentam efeitos benéficos na saúde do sistema cardiovascular (4). Assim, o aumento do consumo de peixe pode melhorar a qualidade das dietas ocidentais, diminuindo o risco de diversos distúrbios (5,6).

O perfil de ácidos graxos encontrado no filé dos peixes é influenciado principalmente pela alimentação. O óleo de peixe, comumente utilizado nas rações comerciais, apresenta custo elevado, assim pode ser parcial e/ou completamente substituído pelos óleos vegetais, que, aparentemente, tem pouco ou nenhum efeito sobre o desempenho de crescimento de animais aquáticos (8). Isso porque, além de atender aos requisitos nutricionais fundamentais dos peixes, os ácidos graxos provenientes da dieta, em níveis adequados, promovem um bom desenvolvimento animal e boa taxa de conversão alimentar na aquicultura, resultando ainda em teores elevados de ácidos graxos essenciais na carne (7). Composição química do peixe mostra diferenciações não só entre as espécies. Vários fatores ambientais podem desempenhar um papel importante quanto a sua composição em tecidos de peixes tropicais (9), dentre os quais podemos destacar: tamanho, tipo de músculo corporal analisado, sexo, idade, época do ano, origem geográfica e grau de maturação gonadal (10).

As características do peixe são altamente dependentes da sua composição química. Sendo que a qualidade da carne é avaliada pelos seus atributos sensoriais (cor, maciez, sabor, suculência, odor), funcionais (pH, capacidade de retenção de água) e nutricionais (quantidade de deposição de gordura, perfil de ácidos graxos, nível de oxidação, teores de proteína, vitamina e minerais) (11). Sabendo que essas características são afetadas pela nutrição (10), e a maioria das rações para peixes de cultivo utilizam diferentes componentes de farelo e óleos, de origem animal ou vegetal, o conhecimento sobre a interferência destes sobre o filé se tornam importantes.

Considerando o potencial dos peixes de água doce para a aquicultura, bem como a importância dos ácidos graxos para saúde humana e para as características nutricionais e tecnológicas da carne, objetivou-se com o presente estudo, compilar informações acerca do perfil de ácidos graxos em diferentes espécies de peixes de água doce, além de fontes alternativas ricas em ácidos graxos poli-insaturados para nutrição e a influência das fontes lipídicas sobre as características físicas, químicas e físico-químicas do pescado.

COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM PEIXES DE ÁGUA DOCE

Diversos trabalhos (Tabela 1) vêm sendo desenvolvidos a fim de analisar a composição de ácidos graxos essenciais (AGE) em pescado, pelo fato de haver benefícios para prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (12). Contudo, sabe-se que as espécies de peixe de água doce apresentam em sua composição percentuais maiores de

ômega-6, diferente das espécies marinhas que compõem maiores status de ômega-3 (13). Entretanto, este conteúdo é variável entre e dentro das diversas espécies de peixes.

Matos et al. (2019) (13) avaliaram o perfil de ácidos graxos das seguintes espécies de grande importância comercial para o Brasil: tilápia-do-Nilo, carpa-prateada, carpa-cabeça-grande, carpa-capim e carpa-comum. Os autores observaram que todas as espécies apresentaram maior teor de ácidos graxos saturados, sendo o ácido palmítico (C16:0, 90 a 1.740 mg / 100 g) o mais abundante, seguido do ácido oleico (C18: 1 ω 9, 70 a 2.260 mg/100 g) e do ácido mirístico (C14: 0, 10 a 240 mg / 100 g). Em relação aos ácidos graxos insaturados, a carpa-capim, carpa-comum e a tilápia-do-Nilo, apresentaram elevado teor de ácido γ -linolênico (C18:3 ω 6) com valores médios de 536 mg/100 g. Já a carpa-cabeça-grande mostrou-se rica em ácidos graxos poli-insaturados ω 3, em especial o EPA (400 mg/100g) e o DHA (620 mg/100 g), além de possuir a maior relação ω 3/ ω 6.

Em outro estudo, ao avaliarem quatro diferentes espécies de peixes água doce da família Serrasalminidae, foi relatada presença de 21 diferentes tipos de ácidos graxos (14). Assim como Matos et al. (2017) (13), encontraram concentrações aumentadas de DHA e EPA nas diferentes espécies de pescado de água doce. Nesse sentido, dentre as espécies estudadas, *Piaractus brachypomus*, apresentou maiores teores, diferente da espécie *Colossoma macropomum* que apresentou menores valores de ω 3 total, EPA, DHA e EPA + DHA (15).

