

Influência da dieta suplementada com óleo de soja na composição centesimal e perfil lipídico de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Effect of dietary regime supplemented with soybean oil on the lipid profile and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

RIALA6/1437

Janice Izabel DRUZIAN¹*, Bruna Aparecida Souza MACHADO¹, Carolina Oliveira de SOUZA¹, Lorena Magalhães FRAGA¹, Viviane de Alencar Araes DURAN¹, Uiara Souza de BURGHGRAVE², Bruno Lopes BASTOS², Ricardo Castelo Branco ALBINATI², José Eugênio GUIMARÃES²

*Endereço para correspondência: ¹Laboratório de Pescados e Cromatografia Aplicada, Departamento de Análises Bromatológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia. Av. Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, 40.171-970, Salvador, BA, Brasil. E-mail: janicedruzian@hotmail.com

²Departamento de Anatomia, Patologia e Clínica, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil

Recebido: 18.01.2011 - Aceito para publicação: 06.03.2012

RESUMO

A dieta exerce efeito pronunciado na composição das carcaças de peixes. Neste trabalho, foi avaliada a qualidade nutricional da fração lipídica do tecido muscular de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a dietas com diferentes teores de óleo de soja (OS). Os peixes foram alimentados por 21 dias com ração contendo 5,98% de lipídios totais (LT) oriundos de ração comercial, sem adição de óleo de soja (A), dieta com adição de 2% (B) e 4% de óleo de soja (C). Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os teores de umidade, cinzas, proteína bruta e LT (0,98% a 1,08%) dos tecidos musculares resultantes dos tratamentos. Foram separados e identificados até 25 ácidos graxos, com diferença significativa ($p < 0,05$) na maioria deles, dependendo da dieta. Os majoritários em ordem decrescente foram: 16:0, 18:1n9, 18:2n6, 18:0, 20:4n6 e 22:5n6, independentemente do tratamento. A adição de OS na ração comercial mostrou perspectivas de promover o crescimento dos animais, sem afetar a composição centesimal e a qualidade nutricional da fração lipídica do tecido, em função dos altos teores de poli-insaturados, indicando ser uma matéria-prima satisfatória para incorporação parcial na ração.

Palavras-chave. *Oreochromis niloticus*, gordura, ácidos graxos, músculo

ABSTRACT

The diet induces a pronounced effect on fish carcass composition. This study aimed at evaluating the nutritional quality of lipid fraction of muscle tissue of tilapias (*Oreochromis niloticus*), which were fed with different soybean oil (OS) contents. The fishes were fed for 21 days with diets containing 5.98% of total lipid (TL) from a commercial feed without soya oil supplementation (A), the same feed plus 2% of soy oil (B) and plus 4% of soy oil (C). No significant differences ($p > 0.05$) were found in moisture, ash, crude protein and TL (0.98 to 1.08%) contents of fish muscles tissues resulting from the treatments. Twenty-five fatty acids were separated and identified, and, depending on the diet, significant differences ($p < 0.05$) were found among the majority of them. Away of the treatment, the predominance, in decreasing order, was: 16:0, 18:1n9, 18:2n6, 18:0, 20:4n6 and 22:5n6. The addition of 2% of soy oil into the commercial feed showed the best perspectives to promote the fish growth, without producing an effect on the lipid fraction composition and nutritional quality, due to the high polyunsaturated contents and remarkably n6. This oil is a satisfactory raw material for being partially included into the diet.

Keywords. *Oreochromis niloticus*, fat, fatty acids, muscle

INTRODUÇÃO

A piscicultura é, entre as atividades da pecuária brasileira, uma das que mais se desenvolvem. Considerando o pescado como alimento de excelente valor nutritivo e a pesca como uma atividade significativa do setor de produção, estudos sobre a fisiologia de peixes são de grande interesse científico¹⁻³, apesar do reduzido número de pesquisas sobre o efeito da dieta na composição da carcaça⁴⁻⁶.

Lipídios e proteínas são os maiores constituintes orgânicos dos peixes, sendo uma importante forma de reserva de energia metabólica para o crescimento e a reprodução dos animais, além de ser fonte de alto valor nutricional dos mesmos^{2,7}. Os ácidos graxos poli-insaturados participam da estrutura e da integridade das membranas e de processos vitais, como a síntese dos eicosanoides (prostaglandinas e leucotrienos), tanto para peixes como para humanos. Esses ácidos graxos contribuem também para a redução do risco de doenças coronárias, reumáticas, diabetes e câncer e atuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. Os ácidos linoleico (18:2n6) e α -linolênico (18:3n3) são dois representantes das séries n6 e n3 e, como não são sintetizados por animais, são considerados essenciais e devem estar presentes na dieta⁸⁻¹¹. Teores reduzidos desses ácidos graxos no filé de peixe podem ser devidos aos baixos índices destes nas dietas^{2,7}, reduzindo o valor nutricional das carnes^{12,13}.

