

PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE PÓS-LARVAS DE CAMARÃO DA MALÁSIA (*Macrobrachium rosenbergii*) ALIMENTADOS COM DIETAS COM SEMENTE DE LINHACA E SUB-PRODUTO DE TOMATE

Wilson Massamitu FURUYA ¹; Lilian Dena dos SANTOS ²; Priscila Juliana Pinsetta SALES ³; Lilian Carolina Rosa da SILVA ²; Tarcila Souza de Castro SILVA ²; Makoto MATSUSHITA ⁴

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e a composição de ácidos graxos de pós-larvas de camarão da Malásia alimentados com dietas, contendo semente de linhaça e/ou farelo de resíduo de tomate. Foram utilizados 480 camarões ($1,08 \pm 0,05$ g) distribuídos em 16 tanques-rede ($0,12\text{m}^3$ cada), mantidos em quatro caixas de fibrocimento de 1000 L. Foram avaliadas rações com 40% de proteína bruta e 4200 kcal de energia digestível/kg de dieta, sem, com 15% de semente de linhaça, 15 % de farelo de resíduo de tomate e 7,5% de semente de linhaça mais 7,5% de farelo de resíduo de tomate. Ao final do experimento todos os camarões foram utilizados para avaliação das variáveis de desempenho e composição de ácidos graxos. Não foram observadas diferenças sobre as variáveis de desempenho. Nos camarões alimentados com as dietas-teste foi observada diminuição do ácido linoléico, da somatória dos n-6 e da razão n-6/n-3. No tratamento com semente de linhaça foi observado aumento da somatória dos n-3 corporal dos camarões. Com a inclusão de semente de linhaça nas dietas, comprovou-se a incorporação do ácido graxo linolênico no músculo do camarão, em sua forma primária sem sofrer ações enzimáticas para formação do EPA ou DHA. Conclui-se que a utilização de semente de linhaça e farelo de resíduo de tomate não alteram o desempenho em camarões, mas melhoram a razão n-6/n-3 e o perfil de ácidos graxos para consumo humano.

Palavras-chave: crescimento, composição corporal, lipídios

FATTY ACIDS PROFILE OF MALAYSIAN PRAWNS (*Macrobrachium rosenbergii*) POST LARVAE FEED DIETS WITH LINSEED AND TOMATO BY-PRODUCT MEAL

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the performance and fatty acids composition of Malaysian prawn fed diets without and with linseed and/or tomato by-product meal. Four hundred and eighty prawn (1.08 ± 0.05 g) were distributed in 16 net tanks (0.12 m^3 each) into four tanks with 1000 L each. Diets with 40% of crude protein and 3700 kcal of digestible energy/kg of diet, without, with 15% of linseed, 15% of tomato by-product meal and 7.5% of linseed and 7.5% of tomato by-product meal were evaluated. At the end of the experiment all prawns were used for performance determination and body fatty acids composition. No difference on performance was observed. It was observed a reduction in linoleic acid, n-6 sum and relation n-6/n-3 in the prawn body composition fed test diets. It was observed an increase in the n-3 sum in the body composition of prawn fed diet with linseed meal. It was demonstrated that the linolenic acid originated from linseed meal is incorporated in the prawn muscle in primary form without enzymatic modifications for EPA and DHA formation. It was concluded that the linseed and tomato by-product utilization meal do not affect the prawn performance, but improve the n-6/n-3 relation and the fatty acids pattern in the prawns body for human consumption.

Keywords: growth, body composition, lipids

Artigo Científico: Recebido em 31/07/2007 - Aprovado em 10/01/2008

¹ Prof. Dr.; Depto. de Zootecnia-DZO, Universidade Estadual de Maringá,- UEM, Maringá-Pr, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá -PR. E-mail: wmfuruya@uem.br

² Programa de Pós-graduação em Zootecnia, UEM; 87020-900, Maringá-PR. E-mail: lilidena@yahoo.com.br

³ Zootecnista; DZO/UEM - E-mail: pripinsetta@yahoo.com.br

⁴ Prof. Dr., Departamento de Química - UEM, Maringá-PR. E-mail: mmakoto@uem.br

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões de água doce vem crescendo em todo o mundo. Entre as diversas espécies com potencial para criação comercial, destaca-se o camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), uma espécie onívora que apresenta carne de boa aceitação pelo consumidor. Estudos demonstram que camarões marinhos possuem maiores níveis de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) da série n-3 que camarões de água doce, os quais têm maiores níveis de n-6 (CHANMUGAM *et al.*, 1983). Os AGPI n-3 são precursores de compostos eicosanóides, envolvidos em vários processos metabólicos importantes para humanos (atividade cardiovascular).