Tabela 1- Composição de ácidos graxos em peixes de água doce.

#	Nome Científico	Ácidos Graxos												Fonte
		Saturados			Monoinsaturado			AGPI ω3			AGPI ω6			
		14:0	16:0	18:0	16:1 ω7	18:1 ω9	20:1 ω9	18:3	20:5	22:6	18:2	20:3	20:4	
1	<i>Arapaima gigas</i> (mg/g)	12,10	185,38	73,72	54,47	158,69	10,88	8,12	9,25	8,5	78,44	12,99	14,67	Cortegano et al. (15)
2	<i>Oreochromis niloticus</i> (mg/g)	0,10	8,70	2,30	1,50	14,00	ND	0,30	0,20	0,10	ND	ND	ND	Matos et al. (13)
3	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (mg/g)	0,10	0,90	0,50	0,10	0,70	ND	0,20	0,20	0,10	ND	ND	ND	
4	<i>Piaractus mesopotamicu</i> (%)	0,31	14,94	0,81	4,34	13,57	ND	0,15	12,06	24,02	18	ND	1,65	Rodrigues et al. (16)
5	<i>Colossoma macropomum</i> (%)	0,48	17,54	0,93	5,10	4,97	ND	ND	6,86	13,49	25,77	ND	3,84	
6	<i>Cichla ocellaris</i> (%)	0,36	16,37	0,73	ND	12,28	ND	ND	7,34	25,42	14,09	ND	1,01	Rodrigues et al. (17)
7	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (%)	0,45	18,32	0,72	ND	12,11	ND	ND	6,12	18,08	23,91	ND	0,72	
8	<i>Brycon cephalus</i> (%)	0,48	13,01	0,81	ND	12,66	ND	ND	6,19	21,73	19,9	ND	0,71	
9	African catfish (%)	2,48	20,95	5,89	ND	32,36	2,93	2,75	2,85	6,21	13,17	ND	0,70	Linhartová et al. (18)
10	Nile tilapia (%)	4,53	23,55	5,64	ND	31,06	1,96	1,68	0,86	4,25	11,93	ND	1,29	

ND = Não detectado.

POTENCIAIS FONTES LIPÍDICAS PARA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Diversos estudos têm demonstrado que a alimentação influencia diretamente na composição de ácidos graxos dos peixes (19, 20, 21, 22). O óleo de peixe como fonte lipídica pode melhorar o desempenho do crescimento, o desenvolvimento e o valor nutricional dos peixes (8, 23), devido a sua alta quantidade de PUFA's, EPA e DHA. No entanto, apesar dos benefícios do óleo de peixe, o preço de mercado (mais de 2400 \$/tonelada) tem aumentado significativamente nos últimos anos, se tornando um fator limitante para o seu uso no desenvolvimento sustentável da indústria da aquicultura (24).

Devido aos custos elevados de dietas contendo óleo de peixe, estudos abordando a substituição desta fonte lipídica em dietas, com aplicação de alguns recursos alternativos, tem-se se tornado de interesse para o desenvolvimento sustentável e para a nutrição aquícola (8). A utilização de óleos vegetais tem sido uma boa alternativa, como óleo de girassol (25), óleo de linhaça (26, 27), óleo de soja (28), óleo de canola (29, 30) e óleo de milho (31).

Babalola e Apata (30) investigaram os efeitos do óleo de palma na dieta sobre o desempenho de crescimento de *Heterobranchus longifilis* e não observaram diferença entre os tratamentos, concluindo que o óleo de palma pode efetivamente substituir o óleo de peixe na dieta do peixe-gato sem comprometer o crescimento e eficiência alimentar.