Os lipídios que compõem as rações de peixes de água doce são caracterizados pela presença dos ácidos linoleico (18:2n6), α -linolênico (18:3n3) e eicosapentaenoico (EPA, 20:5n3). Assim, a composição de ácidos graxos de peixes de água doce é caracterizada por elevados teores de n-6 e, principalmente, de ácido linoleico (18:2n6) e araquidônico (20:4n6)¹⁴.

Os óleos de peixes marinhos são ricos em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa e, portanto, de alto valor nutricional para humanos, além de serem tradicionalmente utilizados como fonte de lipídios também para a alimentação de peixes, em especial na criação de tilápias. A produção mundial de tilápia foi superior a 3 milhões de toneladas em 2010, com estimativa de aumento para cerca de 8,9 milhões de toneladas até 2020^{15,16}. Este rápido aumento é em parte devido a sistemas agrícolas de produção intensiva, sendo cada vez mais importante a manutenção da qualidade nutricional da carne desses peixes.

Os óleos vegetais são alternativas viáveis para serem inseridos na dieta de peixes, já que são prontamente disponíveis, são renováveis e mais baratos que os óleos de peixes. Em virtude disso, muitos estudos relatam que os óleos vegetais podem substituir parcial ou totalmente o óleo de peixe no cultivo de tilápias sem comprometer o desempenho de crescimento, satisfazendo o requisito da presença de ácidos graxos essenciais¹⁷.

Entre os óleos vegetais comestíveis produzidos em grande escala, o óleo de soja apresenta maior teor de insaturados (70% a 80%) do que de saturados (10% a 20%), com cerca de 19% a 30% de ácido oleico (18:1n9), 44% a 62% de ácido linoleico (18:2n6), principal representante da série ω -6 (n6), e 4% a 11% de ácido linolênico (18:3n3), principal representante da série ω -3 (n3)¹⁸. Este óleo vem sendo utilizado na formulação de dietas para peixes como fonte de energia, apresentando 8.485 Kcal/kg de energia digestível para a tilápia do Nilo^{1,6,19}.

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é bastante apreciada por piscicultores e consumidores de todo o mundo por apresentar características particulares, como a prolificidade e a rusticidade, elevada qualidade nutricional e aceitação organoléptica da carne, bom índice de crescimento e alta resistência às doenças, destacando-se o fato de aceitar bem rações, resultando num desenvolvimento satisfatório^{20,21}.

Os relatos sobre os teores de ácidos graxos das séries n6 e n3 do tecido de tilápias são, respectivamente, 13,75-19,72% e 1,41-1,74%, quando alimentadas com ração contendo somente lipídio oriundo de óleo de soja²¹; de 32,60% e 24,60% quando cultivadas com ração contendo óleo de linhaça¹⁴; e de 34,30% e 12,50% quando tratadas com ração contendo óleo de palma¹⁶.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade nutricional da fração lipídica do tecido muscular de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio da influência da adição de diferentes teores de óleo de soja como fonte alternativa parcial de lipídio das dietas.

MATERIAL E MÉTODOS

Formulação das rações, cultivo das tilápias e amostragem

Foi utilizada como matriz para a elaboração das dietas a serem testadas uma ração comercial (Nutripeixe AL55 – PURINA) extrusada à base de óleo de peixe contendo 56% de proteína e 12% de lipídios totais (LT)^{1,19,21,22}. A ração com partícula de 0,4 mm de diâmetro,

destinada à alimentação de larvas e alevinos de peixes onívoros, foi adquirida em Feira de Santana-BA, cuja composição centesimal está apresentada na Tabela 1. Para a preparação das três dietas experimentais, adicionou-se farelo de milho à ração comercial na proporção 1:1, reduzindo os níveis de LT e de proteína na mistura final para 6,57% e 26%, respectivamente (Tabela 2). Essa formulação correspondeu à dieta experimental com menor concentração de LT e isenta de óleo de soja (Ração A, referência). Em seguida, foram adicionadas alíquotas de 2% e de 4% de óleo de soja à ração A, obtendo-se assim as rações B e C, com níveis de LT de 8,57% e 10,57%, respectivamente, substituindo-se parcialmente o óleo de peixe por óleo vegetal. As rações foram peletizadas mecanicamente e secas em estufa de ventilação forçada por 24 horas, em temperatura de 55 °C.