Nos últimos anos a preocupação com a saúde e a busca por alimentos mais saudáveis vem aumentando, o que faz com que sejam pesquisadas novas formas de adicionarmos ácidos graxos insaturados (AGI) na alimentação humana.

Os animais aquáticos fornecem ácidos graxos de elevado valor metabólico, destacando-se os ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (AGPI n-3), alfa-linolênico (LNA, 18:3 n-3), eicosapentaenóico (EPA, 20:5 n-3) e docosahexaenóico (DHA, 22:6 n-3) (KIMURA *et al.*, 2001), que produzem no homem os eicosanóides, envolvidos em vários processos metabólicos de grande importância, destacando-se as funções antitrombócitas e antiinflamatórias (HAGLUND *et al.*, 1998).

A composição de ácidos graxos dos camarões é influenciada diretamente por sua alimentação. De forma geral, em peixes, as concentrações de AGPI variam de acordo com a espécie, sendo altamente refletida pela dieta consumida. Os estudos realizados no Brasil têm demonstrado que a carne de peixes oriundos de cativeiro possui menores teores de ômega-3, em relação aos peixes obtidos por meio de extrativismo (MOREIRA *et al.*, 2001). Por outro lado, VISENTAINER (2003) demonstrou que dietas com níveis elevados de ômega-3 resultam em peixes com maiores teores de AGPI n-3.

A semente de linho é produzida no Brasil e possui uma variação aproximada de 32 a 38% de óleo, denominado popularmente de óleo de linhaça, o qual apresenta em média elevados teores do ácido alfa-linolênico (44,6 a 51,5%) em percentagem relativa e constitui uma das maiores fontes do ácido LNA (CEOTTO, 2000; CARTER, 1993).

Já o tomate, por meio de processamento adequado, origina inúmeros produtos e subprodutos que

apresentam em sua composição níveis elevados do ácido graxo linoléico (18:2n-6) (COOK *et al.*, 2002). O subproduto de sua industrialização resulta em um alimento de bom valor nutritivo para a tilápia-do-Nilo (PINSETTA *et al.*, 2004), mas que ainda não foi avaliado em dietas para camarões.

O presente experimento foi realizado com o objetivo de determinar o perfil de ácidos graxos de pós-larvas de camarão da Malásia alimentados com dietas com semente de linhaça e sub-produto da indústria de tomate.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá no período de setembro a outubro de 2006, durante 49 dias.

Foram utilizados 480 camarões ($1,08 \pm 0,05$ g), distribuídos em 16 tanques-rede ($0,12 \text{ m}^3$ cada), os quais foram distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, sendo utilizadas quatro caixas de fibrocimento de 1000 L cada, sendo que em cada caixa foi mantida uma unidade experimental de cada tratamento.

Foram mantidos valores médios de $27 \pm 1^\circ\text{C}$; $6 \pm 0,5 \text{ mg/L}$; $8 \pm 0,1$; $23 \pm 3 \mu\text{Sm/cm}$, para temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade da água dos tanques, respectivamente. O oxigênio foi mantido através de pedra porosa acoplada a soprador individual em cada tanque-rede, enquanto a temperatura, por meio de aquecedores com termostato.

Todos os camarões foram pesados no início e final do experimento para análise de desempenho. Ao final do experimento todos os camarões foram abatidos em gelo:água (1:1). Foram avaliados os parâmetros de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça, sobrevivência e composição de ácidos graxos. Para posterior análise de ácidos graxos, foi retirada a cabeça e a carapaça, sendo a carcaça armazenada à -24°C . As amostras, de cada unidade experimental, foram trituradas em liquidificador, até obter-se uma polpa homogênea. Alíquotas desta polpa foram utilizadas para extração e quantificação dos lipídios totais, pelo método de BLIGH e DYER (1959).

Na realização da transesterificação, os lipídios foram submetidos aos processos de metilação, conforme método 5509 da ISO (1978). Os ésteres de ácidos graxos foram analisados através do

cromatógrafo gasoso Varian, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP - 7420, coluna capilar (100 m de comprimento e 0,25 mm e 0,39 µm de diâmetro interno).