Higughi et al (31) avaliando a adição de várias fontes de óleos vegetais (girassol, canola, gergelim, linhaça, amendoim, castanha do Pará, soja e macadâmia) com inclusão de 4% na nutrição de alevinos de *Oreochromis niloticus* não observaram diferença no ganho de peso entre os tratamentos. Zhang et al (32) ao avaliarem a substituição do óleo de peixe por óleos vegetais, em termos de sobrevivência e crescimento, constataram que os óleos de linhaça, soja, coco, canola e sebo bovino poderiam substituir o óleo de peixe sem nenhum efeito. Resultados semelhantes foram relatados para outras espécies de peixes de água doce, *Labeo rohita* (33), *Huso huso* (34). Li et al. (2015) (35) também relataram que os alevinos de *Megalobrama amblycephala* alimentados com dietas com óleo de peixe, soja, canola, amendoim e palma, não apresentaram diferenças no desempenho.

Substituindo óleo de soja por óleo e torta de dendê em dietas para juvenis de tilápia, Azevedo et al. (36) observaram que a fonte de óleo não influenciou no desempenho zootécnico, e que a inclusão da torta de dendê não alterou a conversão alimentar aparente e nem a taxa de sobrevivência dos peixes; porém, promoveu aumento nos valores de consumo diário de ração, ganho de peso diário, taxa de crescimento específico e fator de condição. Peng et al. (28) avaliando a substituição total do óleo de peixe por óleo de soja, canola, linhaça e banha de porco em dietas para tilápia, não observaram efeito da fonte de óleo sobre o crescimento, porém os animais que consumiram dieta contendo óleo de soja tiveram uma menor taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica, e maior taxa de conversão de alimentos.

Portanto, em função do elevado custo do óleo de peixe no mercado brasileiro, e com perspectivas promissoras de contínuo crescimento na produção com a utilização de fontes alternativas de óleos de origem vegetal, tem-se preconizado o uso desses componentes para compor rações comerciais em substituição às de origem animal.

INFLUÊNCIA DAS FONTES LIPÍDICAS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO PESCADO

Os indicadores físicos são ferramentas que auxiliam a observação e a obtenção de parâmetros de qualidade de pescado. Entre os principais parâmetros relacionados à aceitação do produto pelo consumidor tem-se a cor, aparência geral, capacidade de retenção de água, textura e suculência (37, 38). De uma forma geral, os consumidores buscam carne mais branca e luminosa, nos peixes de água doce. Barriviera et al. (39), avaliando os efeitos da substituição do óleo de soja por óleo de linhaça em dietas para tilápias sob baixa temperatura, e não observaram influência da fonte de óleo sobre a coloração dos filés. Izquierdo et al. (40), trabalhando com dourada (*Sparus aurata*), ao substituírem 80% do óleo de peixe por óleo de linhaça, observaram alterações na cor, porém não sendo percebida a olho nu, demonstrando que não houve efeito na coloração com a adição de óleo de linhaça na dieta.

O pH é utilizado para avaliar a qualidade de vários alimentos, dentre eles, o frescor do pescado. Porém o pH desse alimento acaba sendo afetado por diversos fatores, dentre eles: o processo de despesca ou na captura do pescado, a temperatura da água, estação do ano e a maturidade sexual, o que também acaba alterando outros parâmetros de qualidade como textura, sua capacidade de retenção de água, resistência ao crescimento de microorganismos e coloração da carne, pois influenciam na atividade enzimática e na taxa de oxigenação muscular (41). Contudo a substituição de 70% ou 100% do óleo de peixe por óleo de linhaça na alimentação de dourada não alterou o pH final do filé, mostrando como alternativa viável para aplicação na aquicultura (42).

Considerando, a firmeza do músculo como importante índice de frescor do peixe (43), o amolecimento indicaria deterioração e depreciação das propriedades da carne, sendo uma das principais características avaliadas. Tsujii (44) relatou menor mastigabilidade em filé de peixe alimentado com 30/kg de óleo de linhaça e óleo de soja, em comparação aos peixes alimentados com 15g/kg desses mesmos óleos, o que pode estar relacionada ao maior teor final de lipídeos no filé.

Ao analisarem outros parâmetros, Silva Júnior et al. (45) em um estudo com a substituição parcial do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para juvenis de beijupirá, não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de proteína bruta e cinzas entre os peixes dos diferentes tratamentos. Zanqui et al. (46) observaram uma variação dentro do esperado na composição centesimal de surubins com dieta contendo óleo de linhaça, entretanto, com os passar dos dias o acúmulo de lipídios totais no músculo do pescado diminuiu, o que poderia ser explicado pelo aumento da necessidade energética e metabólica que os peixes têm com seu crescimento (47). Zhang et al. (32) testando diversas fontes de óleo (peixe, linhaça, soja, canola, coco e sebo bovino) em dieta para juvenis de *Megalobrama amblycephala*, não observaram alterações nos teores de umidade, proteína bruta e cinzas. Porém as diferentes fontes lipídicas da dieta afetaram significativamente o teor de gordura do corpo.