Tabela 1. Composição centesimal da ração comercial utilizada na formulação das dietas experimentais

Nutrientes	Informações do rótulo (%)	Análise laboratorial (%)
Umidade	13,0	11,0
Matéria mineral	14,0	13,3
Matéria fibrosa	5,00	7,7
Proteína bruta	55,0	56,0
Extrato etéreo	10,0	12,0

Tabela 2. Formulação e teores de proteína bruta e lipídios totais da dieta de referência (tratamento A) e das rações contendo óleo de soja (B e C)

Dietas		Composição (%)	
		Óleo de soja (%)	Proteína bruta / Lipídios totais
Ração Comercial		–	56 / 12,00
Rações formuladas*	A (referência)	0,00	26 / 6,57
	B	2,00	26 / 8,57
	C	4,00	26 / 10,57

*Ração A = Ração comercial + farelo de milho na proporção 1:1;

Ração B = Ração A + 2% de óleo de soja;

Ração C = Ração A + 4% de óleo de soja.

O cultivo foi realizado na Estação de Piscicultura Joanes II, da Bahia Pesca S.A., Camaçari, Bahia, utilizando-se 60 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em viveiros de terra, com água doce, em sistema aberto, com renovação média diária de água de 10%. A qualidade da água durante o ensaio experimental seguiu os padrões da estação, com oxigênio dissolvido entre 5 e 8 mg/L, pH 7,5 e temperatura média de 25 °C.

Os 60 peixes foram separados em duas categorias de peso, P1 = 300 ± 100 g e P2 = 500 ± 100 g, cada uma

com 30 peixes em bom estado físico, e distribuídos em três tanques-rede com volume de 1 m³ (1 m x 1 m x 1 m), dispostos separadamente dentro do viveiro. Assim, cada tanque-rede foi povoado com 20 animais, sendo dez de cada categoria de peso.

Os animais de cada tanque-rede foram alimentados a lanço, até a saciedade (*ad libitum*), por 21 dias, com as rações experimentais sem óleo de soja (A) e com diferentes teores de óleo de soja (B e C), pela manhã e à tarde.

Após 21 dias, os peixes foram abatidos, pesados e mantidos em embalagens de polietileno (em atmosfera de N₂) a -18 °C no Laboratório de Pescados e Cromatografia Aplicada (Lapesca) da Faculdade de Farmácia da UFBA, onde foram analisados. No início de cada análise, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente, filetadas e preparadas individualmente para as determinações das composições centesimal e de ácidos graxos.

Determinação da composição centesimal

A umidade e o teor de cinzas foram determinados seguindo o método gravimétrico da AOAC²³; a proteína bruta, pelo método de Kjeldahl-Micro por determinação do nitrogênio total²⁴. A proteína bruta foi calculada em função dos teores de nitrogênio total multiplicado pelo fator 6,25.

Os lipídios totais foram extraídos e quantificados conforme metodologia proposta por Bligh e Dyer²⁵, em que aproximadamente 3 g de amostra foram pesados em balão de Erlenmeyer. Posteriormente, foram adicionados 20 mL de metanol, 10 mL de clorofórmio e um volume de água para completar 8 mL, considerando-se a umidade da amostra. Após agitação em agitador mecânico (Nova Ética NT 145), por 30 minutos, foram adicionados mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5%. A mistura foi agitada por mais 5 minutos. A camada inferior, ou seja, a fase clorofórmica que continha os lipídios, foi removida e filtrada em um funil com papel de filtro contendo sulfato de sódio anidro. Em seguida, foram transferidas alíquotas desse extrato para tubos de vidro pré-tarados, os quais foram colocados sob atmosfera de N₂ para evaporação do solvente. Após a secagem, os tubos foram pesados em balança analítica (Shimadzu Y220), obtendo-se por gravimetria o percentual de LT. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos

Os lipídios totais foram submetidos ao processo de transesterificação para a preparação dos ésteres metílicos

de ácidos graxos (EMAG), segundo a metodologia proposta por Joseph e Ackman²⁶. Para a saponificação, uma alíquota dos lipídios totais (aproximadamente 25 mg) foi pesada em tubo de vidro de 20 mL (pirex). Posteriormente, foram adicionados 1,5 mL de solução metanólica de NaOH 0,50 mol/L; a solução foi aquecida em banho-maria a 100 °C por cerca de 15 minutos, seguido de resfriamento à temperatura ambiente. Foram adicionados 2 mL de uma solução metanólica catalítica de BF₃ (12%), com posterior aquecimento em banho-maria a 100 °C por 30 minutos, seguido de resfriamento em água corrente. Adicionaram-se 1 mL de iso-octano, sob vigorosa agitação, em vórtice (Phoenix AP 56), por 1 minuto, e 5 mL de solução de cloreto de sódio saturada. A amostra esterificada foi levada à geladeira e deixada em repouso por 5 minutos para acelerar a separação das fases. Após a coleta da fase superior, adicionou-se mais 1,0 mL de iso-octano ao tubo. Depois da agitação e separação das fases, foi coletado o sobrenadante e adicionado ao volume da primeira extração. Os EMAG foram armazenados em frasco âmbar sob atmosfera inerte (N₂) à -18 °C e analisados por cromatografia.

Análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos

Os EMAG foram analisados em um cromatógrafo gasoso CP 3800 (VARIAN), equipado com coluna CP-WAX (25 m × 0,25 mm × 0,20 μm) e detector de ionização de chama (CG-DIC). Os parâmetros de análises foram: temperatura do injetor: 250 °C; temperatura do detector: 280 °C; fluxo de 1,3 mL.min⁻¹ para o gás de arraste He, de 30 mL.min⁻¹ para o gás auxiliar (*make-up*) N₂, e 30 e 300 mL.min⁻¹ para os gases H₂ e ar sintético, respectivamente; razão de divisão (*split*) de 1:50; temperatura da coluna programada a 150 °C por 16 minutos, aumentando 2 °C/min até 180 °C, permanecendo por 25 minutos, passando a 210 °C a 5 °C/min, onde permaneceu por 10 minutos, com elevação para 230 °C a 10 °C/min, mantendo-se por 16 minutos. As injeções foram realizadas em duplicatas, e o volume de injeção foi de 1 μL.

A identificação dos AG foi realizada por comparação entre os tempos de retenção (Tr) dos picos dos cromatogramas das amostras com os Tr dos padrões, separados nas mesmas condições cromatográficas. O *mix* de padrões é composto por 37 EMAG contendo desde 4:0 até 22:6n3 (189-19, Sigma, Estados Unidos). A quantificação dos AG foi realizada pelo método de

normalização através das áreas dos picos, e os resultados foram expressos em percentagem relativa de área (%).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada pelo programa STATISTICA (Anova) versão 7.0, utilizando-se o teste de Tuckey (HSD) para avaliação das diferenças entre a composição centesimal e de AG dos tecidos musculares resultantes dos diferentes tratamentos, a 95% de confiança (p > 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os intervalos de peso das tilápias submetidas às dietas contendo 6,57% de LT oriundos de ração comercial (óleo de peixe), além de 0% (Ração A, referência), 2% (Ração B) e 4% (Ração C) de óleo de soja, assim como os teores de umidade, cinzas, proteína bruta e LT dos tecidos musculares estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal do tecido muscular de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a tratamentos com rações contendo dois diferentes teores de óleo de soja

Composição (%)	Tratamentos* (% de óleo de soja)		
	(inicial 200-600 g)		
	Ração A (0%)	Ração B (2%)	Ração C (4%)
Intervalo de peso final das tilápias (g)	250-440	450-620	500-570
Umidade (%)	78,52 ± 0,38	80,63 ± 0,77 ^a	80,54 ± 1,65 ^a
Cinza (%)	1,18 ± 0,05 ^a	1,14 ± 0,06 ^a	1,07 ± 0,12 ^a
Lipídios totais (%)	1,08 ± 0,12 ^a	0,98 ± 0,18 ^a	1,01 ± 0,12 ^a
Proteína bruta (%)	18,50 ± 0,68 ^a	18,98 ± 0,69 ^a	19,07 ± 0,56 ^a

*Todas as rações contêm 6,57% de LT oriundos da ração comercial. Valores que têm a mesma letra, numa mesma linha, não apresentam diferenças significativas (p > 0,05) pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Os valores de peso das tilápias alimentadas a lanço, até a saciedade, por 21 dias, variaram de 250 a 620 g, sendo que os maiores valores foram apresentados com os tratamentos contendo óleo de soja (B e C). Isso é justificado em função das rações não serem isoenergéticas (Tabela 2).

Os teores de umidade dos tecidos musculares das tilápias variaram de 78,52 ± 0,38 a 80,63 ± 0,77; cinzas, de 1,07 ± 0,12 a 1,18 ± 0,05%; proteína bruta, de 18,50 ± 0,68 a 19,07 ± 0,56; e LT, de 0,98 ± 0,18 a 1,08 ± 0,12%, que Ackman²⁷ classifica como peixes magros (< 2% de LT).

Os diferentes tratamentos não resultaram em tecidos musculares com diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os pesos, assim como entre os parâmetros de composição centesimal, com exceção da umidade dos tecidos dos peixes alimentados com a ração A.

Vila Nova et al.²⁸ encontraram no músculo de tilápias do Nilo alimentadas com rações comerciais valores bastante próximos de umidade (77,55%), cinzas (0,97%), LT (0,99%) e proteína bruta (18,34%). Normalmente, o teor de LT no músculo de peixes é o parâmetro da composição mais influenciado pela dieta. Maia e Rodriguez²⁹ relataram percentuais de 1,4% de LT para filés de tilápia, enquanto Andrade et al.⁵ encontraram 2,86%.

A Tabela 4 mostra a composição de ácidos graxos da fração de LT do tecido muscular das tilápias submetidas aos tratamentos A, B, e C, separados por CG-DIC (Figura 1).