Foi programada temperatura da coluna de 165 °C por 18 minutos, 180°C (30°C/min) por 22 min e 240°C (15°C/min) por 20,50 min, utilizando uma pressão de 45 psi. Os fluxos dos gases ultra-puros (White Martins), foram de 1,4 mL/min para o gás de arraste (H₂); e 30 mL/min para o gás auxiliar (make-up) (N₂), 30 e 300 mL/min para os gases da chama, H₂ e ar sintético, respectivamente. A razão de divisão (split) da amostra foi de 1:100. As áreas dos picos foram determinadas por meio do Integrador CG-300

(Instrumentos Científicos CG) e a identificação dos picos foi feita por comparação dos tempos de retenção com os de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma, EUA).

Foram utilizadas dietas com aproximadamente 40% de proteína bruta e 4200 kcal de energia digestível/kg de dieta, sendo as dietas, controle (milho, soja, trigo farinha de peixe), dieta contendo semente de linhaça, dieta contendo farelo de resíduo de tomate e dieta contendo semente de linhaça mais farelo de resíduo de tomate. O milho foi substituído totalmente por semente de linhaça e farelo de resíduo de tomate, e na dieta contendo os dois produtos a substituição foi na proporção de 7,5% do milho para cada produto (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas

Ingredientes	Tratamento			
	Controle	Linhaça	Tomate	Tomate + Linhaça
Milho	15,00	0,00	0,00	0,00
Farelo de tomate	0,00	0,00	15,00	7,50
Semente de linhaça	0,00	15,00	0,00	7,50
Óleo de soja	4,00	0,00	0,00	0,00
Trigo integral	4,00	5,00	5,00	5,00
Farelo de soja	31,28	32,28	32,28	32,28
Farinha de peixe	43,00	45,00	45,00	45,00
Gordura Suína	2,00	2,00	2,00	2,00
Vitamina C ¹	0,10	0,10	0,10	0,10
Supl. Min. e vit. ²	0,20	0,20	0,20	0,20
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10
Alginato de sódio ³	0,30	0,30	0,30	0,30
BHT ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Matéria seca (%) ⁵	90,42	91,02	91,58	91,30
Energia bruta (kcal/kg) ⁵	4346,94	4332	4220	4257
Proteína bruta (%) ⁵	39,49	42,92	42,60	42,76
Fibra bruta (%)	2,54	4,43	7,15	5,79
FDN	6,62	9,28	12,36	10,82
FDA	3,40	5,30	8,95	7,14
Extrato etéreo (%) ⁵	10,20	11,29	8,06	9,68
Cálcio (%) ⁵	2,71	2,86	2,85	2,86
Fósforo total (%) ⁵	1,60	2,02	2,00	2,00

¹Vitamina C : (42% de ácido ascórbico)

²Suplemento mineral e vitamínico (Supremais): composição por kg: Vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. fólico = 1.200 mg; pantotenato de Ca = 12.000 mg; vitamina C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg;

³Butil Hidroxi Tolueno.

⁴Alginato - aglutinante.

⁵Valores determinados no Laboratório de Análises de Alimentos -DZO/UEM.

Foi utilizado resíduo de tomate proveniente de indústria alimentícia. Outra fonte de energia e nutrientes foi de semente de linhaça moída. Cada ração foi homogeneizada e peletizada no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá. Após, foram desidratadas em estufa de ventilação forçada (55°C) durante 12 horas. Em seguida, foram desintegradas e peneiradas em peneira gravimétrica, selecionando-se os grânulos com diâmetro ≤ 1 mm. Foram armazenados em geladeira a 5°C.

As rações foram fornecidas de forma manual até atender o consumo voluntário, três vezes/dia, às 8:00; 12:00 e 17:00 horas.

As análises químicas das rações foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá-UEM de acordo com a metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2002). As análises de perfil de ácidos graxos foram realizadas no laboratório de alimentos do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá.

Os dados foram submetidos à análise de variância

e em caso de diferenças ($P < 0,05$), foram comparadas pelo teste de Tukey por meio do programa SAEG (UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontra-se a composição de ácidos graxos do farelo de tomate e semente de linhaça. Foi observada elevada proporção de ácido linoléico (18:2n-6) e baixa concentração de ácido linolênico (18:3n-3) no farelo de resíduo de tomate, enquanto na semente de linhaça foi determinado elevado teor de ácido linolênico e baixo conteúdo de ácido linoléico e, isto também se refletiu na relação n-6/n-3, assim como na relação AGPI/AGS.

Comparando a ração teste com linhaça em relação à ração referência, verificou-se o aumento significativo ($P < 0,05$) dos ácidos graxos: 16:1n-5, 18:0, 18:3n-3 (linolênico) e da somatória dos ácidos graxos da série n-3. Observou-se ainda a diminuição dos ácidos graxos: 18:2n-6 (linoleico), 20:4n-6 (araquidônico), das somatórias dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e n-6, bem como da razão n-6/n-3.