Animais submetidos a dietas contendo óleo de canola apresentaram maior teor de lipídios comparados com aqueles que receberam dieta contendo óleo de coco e sebo bovino. Nenhum efeito da inclusão do óleo de linhaça na dieta sobre a composição do filé também foi relatado em tilápia do Nilo (48) e linguado senegalês, *Solea senegalensis*. Entretanto, influência da fonte de óleo sobre o teor de lipídios foi observado por Xu et al. (49) em robalo japonês, *Lateolabrax japonicus*, alimentados com dietas suplementadas com óleo de linhaça. Ayisi et al. (50), observaram que níveis de óleo de palma na dieta afetaram significativamente os conteúdos de lipídios, umidade, cinzas e proteína bruta no músculo de tilápia do Nilo. Contudo, essa variação também poderiam ser atribuída às condições de criação, tamanho e a espécie de peixe (51).

CONCLUSÕES

O consumo de peixe vem sendo associado a um estilo de vida saudável, principalmente devido aos seus teores de ácidos graxos que promovem um estado nutricional favorável, refletindo em melhorias na qualidade de vida. Observou-se que, dentre a ampla gama de peixes conhecidos, os de água doce podem ser uma excelente fonte de ácidos graxos, com teores variados de espécie para espécie. Este conteúdo é influenciado fortemente pela alimentação, que, devido aos custos elevados do óleo de peixe, comumente utilizado nas rações comerciais, estão sendo buscados substitutos de fontes advindas de óleo vegetal, tal como os de linhaça, soja, canola e milho, os quais se mostraram como uma opção para a manutenção dos parâmetros de qualidade da carne de peixe, como a coloração, textura e composição nutricional.

REFERÊNCIAS

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department. The state of world fisheries and aquaculture 2020. Rome; London: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Eurospan, 2020.
2. Siqueira TV. Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. Boletim regional, urbano e ambiental. 2017, 53-60.
3. Izar MCO, Lottenberg NA, Giraldez VZR, Filho RDS, Machado, RM, Bertolami A, et al. Posicionamento sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. Arq. Bras. Cardiol. 2021. 116:160-212.
4. Grandini NA, França TCJ, Santos SHA, Júnior AM, Nogueira TA. A ação de suplementos de óleo de peixe no reparo tecidual de camundongos lesionados. Brazilian Journal of Development. 2020; 6:26130-26143.
5. Oliveira A, Almeida M. Padrão alimentar mediterrâneo e atlântico – Uma abordagem às suas características-chave e efeitos na saúde. Acta portuguesa de nutrição. 2017; 11:22-28.
6. Benjamim CJR, Alcantara GC, Novais PLC, Lopes JNS, Rocha EMB. O consumo de ômega 3 e 6 e a sua relação com doenças crônicas não transmissíveis. Ver. e-ciência. 2018; 4:114-120.
7. Al-Souti A, Al-Sabahi J, Soussi B, Goddard S. The effects of fish oil-enriched on growth, feed conversion and fatty acid content of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.* Food Chemistry. 2012; 133:723-727.
8. Alhazzaa R, Bridle AR, Nichols PD, Carter CG. Coping with sub-optimal water temperature: modifications in fatty acid profile of barramundi as influenced by