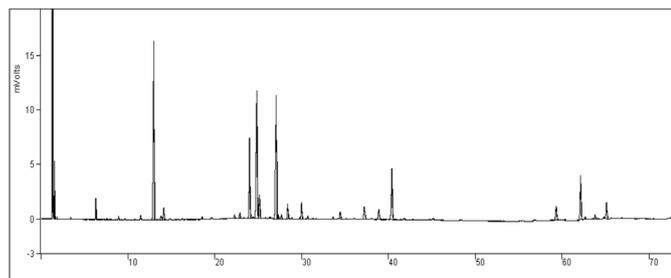


Figura 1. Cromatograma CG-DIC do perfil de ácidos graxos do tecido muscular de tilápias alimentadas com a ração B contendo 6,57% de LT oriundos da ração comercial acrescentado de 2,0% de óleo de soja

Na fração lipídica do tecido muscular de tilápias, foram separados e identificados até 25 ácidos graxos, sendo os majoritários em ordem decrescente: 16:0, 18:1n9, 18:2n6, 18:0, 20:4n6 e 22:5n6, representando 80% a 83% dos totais, independentemente dos tratamentos com as rações A, B e C. Maia e Rodriguez²⁹ e Maia et al.³⁰ também relatam a presença desses ácidos graxos como majoritários, e na mesma ordem, em tecido muscular de tilápias alimentadas com ração comercial, enquanto Justi et al.⁶ identificaram como majoritários os ácidos 18:1n9, 18:2n6, 16:0, 18:3n3 e 18:0 em alevinos de tilápias do Nilo submetidos a dietas enriquecidas com óleo de linhaça.

Comparando os AG majoritários dos tecidos musculares dos tratamentos que contêm óleo de soja na dieta (B e C) com a dieta referência (A), constata-se que 16:0 e 18:1n9 sofreram diminuição, enquanto 18:2n6, 20:4n6 e 22:5n6 aumentaram (Tabela 4). O percentual do AG majoritário em óleo de soja (18:2n6)^{31,32} também

Tabela 4. Identificação e quantificação de ácidos graxos do tecido muscular de tilápias submetidas a diferentes tratamentos e somatórios das séries de ácidos graxos. (A) ração contendo 6,75% de LT oriundos da ração comercial; (B) ração contendo 6,57% de LT da ração comercial + 2% de óleo de soja; e (C) ração contendo 6,57% de LT da ração comercial + 4% de óleo de soja

Identificação EMAG	EMAG ± dp (%)		
	Tratamento A	Tratamento B	Tratamento C
14:0	2,54 ± 0,82	1,65 ± 0,05	2,11 ± 0,73
15:0	0,25 ± 0,24 ^a	0,14 ± 0,20 ^b	0,29 ± 0,08 ^{a,b}
16:0	27,05 ± 0,10	24,17 ± 4,32	21,10 ± 0,58
17:0	0,38 ± 0,39	0,47 ± 0,01 ^a	0,45 ± 0,07 ^a
18:0	9,89 ± 2,33	10,88 ± 2,58	8,94 ± 0,99
20:0	0,48 ± 0,35	-	0,36 ± 0,02
22:0	0,07 ± 0,07	-	-
ΣAGS	40,66	37,31	33,25
17:1n5	0,18 ± 0,23 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	-
18:1n9	24,02 ± 5,20 ^a	17,52 ± 1,97	21,32 ± 1,19 ^a
18:1n7	3,94 ± 1,45	3,03 ± 0,38	3,72 ± 0,08
20:1n9	1,11 ± 1,42	0,93 ± 0,33	1,33 ± 0,28
24:1n9	0,47 ± 0,54 ^a	0,42 ± 0,07 ^a	0,30 ± 0,07
ΣAGMI	31,12	24,18	29,95
18:2n6c	14,16 ± 2,99	16,32 ± 3,23	16,27 ± 2,03
18:3n6	0,07 ± 0,06	0,56 ± 0,25	0,92 ± 0,15
18:3n3	0,73 ± 0,33 ^a	0,72 ± 0,29 ^a	0,91 ± 0,03
20:2n6	1,26 ± 0,28	1,80 ± 0,64	1,56 ± 0,01
20:3n6	0,90 ± 1,12	1,85 ± 0,05	2,06 ± 0,12
20:4n6 (ARA)	3,75 ± 1,02	8,31 ± 2,16 ^a	8,24 ± 1,12 ^a
20:3n3	0,10 ± 0,12	-	0,27 ± 0,04
20:5n3 (EPA)	0,19 ± 0,24	0,24 ± 0,34	0,31 ± 0,09
22:4n6	1,42 ± 0,66	2,04 ± 0,03	2,32 ± 0,28
22:5n6	4,71 ± 0,02	6,17 ± 0,10	3,73 ± 0,15
22:6n3 (DHA)	0,92 ± 1,16	0,50 ± 0,71	0,22 ± 0,02
ΣAGPI	28,21	38,51	36,79
Total AG	100,00	100,00	100,00
Σn3	1,94	1,47	1,71
Σn6	26,27	37,04	35,31
Σn6/ Σn3	13,54	25,26	20,64
ΣAGPI/ΣAGS	0,69	1,03	1,10