Tabela 2. Composição de ácidos graxos (g/100g de lipídios), somatórias e razões entre grupos de ácidos graxos nos lipídios totais dos ingredientes avaliados.

Ácidos Graxos (g/100 lipídios)	Farelo de tomate	Semente de linhaça
14:0	0,11 \pm 0,00	-
14:1n-7	-	-
16:0	7,74 \pm 0,26	6,29 \pm 0,04
16:1n-7	-	-
16:1n-5	-	-
18:0	3,30 \pm 0,24	4,55 \pm 0,02
18:1n-9	24,08 \pm 0,46	19,40 \pm 0,05
18:1n-7	0,44 \pm 0,07	0,46 \pm 0,07
18:2n-6	60,16 \pm 0,58	12,41 \pm 0,04
18:3n-3	3,48 \pm 0,47	55,54 \pm 0,24
18:4n-3	-	-
20:4n-6	-	-
20:3n-3	-	-
20:5n-3	-	-
22:4n-6	0,48 \pm 0,00	-
22:5n-6	0,22 \pm 0,00	-
22:5n-3	-	-
22:6n-3	-	-
Soma e Razão		
AGPI	63,86 \pm 0,12	67,95 \pm 0,07
AGMI	24,52 \pm 0,38	19,86 \pm 0,02
AGS	11,15 \pm 0,21	10,84 \pm 0,02
n-6	60,86 \pm 0,59	12,41 \pm 0,04
n-3	3,48 \pm 0,47	55,55 \pm 0,24
AGPI/AGS	2,02 \pm 0,01	6,40 \pm 0,02
n-6/n-3	17,69 \pm 2,57	0,22 \pm 0,00

AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados; n-6 (ω -6); n-3 (ω -3). As razões são entre soma de n-6/n-3 e ácidos graxos poliinsaturados e saturados (AGPI/AGS).

Na Tabela 3 encontram-se os valores de composição de ácidos graxos, somatórias e razões entre grupos de ácidos graxos nos lipídios totais das dietas utilizadas.

Comparando a ração referência com a ração teste com tomate, houve aumento dos ácidos graxos: 16:1n-5, 18:0, 18:1n-7 (vacênico) e diminuição de: 18:2n-6, da somatória da série n-6, e da razão n-6/n-3.

Na Tabela 4 encontram-se os valores de desempenho de pós-larvas de camarões da Malásia alimentados com as dietas experimentais.

Foi observada mortalidade durante o período experimental, sendo considerado normal devido a alta dominância entre camarões *Macrobrachium rosenbergii*.

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) de consumo de ração, ganho de peso e peso final dos camarões, que apresentaram peso final médio de $1,87 \pm 0,27$ g. Também não foi observada alteração na coloração dos camarões quando alimentados com farinha de resíduo de tomate.

Tabela 3. Composição de ácidos graxos (g/100g de lipídios), somatórias e razões entre grupos de ácidos graxos nos lipídios totais das dietas utilizadas.