- dietary lipid. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2013; 165:243–253.
9. Borghesi R, Hisano H, Sucasas LFA, Lima LKF, Oetterer M. Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: especial referência aos ácidos graxos. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2013.
 10. Sohn JH, Ohshima T. Control of lipid oxidation and meat color deterioration in skipjack tuna muscle during ice storage. *Fish Science*. 2010; 76:703–710.
 11. Djuricic I, Calder PC. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients*. 2021; 13(7):2421.
 12. Sousa ABS, Almeida NM. Ácidos graxos em peixes marinhos e de água doce: um comparativo. *CIENTEC – Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE*. 2018;10(1):105-120.
 13. Matos AP, Matos AC. Moecke, EHS. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2019; e2018193.
 14. Rodrigues BL, Monteiro MLG, Canto ACVCR, Costa MP, Conte-Junior CA. Proximate composition, fatty acids and nutritional indices of promising freshwater fish species from Serrasalmididae family. *CyTA: Journal of Food*. 2020; 18:591-598.
 15. Cortegano CAA, de Godoy LC, Petenuci ME, Visentainer JV, Affonso EG, Gonçalves LU. Nutritional and lipid profiles of the dorsal and ventral muscles of wild pirarucu. *Pesqui Agropecu Bras*. 2017;52(4):271–6.
 16. Rodrigues BL, Monteiro MLG, Vilhena da Cruz Silva Canto AC, Costa MP da, Conte-Junior CA. Proximate composition, fatty acids and nutritional indices of promising freshwater fish species from Serrasalmididae family. *CYTA - J Food [Internet]*. 2020;18(1):591–8. Available from: <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1804463>
 17. Rodrigues BL, Canto ACVdCS, Costa MPd, Silva FAd, Mársico ET, Conte-Junior CA. Perfis de ácidos graxos de cinco espécies brasileiras de peixes de água doce de diferentes famílias. *PLoS ONE*. 2017; 12: e0178898.
 18. Linhartová, Z., Krejsa, J., Zajíc, T. *et al*. Proximate and fatty acid composition of 13 important freshwater fish species in central Europe. *Aquacult Int*. 2018; 26: 695–711.
 19. Rebolé A, Velasco S, Rodríguez ML, Treviño J, Alzueta C, Tejedor JL, Ortiz LT. Nutrient content in the muscle and skin of fillets from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*. 2015; 174:614–620.

20. Castro Silva TS, Santos LD, Furuya WM, Silva LR, Matsushita M. Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*. 2011; 17:70-81.
21. Brown TD, Francis DS, Turchini GM. Can dietary lipid source circadian alternation improve omega-3 deposition in rainbow trout. *Aquaculture*. 2010; 300:148-155.
22. Luo Z, Tan XY, Liu CX, Li XD, Liu XJ, Xi WQ. Effect of dietary conjugated linoleic acid levels on growth performance, muscle fatty acid profile, hepatic intermediary metabolism and antioxidant responses in genetically improved farmed Tilapia strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*. 2012; 43:1392-1403.
23. Szabo A, Mézes M, Hancz C, Molnár T, Varga D, Romvári R, Fébel H. Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). *Aquaculture Nutrition*. 2011; 17:132-147.
24. Rombenso AN, Trushenski JT, Schwarz MH. Fish oil replacement in feeds for juvenile Florida pompano: composition of alternative lipid influences degree of tissue fatty acid profile distortion. *Aquaculture*. 2016; 458:177-186.
25. Teoh CY, Ng WK. The implications of substituting dietary fish oil with vegetable oils on the growth performance, fillet fatty acid profile and modulation of the fatty acid elongase, desaturase and oxidation activities of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.* *Aquaculture*. 2016; 465:311-322.
26. He Y, Lin G, Rao X, Chen L, Jian H, Wang M, Chen B. Microalga *Isochrysis galbana* em ração para *Trachinotus ovatus*: efeito no desempenho de crescimento e composição de ácidos graxos do filé de peixe e fígado. *Aquaculture international*. 2018; 26:1261-1280.
27. Li Q, Zhu HY, Wei JJ, Zhang F, Li EC, Du ZY, Chen LQ. Effects of dietary lipid sources on growth performance, lipid metabolism and antioxidant status of juvenile Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. *Aquaculture Nutrition*. 2017; 23:500-510.
28. Peng X, Li F, Lin S, Chen Y. Effects of total replacement of fish oil on growth performance, lipid metabolism and antioxidant capacity in tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture International*. 2016; 24:145-156.
29. Huang GF, Jiang M, Wen H, Liu W, Yang CG, Wu F, Wie QW. Effects of different dietary lipid sources on growth performance, tissue fatty acid composition and serum lipid indices of juvenile Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt, 1869. *Journal of Applied Ichthyology*. 2014; 30:1602-1608.
30. Babalola TO, Apata DF. Effect of dietary palm oil on growth and carcass composition of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. *Journal of Central European Agriculture*. 2012; 13:782-791.
31. Higughi LH, Feiden A, Matsushita M, Santarosa M, Zanqui AB, Bittencourt F, Boscolo WR. Quantification of fatty acids in tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) fed with different sources of vegetable oils. *Semina: Ciências Agrárias*.