Resultados das médias ± dp de 10 tilápias de cada tratamento
EMAG = Ésteres metílicos de ácidos graxos expressos em % do total de lipídios

dp = desvio-padrão

- = não detectado

ΣAGS = soma dos ácidos graxos saturados

ΣAGMI = soma dos ácidos graxos monoinsaturados

ΣAGPI = soma dos ácidos graxos poli-insaturados

Σn3 = soma dos ácidos graxos n3, inclusive EPA e DHA

Σn6 = soma dos ácidos graxos n6

Valores que têm a mesma letra, numa mesma linha, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey a 95% de confiança

aumentou (6,6% para 17,2%) no músculo de tilápias alimentadas com dieta contendo 8% de óleo de soja, quando comparado ao controle isento do óleo vegetal³³, e variou de 8,75% a 13,52% em músculo resultante de dietas contendo 7% de óleo de soja²¹, entre 0 e 90 dias.

Foi constatado que o fornecimento das rações A, B e C às tilápias por 21 dias não está diretamente relacionado ao aumento do teor de LT do músculo, mas exerceu uma influência significativa ($p < 0,05$) na composição da maioria dos AG (Tabela 4). Tonial et al.²¹ também relatam que, ao alimentar tilápias com ração contendo 7% de óleo de soja, a composição de AG do tecido muscular apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) até 45 dias de fornecimento da ração.

Do ponto de vista nutricional, resultados de pesquisas mostram que a ingestão de ácidos graxos saturados aumenta os níveis de colesterol sérico em humanos e que os níveis de colesterol total no plasma sanguíneo diminuem quando a ingestão de ácidos graxos saturados é substituída por poli-insaturados^{11,34,35}.

A Tabela 4 também mostra os somatórios dos ácidos graxos: saturados (AGS 33,25 a 40,66%), monoinsaturados (AGMI 24,18 a 31,12%), poli-insaturados (AGPI 28,21 a 38,51%), ômega-3 (n3 1,47 a 1,94%) e ômega-6 (n6 26,27 a 37,04%); assim como as razões dos AGPI/AGS (0,69 a 1,10) e n6/n3 (13,54 a 25,26) dos tecidos musculares das tilápias, com diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os três tratamentos. Os valores dos somatórios das séries de AG foram semelhantes aos encontrados por Tonial et al.²¹ para filés de tilápias alimentadas com óleo de soja como componente da ração, e também identificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) quando compararam ao tratamento controle (ração comercial).

Quanto à questão nutricional para humanos, é recomendado que as razões AGPI/AGS e n6:n3 sejam maiores que 0,45^{10,11,34,36} e, no máximo, 4,0^{1,37}, respectivamente. Neste trabalho, as razões AGPI/AGS e n6/n3 atendem aos critérios estabelecidos (Tabela 4). O valor da razão n6/n3 em filés de tilápias alimentadas por 30 dias com 7% de óleo de soja na ração foi de 10,35²¹, enquanto por 70 dias com ração contendo 8% de óleo de soja foi de 4,8³³.

A composição de AG e, conseqüentemente, os teores de AGS, AGMI e AGPI de peixes sofrem influência direta desses mesmos parâmetros da dieta. Entretanto, os ácidos saturados podem também ser gerados pela *síntese de novo*, onde fontes de carbono não lipídicas

são transformadas em ácidos graxos^{1,34,37}. A síntese de ácidos poli-insaturados ocorre por meio de reações sequenciais de dessaturação e alongamento da cadeia dos ácidos graxos, tendo como substratos os ácidos oleico (18:1n9), linoleico (18:2n6), α -linolênico (18:3n3) e, por extensão, seus isômeros *trans* e famílias n6 e n3. A ação das enzimas dessaturases é de grande importância, uma vez que é controlada pela interação de hormônios com a quantidade dos ácidos linoleico e α -linolênico da dieta^{10,37}. De fato, a composição de AG dos tecidos é modulada por vários fatores metabólicos, e o conteúdo final dependerá da quantidade e da natureza dos AG da dieta, da ingestão cumulativa dos AG e do tempo de ingesta, da taxa de crescimento, da espécie, do tamanho, da idade, entre outros fatores ambientais.