Ácidos Graxos (g/100 lipídios)	Tratamento			
	Controle	Linhaça	Tomate	Tomate + Linhaça
14:0	1,66 ± 0,02	1,61 ± 0,02	2,14 ± 0,02	1,86 ± 0,01
14:1n-7	0,30 ± 0,01	0,31 ± 0,00	0,39 ± 0,01	0,34 ± 0,00
16:0	18,88 ± 0,15	16,64 ± 0,07	21,29 ± 0,05	18,69 ± 0,050
16:1n-7	4,09 ± 0,02	4,14 ± 0,03	5,37 ± 0,04	4,65 ± 0,02
16:1n-5	0,51 ± 0,0	0,57 ± 0,03	0,52 ± 0,17	0,52 ± 0,09
18:0	6,44 ± 0,00	7,22 ± 0,07	7,86 ± 0,04	7,55 ± 0,13
18:1n-9	24,99 ± 0,31	23,99 ± 0,23	23,78 ± 0,19	23,37 ± 0,17
18:1n-7	1,98 ± 0,07	1,50 ± 0,32	2,30 ± 0,08	2,24 ± 0,30
18:2n-6	27,85 ± 0,12	12,04 ± 0,12	21,56 ± 0,69	15,88 ± 0,56
18:3n-3	1,75 ± 0,01	21,04 ± 0,408	1,28 ± 0,28	12,75 ± 0,57
18:4n-3	0,72 ± 0,00	0,72 ± 0,01	0,91 ± 0,04	0,79 ± 0,03
20:4n-6	0,72 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,81 ± 0,03	0,71 ± 0,01
20:3n-3	0,99 ± 0,045	0,98 ± 0,02	1,25 ± 0,02	1,18 ± 0,02
20:5n-3	2,35 ± 0,09	2,23 ± 0,02	2,69 ± 0,04	2,51 ± 0,07
22:4n-6	0,506 ± 0,00	0,46 ± 0,00	0,55 ± 0,01	0,49 ± 0,01
22:5n-6	0,55 ± 0,00	0,54 ± 0,03	0,67 ± 0,01	0,54 ± 0,04
22:5n-3	1,39 ± 0,00	1,36 ± 0,03	1,65 ± 0,03	1,50 ± 0,03
22:6n-3	4,35 ± 0,01	3,99 ± 0,17	4,99 ± 0,04	4,42 ± 0,02
Somatórias e Razões ¹				
AGPI	41,16 ± 0,05	44,02 ± 0,24	36,36 ± 0,22	40,77 ± 0,11
AGMI	31,86 ± 0,21	30,51 ± 0,09	32,36 ± 0,11	31,13 ± 0,02
AGS	47,73 ± 0,13	44,48 ± 0,16	49,77 ± 0,08	46,29 ± 0,27
n-6	29,62 ± 0,12	13,69 ± 0,08	23,58 ± 0,66	17,62 ± 0,62
n-3	11,54 ± 0,16	30,32 ± 0,16	12,77 ± 0,44	23,15 ± 0,51
AGPI/AGS	0,86 ± 0,00	0,99 ± 0,00	0,73 ± 0,01	0,88 ± 0,00
n-6/n-3	2,57 ± 0,05	0,45 ± 0,00	1,85 ± 0,12	0,76 ± 0,04

¹AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados; n-6 (ômega-6); n-3 (ômega-3). As razões são entre soma de n-6/n-3 e ácidos graxos poliinsaturados e saturados (AGPI/AGS).

Tabela 4. Desempenho de pós-larvas de camarões da Malásia alimentados com as dietas experimentais

Variável ¹	Tratamento			
	Controle	Linhaça	Tomate	Tomate + Linhaça
Peso inicial (g)	1,08 ± 0,05	1,10 ± 0,06	1,08 ± 0,06	1,08 ± 0,06
Peso final (g)	1,73 ± 0,07	1,77 ± 0,15	1,97 ± 0,45	1,85 ± 0,27
Ganho em peso (g)	0,65 ± 0,06	0,67 ± 0,14	0,89 ± 0,42	0,78 ± 0,30
Consumo (g/pós-larva)	3,94 ± 0,99	3,16 ± 0,19	3,22 ± 0,47	4,01 ± 1,31
Sobrevivência (%)	80,00 ± 15,87	90,00 ± 2,72	89,17 ± 13,44	75,00 ± 23,33

¹Médias, na mesma linha, seguidas de uma mesma letra, não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5 encontram-se os valores de ácidos graxos da carcaça de pós-larvas de camarão da Malásia. Na quantificação de lipídios totais também não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$), sendo o valor médio de lipídios totais encontrado no músculo do camarão da Malásia de $0,75 \pm 0,22$ g.

Na análise de perfil de ácidos graxos, foi encontrada nos camarões alimentados com ração referência, predominância dos ácidos graxos: palmítico - 16:0, o oléico - 18:1n-9, linoleico- 18:2 n-6, o esteárico- 18:0, o EPAe o DHA (Tabela 3). Com a substituição do milho pela linhaça, tomate ou ambos foi verificada mudança significativa na composição de ácidos graxos no músculo dos camarões da Malásia.

Quando fornecido aos camarões a ração teste com linhaça e tomate, em relação à ração referência observou aumento dos ácidos graxos: 16:1n-5, 18:0, 18:3n-3, 20:3n-3 (Ácido di-homo-(a-)linolênico), 22:6n-3 e de AGPI e n-3. E houve diminuição de: 14:1n-7, 16:0, 16:1n-7, 18:1n-9, 18:2n-6 e AGMI, n-6 e n6/n-3.

Camarões alimentados com linhaça, apresentaram valores inferiores do 16:1n-5, 18:2n-6 e 20:3n-3, AGS, n-6 e n-6/n-3 e valores superiores de 18:3n-3 e n-3 comparado aos alimentados com tomate. Os alimentados com linhaça comparados aos alimentados com linhaça e tomate obtiveram maiores valores de 18:1n-9, 18:3n-3 e AGMI e valores inferiores de 18:2n-6, n-6 e n-6/n-3.