- 2013; 34:1913-1924.
32. Zhang W, Sun S, Ge X, Zhu J, Miao L, Lin N, Yan N, Su Y, Liang H, Pan W, Yu H, Huang X, Ji K. Effects of dietary lipid sources on growth performance, fatty acid composition and hepatic lipid metabolism of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture Nutrition*. 2018; 1–12.
 33. Karanth S, Sharma P, Pal AK, Venkateshwarlu G. Effect of different vegetable oils on growth and fatty acid profile of Rohu (*Labeo rohita*, Hamilton); evaluation of a return fish oil diet to restore human cardio-protective fatty acids. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2009; 22:565–575.
 34. Hosseini SV, Kenari AA. Effects of alternative dietary lipid sources on growth performance and fatty acid composition of beluga sturgeon, *Huso huso*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2010; 41:471–489.
 35. Li Y. et al. Growth performance, fatty acid composition, peroxisome proliferator-activated receptors gene expressions, and antioxidant abilities of blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*, fingerlings fed diferente dietary oil sources. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2015; 46:395–408.
 36. Azevedo RV, Tonini WCT, Braga LGT. Óleo e torta de dendê em rações para juvenis de tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2013; 48:1028-34.
 37. Pathare P, Opara U L, Al-said F A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 2013; 6: 36–60.
 38. Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnete M, Lefaucheur L, Bugeon J. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*. 2016; 2016: 3182746.
 39. Barriviera, V. R. et al. Substituição do óleo de soja por óleo de linhaça no desempenho de crescimento, perfil de ácidos graxos e atributos de textura em tilápia do Nilo grande, *Oreochromis niloticus*, criada sob baixa temperatura fria. *Aquaculture Research*, 2021.
 40. Izquierdo M S. et al. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*. 2005; 250: 431–444.
 41. Boles, J A, Pegg, R. Meat Color. Department of Animal and Range Sciences. Montana State University, p.4. 2017. [Acesso em 10 junho 2021]. Disponível em: <http://www.cfs.purdue.edu/FN/fn453/meat%20color.pdf>
 42. Castro P L. et al. M. Linseed oil inclusion in sea bream diets: Effect on muscle quality and shelf life. *Aquaculture Research*. 2014; 46:75–85.

43. Eskin M, Aliani M, Shahidi F. Carnes e Peixes. In: Eskin, M.; Shahidi, F. (Eds). Bioquímica de alimentos. 3ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015;536.
44. Tsujii KM (2018). Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilápia do nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça. Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa - Área de Concentração: Produção Animal.
45. Silva Junior R F D, Pessoa W V N, Farias J L, Costa-Bomfim, C. N., Tesser, M. B., Druzian J I. & Cavalli R O. Substituição do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para beijupirá (*Rachycentron canadum*). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 2011; 63:980-987.
46. Zanqui A B. et al. Incorporação de Ácido Alfa-linolênico (18: 3n-3) em Surubim-do-Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*). Revista Virtual de Química. 2015; 7:2017-2025.
47. Silva B C. et al. Incorporation of Omega-3 fatty acids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed chia (*Chia hispanica* L.) bran. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2014; 91: 429- 437.
48. Karapanagiotidis IT, Bell MV, Little DC, Yakupitiyage A. Replacement of dietary fish oils by alpha-linolenic acid-rich oils lowers omega 3 content in tilapia flesh. Lipids. 2007; 42: 547–559.
49. Xu H. et al. Graded levels of fish protein hydrolysate in high plant diets for turbot (*Scophthalmus maximus*): effects on growth performance and lipid accumulation. Aquaculture. 2016; 454: 140-147.
50. Ayisi C L, Zhao J, And Wu J W. Replacement of fish oil with palm oil: Effects on growth performance, innate immune response, antioxidant capacity and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *PLoS One*. 2017; 13:1–17
51. Sales J, Glencross B. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species. Aquaculture Nutrition. 2011; 17:271-287.