Portanto, da dessaturação do 18:2n6, obtém-se o 18:3n6 e, sequencialmente, 20:3n6, 20:4n6 (ARA), 22:4n6 e 22:5n6. Em função da dieta suplementada com óleo de soja, que é fonte de ácido linoleico^{18,31,32}, todos esses AG, mas principalmente ARA e 22:5n6, foram encontrados em maiores quantidades no músculo das tilápias dos tratamentos B e C do que do tratamento A, constatando-se que o óleo foi bem metabolizado pela espécie. O 18:3n3, encontrado principalmente no cloroplasto de vegetais verdes, é metabolizado a ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA). O óleo de soja tem de 4% a 11% de 18:3n3^{31,32}; portanto, valores baixos de EPA e DHA (< 1%) foram encontrados nas tilápias alimentadas com as rações contendo óleo de soja (B e C, Tabela 4). Valores próximos a 1% também foram encontrados por Tonial et al.²¹ para tilápias alimentadas com ração contendo 7% de óleo de soja, avaliadas periodicamente por 90 dias.

É relatado que peixes de água doce¹⁹ têm necessidade dos grupos de ácidos graxos poli-saturados n6 e n3, ou somente de n6. Sabe-se também que as famílias de ácidos graxos n3, n6, n7 e n9 competem entre si pelas vias metabólicas de alongamento e dessaturação, uma vez que compartilham dos mesmos sistemas enzimáticos. A ressintetização dos ácidos graxos das tilápias foi alterada com a variação nos níveis de óleo de soja na ração, embora o processo de absorção de LT não tenha sofrido influência. O nível de 8,57% de extrato etéreo na dieta do tratamento B das tilápias promoveu maior desempenho de ganho de peso (Tabela 3) e manteve o valor nutricional considerando as diferentes séries de ácidos graxos (Tabela 4), podendo indicar que o limite de utilização de lipídio na dieta estaria por volta

desse valor, que é inferior aos relatados por Martino et al.^{7,19}, de 10% a 20% de lipídios na dieta, resultando em peixes com uma ótima velocidade de crescimento sem acúmulo excessivo de gordura.

Considerando que existe uma preocupação mundial^{1,2,3,4,21,33,34} com o crescente impacto das atividades de aquicultura, principalmente porque é necessário de duas a cinco vezes mais farinha de peixe no cultivo do que a fornecida pelo produto do viveiro, a redução da dependência de farinha de peixe pode fornecer um peixe de menor custo. Ao identificar fontes alternativas de lipídios, foi constatado que o óleo de soja é uma matéria-prima satisfatória para a substituição parcial do óleo de peixe na alimentação de tilápias. A inclusão de 2% apresenta melhores perspectivas de promover o crescimento sem afetar a composição centesimal, pois, apesar de alterar a composição de AG dos peixes, mantém a qualidade nutricional do produto final, além das possibilidades de fornecer informações adicionais para estudos futuros, principalmente por períodos de cultivos mais longos e/ou durante todo o cultivo, assim como a evolução das alterações da composição do tecido muscular durante o cultivo. Depois de utilizar dietas contendo óleos vegetais, retornar a uma dieta de óleo de peixe como maneira de reduzir algum efeito adverso e repor a composição de ácidos graxos ou os parâmetros de qualidade nutricional para valores semelhantes aos de animais continuamente alimentados com uma dieta de óleo de peixe, é outra possibilidade a ser investigada.

CONCLUSÃO

O uso de 2% a 4% de óleo de soja como substituto parcial do óleo de peixe da ração para dietas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) não refletiu significativamente na composição centesimal ou no aumento do teor de lipídios totais do tecido muscular, mas alterou a composição da quase totalidade dos ácidos graxos dessa fração.

A inclusão de óleo de soja apresenta a perspectiva de promover o crescimento sem afetar a composição centesimal, apesar de alterar a composição de AG dos peixes mantém a qualidade nutricional do produto, devido ao teor de poli-insaturado, além da possibilidade de fornecer um peixe de menor custo. Ao identificar fontes alternativas de lipídios, foi constatado que o óleo de soja é uma matéria-prima satisfatória para a substituição parcial do óleo de peixe das rações para tilápias.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Visentainer JV, Gomes STM, Hayashi C, Santos-Junior OO, Silva ABM, Justi KC, et al. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Cienc Tecnol Aliment*. 2003;23(3):478-84.
2. Martino RC, Cyrino JEP, Portz L, Trugo LC. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. *Aquacult Nutr*. 2005;11:131-7.
3. Druzian JI, Marchesi CM, Scamparini ARP. Chemical characterization and determination of the composition of fatty acids of the muscle of carps (*Cyprinus carpio*) fed with ration and swine's dejection. *Ciênc Rural*. 2007;37(4):539-44.
4. Saint-Paul U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*. 1986;54:205-40.
5. Andrade AD, Rubira AF, Matsushita M, Souza N. ω -3 fatty acids in freshwater fish from South Brazil. *J Am Oil Chem Soc*. 1955;72:1207-10.
6. Justi KIC, Padre RG, Hayashi C, Soares CM, Visentainer JV, Souza NE, et al. Efeito da temperatura da água sobre o desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Sci Anim Sci*. 2005;27(4):529-34.
7. Martino RC, Cyrino JEP, Portz L, Trugo LC. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture*. 2002;209:209-18.
8. Menezes ME, Lira GM, Omena CMB, Freitas JDF, Sant'ana AEG. Composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos dos peixes tainha (*Mugil cephalus*) e camurim (*Centropomus undecimalis*) da Lagoa Mundaú, AL/Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2008;67(2):89-95.
9. Roos NM, Siebelink E, Botts ML, Van-Tol A, Schouten EG, Katan MB. *Trans* monounsaturated fatty acids and saturated fatty acids have similar effects on postprandial flow-mediated vasodilatation. *Eur J Clin Nutr*. 2002;56(7):674-9.
10. Uauy R, Valenzuela A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition*. 2002;16:680-84.
11. Castro-Gonzalez MI. Ômega 3 fatty acids: benefits and sources. *Interciência*. 2002; 27:128-36.
12. Venugopal V, Shahidi F. Structure and composition of fish muscle. *Food Rev Int*. 1996;12:175-97.
13. Almeida NM, Bueno-Franco, MR. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2006;65(1):7-14.
14. Justi KC, Hayashi C, Visentainer JV, Souza NE, Matsushita M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile

- tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chem*. 2003;80(4):489-493.
15. Tacon AGJ, Metian M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture*. 2008; 285:146-158.
 16. Ng WK, Wang Y. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. *Aquaculture*. 2011; 314(1-4):122-131.
 17. Turchini GM, Torstensen BE, Ng WK. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Aquaculture*. 2009;1:10-57.
 18. Brasil. Ministério da Saúde. Resolução RDC n. 482, de 23 de setembro de 1999. Aprova o Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 13 out 1999, Seção 1, n. 196-E, p. 82-87.
 19. Martino RC, Cyrino JEP, Portz L, Trugo LC. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture*. 2002b;209:233-46.
 20. Lovshin LL. Tilapia aquaculture in Brazil. In: Costa-Pierce BA, Rakocy JE. Tilapia aquaculture in the Americas. *Aquaculture*. 2000;2:133-140.
 21. Tonial IB, Bravo CEC, Souza NE, Matsushita M, Furuya WM, Visentainer JV. Nutritional quality of lipids tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with supplemented diets with soybean oil. *Alim Nutr*. 2011;22(1):103-112.
 22. Aiura FS, Carvalho MRB. Fatty acid composition and filet yield of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with diets containing tannin. *RPCV*. 2004; 99(550):93-98.
 23. Association of Official Analytical (AOAC). Official method of analysis. 16. ed. Arlington: Chemists Inc; 1997.
 24. Silva PHF, Carvalho MCL. Determinação de nitrogênio em leite pelo método de Kjeldahl. *Rev Inst Latic Cândido Tostes*. 1993;48:30-6.
 25. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem*. 1959;31:911-17.
 26. Joseph JD, Ackman RG. Capillary column gas chromatography method for analysis of encapsulated fish oil and fish oil ethyl esters: collaborative study. *J AOAC Int*. 1992;75:488-06.
 27. Ackman RG. Nutritional composition of fats in seafoods. *Food Nut Sci*. 1989;13:161-241.
 28. Vila Nova CMVM, Godoy HT, Aldrigue, ML. Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (*Lutjanus purpureus*). *Cienc Tecnol Aliment*. 2005;25(3):430-36.
 29. Maia EL, Rodriguez-Amaya DB. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. *Elsevier Sci*. 1992;633-42.
 30. Maia EL, Rodriguez-Amaya DB, Hotta LK. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian *Piaractus mesopotamicus*. *Int J Food Sci Technol*. 1995;30:591-97.
 31. Gaiotto JB, Menten, JFM, Racanicci AMC, Iafigliola MC. Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações de frangos de corte. *Rev Bras Cienc Avic*. 2000;2(3):219-27.
 32. Sanibal EAA, Mancini Filho J. Perfil de ácidos graxos *trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. *Cienc Tecnol Aliment*. 2004;24(1):27-31.
 33. Huang CH, Huang MC, Lee AC. Characteristics of lipid peroxidation in sarcoplasmicreticulum of tilapia. *Food Sci*. 1998;25:104-108.
 34. Lima MF, Henriques CA, Santos FD, Andrade PMM, Carmo MGT. Omega 3 fatty acid (DHA: 22:6 n-3) and neonatal development: aspects related to its essentiality and supplementation. *Rev Soc Bras Aliment Nutr*. 2004;28:65-77.
 35. Von Schacky C. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Lipid metabolism and therapy*. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2007;10(2):129-35.
 36. Report on Health and Social Subjects. Department of Health. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Londres. 1994;46:37-46.
 37. Mahfouz MM, Kummerow FA. Hydrogenated fat high in trans monoenes with an adequate level of linoleic acid has no effect on prostaglandin synthesis in rats. *J Nutr*. 1999;129:15-24.