Tabela 5. Composição de ácidos graxos (g/100g de lipídios) corporal, somatórias e razões entre grupos de ácidos graxos nos lipídios totais de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*)

Ácidos Graxos (g/100 lipídios)*	Tratamento			
	Controle	Linhaça	Tomate	Tomate + Linhaça
14:0	1,24 ± 0,19	0,84 ± 0,21	1,10 ± 0,13	0,65 ± 0,06
14:1n-7	0,30 ± 0,02 ^{ab}	0,31 ± 0,03 ^{ab}	0,39 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,01 ^b
16:0	25,27 ± 1,32 ^{ab}	23,85 ± 2,37 ^{ab}	26,96 ± 0,89 ^a	23,13 ± 1,26 ^b
16:1n-7	1,83 ± 0,05 ^a	1,34 ± 0,13 ^{ab}	1,78 ± 0,34 ^a	1,28 ± 0,14 ^b
16:1n-5	0,71 ± 0,02 ^c	0,87 ± 0,03 ^b	0,95 ± 0,02 ^a	0,89 ± 0,02 ^b
18:0	10,99 ± 0,10 ^b	12,82 ± 0,02 ^a	13,06 ± 0,23 ^a	12,97 ± 0,19 ^a
18:1n-9	18,86 ± 0,99 ^a	17,49 ± 0,31 ^a	16,42 ± 1,69 ^{ab}	16,69 ± 0,02 ^b
18:1n-7	3,35 ± 0,02 ^b	3,55 ± 0,01 ^{ab}	3,624 ± 0,02 ^a	3,68 ± 0,07 ^{ab}
18:2n-6	16,03 ± 0,11 ^a	8,07 ± 0,07 ^d	11,81 ± 0,15 ^b	10,06 ± 0,25 ^c
18:3n-3	1,16 ± 0,19 ^c	5,87 ± 0,18 ^a	1,06 ± 0,24 ^c	3,71 ± 0,18 ^b
18:4n-3	0,49 ± 0,04	0,46 ± 0,06	0,43 ± 0,05	0,42 ± 0,03
20:4n-6	0,72 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,00 ^b	0,69 ± 0,03 ^a	1,35 ± 0,81 ^{ab}
20:3n-3	3,83 ± 0,307 ^b	5,24 ± 0,43 ^{ab}	4,52 ± 0,31 ^b	5,51 ± 0,12 ^a
20:5n-3	9,39 ± 1,15	11,20 ± 1,06	9,89 ± 1,21	11,22 ± 0,79
22:4n-6	0,42 ± 0,05	0,48 ± 0,027	0,44 ± 0,09	0,48 ± 0,14
22:5n-6	0,514 ± 0,03	0,58 ± 0,06	0,55 ± 0,11	0,64 ± 0,13
22:5n-3	0,805 ± 0,07	0,96 ± 0,08	0,95 ± 0,14	1,062 ± 0,15
22:6n-3	4,11 ± 0,75 ^b	5,47 ± 0,64 ^{ab}	5,39 ± 1,07 ^{ab}	6,00 ± 0,48 ^a
Somatórias e Razões (<i>Sum and ratios</i>)				
AGPI	37,46 ± 1,10 ^b	38,94 ± 2,47 ^{ab}	35,73 ± 3,28 ^{ab}	40,44 ± 1,22 ^a
AGMI	25,05 ± 0,05 ^a	23,56 ± 0,12 ^b	23,16 ± 2,04 ^{abc}	22,82 ± 0,08 ^c
AGS	47,17 ± 1,10 ^{ab}	44,31 ± 2,24 ^{ab}	46,761 ± 2,56 ^a	42,69 ± 1,19 ^b
n-6	17,68 ± 0,03 ^a	9,73 ± 0,02 ^c	13,48 ± 0,38 ^b	12,52 ± 0,30 ^d
n-3	19,78 ± 1,35 ^b	29,20 ± 2,45 ^a	22,24 ± 2,91 ^b	27,92 ± 1,52 ^a
AGPI/AGS	0,79 ± 0,04 ^{ab}	0,88 ± 0,10 ^{ab}	0,77 ± 0,11 ^b	0,95 ± 0,06 ^a
n-6/n-3	0,89 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,03 ^d	0,61 ± 0,06 ^b	0,45 ± 0,04 ^c

¹AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados; n-6 (ômega-6); n-3 (ômega-3). As razões são entre soma de n-6/n-3 e ácidos graxos poliinsaturados e saturados (AGPI/AGS).
*Médias, na mesma linha, seguidas de uma mesma letra, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

Animais alimentados com tomate comparado aos alimentados com tomate e linhaça apresentaram aumento de 14:1n-7, 16:0, 16:1n-7, 16:1n-5, 18:2n-6, AGS, n-6, e n-6/n-3. E valores inferiores de 18:3n-3, 20:3n-3, n-3 e da razão AGPI/AGS.

Com base nos resultados encontrados pode-se verificar que o fornecimento de linhaça aumenta significativamente os níveis de n-3 no músculo de camarões da Malásia, principalmente do ácido 18:3n-3, que é a forma presente na semente de linho. Assim, com a observação do acúmulo do próprio ácido graxo presente na semente fornecida na ração, foi possível considerar que os camarões dessa espécie não têm alta capacidade de alongar e dessaturar a cadeia dos ácidos graxos da família n-3 para a formação dos ácidos graxos altamente poliinsaturados (AGAPI) os quais são as formas ativas da série.

CHANMUGAM *et al.* (1983) analisaram a composição lipídica de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) e camarão marinho (*Penaeus aztecus*). Constataram a predominância de ácidos graxos polinsaturados ômega seis (n-6) nos camarões de água doce e polinsaturados ômega três (n-3) nos marinhos. SHAHIDI e SYNOWIECKI (1991) relataram que os lipídios dos resíduos de camarão (*Pandalus borealis*) são constituídos principalmente pelos ácidos graxos insaturados.

FREITAS *et al.* (2002), trabalhando com camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) encontraram como ácidos graxos saturados principais o palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), que somam 26,30% dos lipídios totais. REDDY *et al.* (1981) relataram em trabalho com camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*), que dentre os ácidos graxos saturados encontrados no crustáceo o palmítico destacou-se pela quantidade presente (53,98 mg/100 g).

Os benefícios na saúde cardiovascular derivados dos AGPI n-3, podem ser obtidos por meio de uma alimentação equilibrada, que proporcione uma relação adequada de AGPI n-6 e n-3 e uma quantidade suficiente de AGPI n-3 (0,8 a 0,9 g/dia para uma dieta de 2000 kcal) (SIMOPOULOS *et al.*, 1999).

As quantidades de ácidos graxos e as razões entre os ácidos graxos das famílias n-6 e n-3, ingeridas atualmente pelo homem, são difíceis de serem analisadas, pois dependem da fisiologia, disponibilidade de alimento e dieta de cada indivíduo. No entanto, alguns autores mostram as tendências destas quantidades, e sugerem os níveis

ideais de uma dieta, embora ainda não tenham sido estabelecidas definitivamente as necessidades quantitativas e qualitativas para essas duas famílias de ácidos graxos. Em trabalho recente, SIMOPOULOS *et al.* (1999) afirma que, nas dietas ocidentais, a razão n-6/n-3 é de aproximadamente 20 a 30:1, valores muito elevados com relação aqueles considerados ideais de 1 a 2:1. SUGANO e HIRAHARA (2000) citaram as recomendações da razão n-6/n-3 de várias organizações e estes valores variaram de 4 a 10:1. Enquanto, o DEPARTMENT OF HEALTH (1994), da Inglaterra, recomenda que o valor da razão n-6/n-3 seja de no máximo 4.

A razão da somatória de ácidos graxos poliinsaturados/ácidos graxos saturados (AGPI/AGS) na ingestão humana também tem sido avaliada. O DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY da Inglaterra, *apud* ENSER *et al.* (1996), descreve que a razão de AGPI/AGS inferior a 0,45 constitui uma dieta pouco saudável, especialmente em relação às doenças cardiovasculares. A razão AGPI/AGS foi avaliada na alimentação dos japoneses por SUGANO e HIRAHARA (2000), que mostraram que esta razão variou nos últimos anos, com valores que aumentaram de 0,8 a 1,2:1; e que este aumento não se deve apenas à ingestão de peixes e mariscos, mas também ao aumento na ingestão de óleos vegetais.

Devido ao aumento da quantidade de AGPI n-6 na dieta humana, diversas revisões (SIMOPOULOS *et al.*, 1999; UAUY e VALENZUELA, 2000) vêm relatando que, os produtos metabólicos de eicosanóides, produzidos a partir do ácido araquidônico (20:4n-6) (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos), são formados em quantidades maiores do que aqueles produzidos a partir da família n-3, especificamente a partir do ácido EPA. Os eicosanóides do ácido araquidônico são biologicamente ativos em pequena quantidade e, caso sejam formados em grandes quantidades, contribuem para a formação de trombose e desordens alérgicas e inflamatórias, além de proliferações de células., sendo também que quanto maior a família de n-6 mais inibida será a família n-3, já que elas competem entre si.

CONCLUSÃO

A adição de semente de linhaça e farelo de resíduo de tomate melhora a razão n-6/n-3, aumentando os níveis de n-3 no músculo melhorando assim sua qualidade nutricional. Entretanto não há melhora no desempenho produtivo de camarões da Malásia.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr., Wagner Cotroni Valenti, do CAUNESP/UNESP/Jaboticabal, pela doação das pós-larvas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLIGH, E.G. and DYER, W.J. 1959 A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, Ont., 37: 911- 917.
- CARTER, J. F. 1993 Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. *Cereal Food World*, Saint Paul, 38: 753-759.
- CEOTTO, B.; ZACHÉ, J. 2000 O que é que a linhaça tem. *Revista Saúde! É Vital!*, São Paulo, n. 196: 36-41.
- CHANMUGAM, P.; DONOVAM, J.; WHEELER, C.J.; HWANG, D.H. 1983 Differences in the lipid composition of fresh water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and marine shrimp. *Journal of Food Science*, Chicago, 48, n. 5: 1440- 1441.
- COOK, D.; GRIERSON, D.; JONES, C.; WALLACE, A.; WEST, G.; TUCKER, G. 2002 Modification of fatty acid composition in tomato (*Lycopersicon esculentum*) by expression of a borage delta 6-desaturase. *Molecular Biotechnology*, Totowa, 21, n.2: 123-128.
- DEPARTMENT OF HEALTH. 1994 Report on Health and Social Subjects n° 46. *Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease*. HMSO, London, 178p.
- ENSER, M.; HALLET, K.G.; HEWITT, B.; FURSEY, G.A.J.; WOOD, J.D. 1996 Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, UK, 42: 443-456
- EUCLYDES, R.F. 1997 *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatística e genética)*. Viçosa: UFV, 59p.
- FREITAS, A.S.; BORGES, J.T.S.; COSTA, R.K.; CORNEJO, F.E.P.; WILBERG, V.C. 2002 Teores de lipídios totais, ácidos graxos e colesterol Em resíduos desidratados de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*, Heller 1862) capturado no estado do Rio de janeiro. *Boletim do CEPPA*, Curitiba, 20, n. 2: jul./dez: 355-362.
- HAGLUND, O.; WALLIN, R.; WRETTLING, S.; HULTBERG, B.; SALDEEN, T. 1998 Effects of fish oil alone and combined with long chain (n-6) fatty acids on some coronary risk factors in male subjects – Their place in evolution of human brain. *Journal of Nutrition and Biochemistry*, Lexington, 9, n.11: 629-635.
- ISO. 1978 *International Organization for Standardization. Animal and Vegetable Fats and Oils – Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids*. Geneve: ISO. Method ISO 5509, p.1-6.
- KIMURA, Y.; TAKAKU, T.; NAKAJIMA, S.; HIROMICHI, O. 2001 Effects of carp and tuna oils on 5-fluorouracil-induced antitumor activity and side effects in sarcoma 180-bearing mice. *Lipids*, 36, n, 4: 353-359.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. 2001 Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. *Journal of Food Composition and Analysis*, Roma, 14: 565-574.
- PINSETTA, P.J.; FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, T.S.C.; SILVA, L.C.R.; BOTARO, D. 2004 Valor nutritivo dos farelos do subproduto industrial do tomate (*Lycopersicum esculentum*) e do tomate (*Psidium guajava*) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DA ZOOTECNIA, 41.^a, Campo Grande, 2004 *Anais...* Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia-SBZ. 1CD-ROM.
- REDDY, S.K.; NIP, W.K.; TANG, C.S. 1981 Changes in fatty acids and sensory quality of fresh water praw *Macrobrachium rosenbergii* stored under frozen conditions. *Journal of Food Science*, Chicago, 46, n.2: 353-356.
- SHAHIDI, F.; SYNOWIECKI, J. 1991. Isolation and Characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, Columbus, 39, n. 8: 1527-1532.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235p.
- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. 1999 Essentiality and recommended dietary intakes

for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Annals of Nutrition and Metabolism*, Basel, 43: 127-30.

SUGANO, M.; HIRAHARA, F. 2000 Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Japan. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Davis, 71 (suppl.): 189S-96S.

UAUY, R.; VALENZUELA, A. 2000 Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition*, Burbank, 16: 680-684.

VISENTAINER, J.V. 2003 *Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (Oreochromis niloticus), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça*. Campinas. 184p. (Tese de Doutorado em Ciências de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP).