

Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Karin Cristiane Justi¹, Roseli das Graças Padre¹, Carmino Hayashi², Claudemir Martins Soares², Jesuí Vergílio Visentainer¹, Nilson Evelázio de Souza¹ e Makoto Matsushita^{1*}

¹Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. *Autor para correspondência. e-mail: mmatsushita@uem.br

RESUMO. Neste estudo foram analisados o perfil em ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), submetidos a dietas enriquecidas com óleo de linhaça a diferentes temperaturas (23, 26, 29 e 32°C). Tilápias em fase inicial de desenvolvimento não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em sua composição físico-química e lipídica, nas diferentes temperaturas estudadas. O perfil de ácidos graxos, analisados por cromatografia gasosa equipada com coluna capilar, mostrou aproximadamente 15% de ácidos graxos n-3 com valores em torno de 0,12 a 0,18% para o ácido eicosapentaenóico (EPA) e de 1,21 a 2,10% para o ácido docosahexaenóico (DHA). Os resultados mostraram que a temperaturas mais baixas 23 e 26°C, as tilápias do Nilo cresceram menos que em temperaturas mais altas 29 e 32°C, mas a variação de temperatura entre 23 a 32°C não influenciou no perfil em ácidos graxos dos alevinos.

Palavras-chave: ácidos graxos, óleo de linhaça, *Oreochromis niloticus*, tilápia do Nilo, temperatura.

ABSTRACT. Effect of environmental temperature on fatty acids profile of *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia). In this study the fatty acid profile in tilapia *Oreochromis niloticus* alevins carcass, fed with enriched diets from flaxseed oil, was examined at different temperatures (23, 26, 29 and 32°C). Tilapia in its initial phase of development did not present differences ($P > 0.05$) on physical-chemical and lipids compositions, at the different temperatures studied. The fatty acids profile, analyzed by gas chromatography using a capillary column, showed approximately 15% of n-3 fatty acids, with values around 0.12 to 0.18% for the eicosapentaenoic acid (EPA), and from 1.21 to 2.10% for the docosahexaenoic acid (DHA). Results showed that at lower temperatures 23 and 26°C, Nile tilapia grows less than at higher temperatures around 29 and 32°C. Temperature variation from 23 to 32°C did not influence on fatty acids profile of the alevins.

Key words: fatty acid, flaxseed oil, *Oreochromis niloticus*, Nile tilapia, temperature.

Introdução

O consumo de peixes tem sido associado à baixa incidência de doenças cardiovasculares, devido ao seu teor de ácidos graxos n-3 (Méndez, 1996; Hu *et al.*, 1999; Siscovick *et al.*, 2000; Schacky, 2000). Estudos clínicos e epidemiológicos têm sugerido que populações que consomem peixe ou óleo de peixe regularmente estão protegidas contra doenças cardiovasculares (Ascherio *et al.*, 1995; Archer *et al.*, 1998; Simopoulos, 1999; Nestel, 2000). Os ácidos graxos docosahexaenóico (DHA) e eicosapentaenóico (EPA) possuem forte ação antiaritmica no coração e poderosa ação antitrombótica, principalmente porque estes ácidos são precursores diretos dos prostanóides, assim

como os eicosanóides (Simopoulos, 1991; Coelho *et al.*, 1999; Connor, 2000).

A tilápia do Nilo é a mais resistente entre as espécies cultivadas; quanto à alta temperatura, baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta concentração de amônia na água (Polpa e Phelps, 1998). As tilápias têm conforto térmico entre 27 e 32°C e temperaturas abaixo e acima destas, diminuem o apetite e também o crescimento (Kubitza, 2000). Em geral, quando ocorre um decréscimo na temperatura, haverá aumento no grau de insaturação dos ácidos graxos. Experimentos com animais mantidos em diferentes temperaturas indicaram que existe uma tendência em certas espécies para aumentar alguns ácidos graxos

polinsaturados. Nanton e Castell (1999) mostraram que existe uma relação direta entre o percentual de ácidos graxos saturados e a temperatura, devido principalmente à um decréscimo no teor do ácido palmítico (16:0). O percentual total de ácidos graxos polinsaturados foi maior a temperaturas menores, o que presumidamente é uma adaptação para manter constante o estado de fluido das membranas. O principal fator ambiental estabelecido como causador de mudanças na composição de ácidos graxos é a temperatura, de acordo com Patton (1975), que analisou espécies de peixes marinhos de superfície e de águas profundas.

Tocher e Sargent (1990) investigaram os efeitos da temperatura na incorporação de vários ácidos graxos polinsaturados (AGPI) nos fosfolípidios de células de peixe ou cultivo, em que um decréscimo na temperatura de cultura refletiu um aumento na incorporação dos AGPI nos lípidios totais. Saito et al. (1997) estudaram a relação entre um alto teor de DHA e o *habitat* do peixe, sugerindo que condições ambientais têm uma marcada influência no teor de DHA dos lípidios de peixes. Handeland et al. (2000) observaram mudanças significativas na composição em ácidos graxos de brânquias do Salmão do Atlântico (*Salmo salar*), incluindo decréscimo no teor de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e um correspondente aumento no teor de AGPI de cadeia longa, tais como, 20:4 n-6, 20:5 n-3 e 22:6 n-3.

O objetivo deste estudo foi investigar a influência de quatro diferentes temperaturas da água sobre a composição em ácidos graxos e o desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) da variedade Tailândesa.

Material e métodos

Amostragem

O experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. Foram utilizados 120 alevinos, com peso médio inicial médio de $0,88 \pm 0,02$ g, com 30 dias de idade, distribuídos em 24 aquários, com capacidade para 50-L de água, providos de aeração contínua com uma pedra porosa por aquário e renovação de 20,0% do volume de cada aquário por dia, sendo esta retirada diariamente através do sifonamento dos mesmos, em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (temperaturas de 23, 26, 29 e 32°C) e seis repetições (aquários). Foi

considerado como unidade experimental um aquário com 5 peixes. Esses aquários possuíam aquecedores com termostatos para manutenção das diferentes temperaturas. Durante 54 dias os alevinos receberam dieta (Tabela 1) enriquecida com ácidos graxos n-3, pela adição de óleo de linhaça. Após esse período, os alevinos, de cada unidade experimental, foram abatidos, armazenados em embalagens de polietileno (atmosfera de N₂) e congelados (-18°C) até o início das análises, quando foram descongelados, triturados e homogeneizados.

Tabela 1. Composição da dieta experimental*.

Ingredientes (%)	
Milho	16,93
Farelo de trigo	20,00
Farelo de soja	51,62
Bagaço de cana	1,28
Fosfato bicálcico	2,41
Calcário	1,74
Óleo de linhaça	3,75
Sal	0,50
Premix**	0,50
Antioxidante	0,02
Nutrientes	
Energia digestível (kcal/kg)	3100,00
Fósforo total (%)	1,05
Cálcio (%)	1,40
Fibra bruta (%)	6,00
Gordura (%)	6,77
Metionina + cistina (%)	0,96
Lisina (%)	1,64
Proteína bruta (%)	28,00

*Dados fornecidos pelo Laboratório de Aqüicultura do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. ** Suplemento vitamínico e mineral.

Análises químicas

Umidade e cinza foram determinadas gravimetricamente por aquecimento em estufa (105°C) e por incineração em mufla (600°C), respectivamente; proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl, de acordo com Cuniff (1998). Os lípidios totais foram extraídos pelo método de Bligh e Dyer (1959) e os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram preparados por metilação dos triacilgliceróis, como descrito no método 5509 da ISO (1978). Os EMAG foram analisados através de cromatógrafo gasoso 14-A (Shimadzu, Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (50 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 µm de Carbowax 20M). Os fluxos dos gases ultra-puros (White Martins), foram de 1,2 mL/min. para o gás de arraste (H₂); 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 da amostra (split) foi de 1:100. A temperatura da

coluna foi programada à uma taxa de 2°C/min., de 150°C até 240°C. As temperaturas do injetor e detector foram 220°C e 245°C, respectivamente. As áreas dos picos foram determinadas através do Integrador-Processador CG-300 (Instrumentos científicos CG) e a identificação dos picos foi realizada por comparação com os tempos de retenção de padrões (Sigma, EUA).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey, através do programa Statistica, versão 5.0 (StaTISTICA, 1995).

Resultados e discussão

Em relação ao desenvolvimento dos alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), as temperaturas maiores (29 e 32°C) proporcionaram os melhores resultados, ao contrário da temperatura de 23°C (Figura 1).

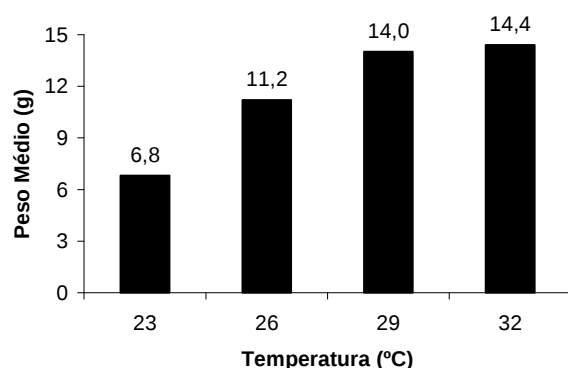


Figura 1. Desenvolvimento dos alevinos de tilápia do Nilo (após 54 dias) submetidos a diferentes temperaturas.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores da composição físico-química dos alevinos de tilápia do Nilo e da ração. Os resultados não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) para os parâmetros estudados. Em todas as temperaturas, os percentuais de umidade, cinza e proteína bruta encontrados ficaram próximos aos obtidos por vários autores. Souza *et al.* (2004), Visentainer (2003), Puwastien *et al.* (1999) e Souza (2003) obtiveram valores de 76,8%, 77,91%, 78,1% e 79,9%, respectivamente, para umidade. Justi *et al.* (2003), Souza *et al.* (2004) e Clement e Lovel (1994) encontraram valores de 1,36; 1,04; 2,3% para cinza, respectivamente, em filés de tilápia. Justi *et al.* (2003) e Izquierdo *et al.* (2000) obtiveram valores de 18,72 e 18,0% para proteína bruta, respectivamente. Ainda neste experimento

foram encontrados valores para o teor de lipídios totais próximos aos encontrados por Souza *et al.* (2004) de 2,3% e Izquierdo *et al.* (2000) de 2,2%.

Tabela 2. Composição físico-química dos alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes temperaturas e da ração utilizada¹.

Parâmetros	Temperaturas (°C)				Ração
	23	26	29	32	
Umidade (%)	77,31±1,05	78,46±0,81	77,36±0,61	77,66±0,82	10,11±0,94
Cinza (%)	2,21±0,26	1,88±0,23	2,01±0,16	1,96±0,17	6,64±0,23
Proteína (%)	18,38±0,56	17,92±0,43	18,01±0,52	17,72±0,50	31,87±0,25
Lipídios (%)	2,14±0,34	1,92±0,07	2,42±0,36	2,40±0,55	6,97±0,38

¹ Resultados expressos com médias de três replicatas. Valores em mesma linha não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Pela Tabela 3, pode-se observar a composição em ácidos graxos da ração utilizada no experimento. O total de ácidos graxos saturados (AGS) foi 15,39% sendo que o maior percentual foi encontrado para o ácido palmítico. Dentre os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), o ácido predominante foi o oléico (18:1 n-9) e o total de AGMI foi 28,75%. A Tabela 3 também mostra que os ácidos linoléico (18:2 n-6) e linolênico (18:3 n-3) foram os AGPI predominantes, enquanto o total de AGPI encontrado foi 55,86%. Os valores para as razões AGPI/AGS e n-6/n-3 foram 3,64 e 1,64, respectivamente.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos (AG) da ração utilizada em todas as temperaturas.

AG	Nome comum	Percentual
14:0	Ácido mirístico	0,28±0,07
16:0	Ácido palmítico	10,15±0,55
16:1n-7	Ácido palmitoléico	0,37±0,13
17:0	Ácido margárico	0,15±0,04
18:0	Ácido esteárico	4,71±0,32
18:1n-9	Ácido oléico	25,51±0,26
18:1n-7	Ácido vacênico	1,61±0,20
18:2 n-6	Ácido linoléico	34,40±2,15
18:3 n-3	Ácido linolênico	20,13±3,44
20:1n-11	Ácido gadolêico	0,40±0,02
20:1n-9	Ácido gondóico	0,42±0,02
20:5 n-3	Ácido eicosapentaenóico	0,20±0,11
22:1n-11	Ácido cetolêico	0,43±0,10
22:1n-9	Ácido erúico	0,45±0,06
22:5 n-3	Ácido docosapentaenóico	0,29±0,07
22:6 n-3	Ácido docosahexaenóico	0,38±0,10
AGPI	Total de AG poliinsaturados	55,86±1,14
AGMI	Total de AG monoinsaturados	28,75±0,26
AGS	Total de AG saturados	15,39±1,02
n-6	Total de AG ômega 6	34,40±2,15
n-3	Total de AG ômega 3	21,46±3,21
AGPI/AGS	-	3,64±0,31
n-6/n-3	-	1,64±0,34

Resultados expressos como percentual do total de ácidos graxos.

Na Tabela 4 consta a composição em ácidos graxos dos alevinos de tilápia do Nilo. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para o total de AGS, AGMI, AGPI, n-6 e n-3. Os percentuais observados para o total de AGS e de

AGPI foram inferiores e superiores, respectivamente, aos encontrados por Moreira et al. (2001), de 41,86% (AGS) e 7,19% (AGPI) para piraputanga (*Brycon microlepis*) e 35,60% (AGS) e 12,02% (AGPI) para piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Com relação aos AGMI, Méndez et al. (1996) observaram valores superiores para corvina branca (*Micropogonias furnieri*) e para “palometa” (*Parona signata*), 39,0% e 41,9%, respectivamente.

Os resultados obtidos neste experimento para o total de n-3 foram superiores aos encontrados para algumas espécies nativas de águas continentais. Andrade et al. (1995) encontraram: 6,34% para mandi (*Pimelodus maculatus*); 4,81%, para tilápia (*Oreochromis niloticus*); 4,28% para cascudo abacaxi (*Megaloancistrus aculeatus*); 3,60% para carpa (*Cyprinus carpio*); 2,43% para piapara (*Leporinus elongatus*) e 1,38% para pacu (*Colossoma mitrei*). Moreira et al. (2001) obtiveram valores inferiores para piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) 3,06% e para piraputanga (*Brycon microlepis*) 3,61%.

Os principais ácidos detectados foram: o palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico, em todas as temperaturas. Os níveis dos ácidos docosahexaenóico (DHA, 22:6 n-3) e eicosapentaenóico (EPA, 20:5 n-3), neste experimento estão em torno de 1,6% e 0,2%, respectivamente; teores semelhantes aos encontrados por Justi et al. (2004), de DHA (1,4%) e EPA (0,12%), para tilápia (*Oreochromis niloticus*). E valores mais distantes dos observados por Visentainer (2003) para tilápia (*Oreochromis niloticus*), de DHA (2,0%) e EPA (0,04%).

O Departamento de Saúde da Inglaterra (HMSO, 1994) recomenda o valor 4,0 como máximo para a razão n-6/n-3 e 0,45 como mínimo para AGPI/AGS. Portanto, pode-se verificar (Tabela 4) que em todas as temperaturas esta recomendação foi atendida, para a tilápia do Nilo.

Quando comparados com peixes marinhos, observa-se valores inferiores para EPA, DHA e total de n-3. Güner et al. (1998) encontraram para anchova (*Engraulis encrasicolus*) 9,97% (EPA), 17,76% (DHA) e 29,76% (total de n-3) e para “sea bream” (*Sparis alcedo*), 8,71% (EPA), 9,52% (DHA) e 21,55% (total de n-3). O total de n-3 encontrado por Andrade et al. (1996) foi 29,80% para sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e por Yusuf et al. (1993) para salmão (*Oncorhynchus keta*) foi 21,0%.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos (AG) dos alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes temperaturas.

AG	Temperaturas (°C)			
	23	26	29	32
14:0	1,03 ^{ab} ±0,33	0,73 ^a ±0,11	1,09 ^{ab} ±0,23	1,15 ^b ±0,23
15:0	0,18 ^a ±0,08	0,15 ^a ±0,03	0,15 ^a ±0,03	0,16 ^a ±0,04
16:0	0,22 ^a ±0,06	0,21 ^a ±0,02	0,22 ^a ±0,02	0,23 ^a ±0,02
16:0	15,59 ^{ab} ±1,34	14,76 ^a ±1,13	16,24 ^{ab} ±0,56	16,79 ^b ±0,99
16:1 n-9	0,44 ^a ±0,07	0,40 ^a ±0,06	0,41 ^a ±0,03	0,43 ^a ±0,03
16:1 n-7	1,71 ^a ±0,20	1,42 ^{ab} ±0,10	1,59 ^{ab} ±0,22	1,38 ^a ±0,23
16:1 n-5	0,29 ^a ±0,13	0,24 ^a ±0,04	0,21 ^a ±0,04	0,26 ^a ±0,04
17:0	0,40 ^a ±0,09	0,42 ^a ±0,05	0,39 ^a ±0,04	0,43 ^a ±0,06
17:0	0,44 ^a ±0,39	0,45 ^a ±0,16	0,31 ^a ±0,03	0,31 ^a ±0,02
17:1 n-9	0,16 ^a ±0,03	0,17 ^a ±0,04	0,14 ^a ±0,01	0,16 ^a ±0,02
18:0	6,94 ^a ±1,51	5,89 ^a ±0,30	6,23 ^a ±0,37	6,40 ^a ±0,46
18:1 n-9	26,60 ^a ±1,29	26,58 ^a ±0,51	26,83 ^a ±0,92	26,90 ^a ±1,24
18:1 n-7	2,53 ^a ±0,16	2,37 ^a ±0,08	2,38 ^a ±0,13	2,22 ^a ±0,18
18:2 n-6	22,05 ^a ±2,74	24,42 ^a ±1,31	22,88 ^a ±0,50	22,66 ^a ±0,84
18:3 n-6	0,59 ^a ±0,10	0,56 ^a ±0,04	0,59 ^a ±0,18	0,52 ^a ±0,10
18:3 n-3	9,33 ^a ±1,86	10,52 ^a ±0,34	10,42 ^a ±0,52	10,31 ^a ±0,88
18:4 n-3	0,20 ^a ±0,06	0,20 ^a ±0,04	0,20 ^a ±0,04	0,16 ^a ±0,04
20:1 n-11	0,33 ^a ±0,07	0,35 ^a ±0,07	0,29 ^a ±0,03	0,33 ^a ±0,04
20:1 n-9	1,04 ^a ±0,21	1,01 ^a ±0,09	0,93 ^a ±0,09	0,97 ^a ±0,07
20:3 n-9	1,34 ^a ±0,25	1,36 ^a ±0,09	1,25 ^a ±0,13	1,36 ^a ±0,05
21:0	0,87 ^a ±0,18	0,74 ^a ±0,08	0,70 ^a ±0,12	0,72 ^a ±0,09
20:4 n-6	0,98 ^a ±0,21	0,78 ^{ab} ±0,09	0,73 ^b ±0,14	0,62 ^a ±0,12
20:3 n-3	1,72 ^a ±0,27	2,06 ^{ab} ±0,22	1,92 ^{ab} ±0,15	2,19 ^b ±0,21
20:4 n-3	0,22 ^a ±0,05	0,25 ^a ±0,03	0,22 ^a ±0,04	0,27 ^a ±0,09
20:5 n-3	0,18 ^a ±0,06	0,18 ^a ±0,05	0,15 ^a ±0,05	0,12 ^a ±0,04
22:1 n-11	0,17 ^{ab} ±0,04	0,22 ^b ±0,07	0,16 ^{ab} ±0,01	0,14 ^a ±0,01
22:1 n-9	0,22 ^a ±0,04	0,22 ^a ±0,03	0,20 ^a ±0,01	0,19 ^a ±0,02
22:4 n-6	0,52 ^a ±0,07	0,43 ^a ±0,06	0,43 ^a ±0,09	0,44 ^a ±0,10
22:5 n-6	0,78 ^a ±0,11	0,57 ^b ±0,05	0,48 ^{bc} ±0,11	0,37 ^a ±0,06
22:5 n-3	0,62 ^a ±0,14	0,53 ^a ±0,05	0,58 ^a ±0,17	0,47 ^a ±0,10
22:6 n-3	2,10 ^a ±0,54	1,68 ^{ab} ±0,14	1,52 ^b ±0,34	1,21 ^a ±0,26
24:1 n-9	0,21 ^a ±0,14	0,16 ^a ±0,02	0,16 ^a ±0,05	0,12 ^a ±0,04
AGPI	40,85 ^a ±3,39	43,75 ^a ±1,39	41,57 ^a ±0,88	40,90 ^a ±1,29
AGMI	33,49 ^a ±1,35	32,93 ^a ±0,55	33,12 ^a ±0,96	32,91 ^a ±1,28
AGS	25,64 ^a ±2,10	23,35 ^a ±1,19	25,31 ^a ±0,72	26,19 ^a ±1,12
n-6	24,92 ^a ±2,75	26,76 ^a ±1,31	25,12 ^a ±0,57	24,61 ^a ±0,87
n-3	14,59 ^a ±1,97	15,63 ^a ±0,44	15,20 ^a ±0,66	14,92 ^a ±0,95
AGPI/AGS	1,64 ^a ±0,19	1,89 ^a ±0,11	1,64 ^a ±0,06	1,57 ^a ±0,08
n-6/n-3	1,71 ^a ±0,30	1,72 ^a ±0,10	1,65 ^a ±0,08	1,66 ^a ±0,12

Resultados expressos como percentual do total de ácidos graxos. Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha são diferentes significativamente ($P < 0.05$) pelo teste de Tukey. AGS = total de AG saturados; AGMI = total de AG monoinsaturados; AGPI = total de AG polinsaturados; ω3 = total de AG ômega3; ω6 = total de AG ômega6.

Conclusão

A temperatura afeta o desenvolvimento dos alevinos, mas não altera as propriedades físico-químicas e o perfil dos ácidos graxos, principalmente com relação ao aumento de AGPI e n-3. Esse fato indica que poderiam ser utilizadas temperaturas menores que 23°C, mas no caso da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por ser um peixe tropical, isso não é recomendável, devido ao seu baixo desenvolvimento e sobrevivência nessas condições.

Agradecimento

Os autores agradecem à Capes pelo aporte financeiro.

Referências

- ANDRADE, A.D. *et al.* W-3 Fatty acids in Freshwater Fish from South Brazil. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v. 72, n. 10, p. 1207-1210, 1995.
- ANDRADE, A.D. *et al.* Ômega – 3 fatty acids in baked marine fish from south of Brazil. *Arq. Biol. Tecnol.*, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 187-192, 1996.
- ARCHER, S.L. *et al.* Association of Dietary Fish and n-3 Fatty Acid Intake with Hemostatic Factors in the Coronary Artery Risk Development in Young adults (CARDIA) Study. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, Dallas, v. 18, n. 7, p. 1119-1123, 1998.
- ASCHERIO A. *et al.* Dietary Intake of marina n-3 fatty acids, fish intake, and the risk of coronary disease among men. *New England J. Med.*, Boston, v. 332, n. 15, p. 977-982, 1995.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, Ontario, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- CLEMENT, S.; LOVELL, R.T. Comparason of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 119, n. (2-3), p. 229-310, 1994.
- COELHO, M.T. *et al.* Assessing acceptability of eel (*Anguilla anguilla*) fed three different diets. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, v. 79, p. 2087-2093, 1999.
- CONNOR, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 71, suppl., p. 171S-175S, 2000.
- CUNNIFF, P.A. (Ed.). Official Methods of Analysis of AOAC International. 16. ed. Arlington: Assoc. Off. Anal. Chem., v. 2, 1998.
- GÜNER, S. *et al.* Proximate Composition and Selected Mineral Content of Commercially Important Fish Species from the Black Sea. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, v. 78, n. 3, p. 337-342, 1998.
- HANDELAND, S.O. *et al.* Seawater adaptation by out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at different temperatures. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 181, n. (3-4) p. 377-396, 2000.
- HMSO. Department Of Health. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subjects No. 46. HMSO, London, 1994.
- HU, F.B. *et al.* Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 70, p. 1001-1008, 1999.
- ISO-INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Animal and Vegetable Fats and Oils – Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. *ISO 5509*, p. 01-06, 1978.
- IZQUIERDO, P.C. *et al.* Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Arch. Latinoam. Nutr.*, Caracas, v. 50, n. 2, p. 187-194, 2000.
- JUSTI, K.C. *et al.* 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.*, Exeter, Inglaterra, v. 80, p. 489-493, 2003.
- KUBITZA, F. *Tilápia - tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: Divisão de Biblioteca e Documentação, p. 289, 2000.
- MÉNDEZ, E. *et al.* Lipid content and fatty acid composition of fillets of six fishes from the Rio de La Plata. *J. Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 9, p. 163-170, 1996.
- MOREIRA, A.B. *et al.* Fatty Acids Profile and Cholesterol Contents of Three Brazilian *Brycon* Freshwater Fishes. *J. Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 14, n. 6, p. 565-574, 2001.
- NANTON, D.A.; CASTELL, J.D. The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 175, n. (1-2), p. 167-181, 1999.
- NESTEL, P.J. Fish oil and cardiovascular disease: lipids and arterial function. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 71, suppl., p. 228S-231S, 2000.
- PATTON, J.S. The effect of pressure and temperature on phospholipid and triglyceride fatty acids of fish white muscle: a comparison of deepwater and surface marine species. *Comp. Biochem. Physiol.*, Oxford, v. 52, n. 1, p. 105-110, 1975.
- POLPA, T.J.; PHELPS, R.P. Status report to commercial tilapia producers on monosex fingerling productions techniques. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. *Anais...* Florianópolis: SIMBRAQ, p. 127, 1998.
- PUWASTIEN, P. *et al.* Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. *J Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 12, p. 9-16, 1999.
- SAITO, H., *et al.* The fatty acid composition in Tuna (Bonito, *Euthynnus pelamis*) caught at three different localities from tropics to temperate. *J. Sc. Food Agric.*, Oxford, v. 73, p. 53-59, 1997.
- SCHACKY, V.C. N-3 Fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 71, suppl., p. 224S-227S, 2000.
- SIMOPOULOS, A.C. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 54, n. 3, p.438-463, 1991.
- SIMOPOULOS, A. C. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Nutr.*, Bethesda, v. 70, suppl., p. 560S-569S, 1999.
- SISCOVICK, D.S. *et al.* Dietary intake of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 71 (suppl), p. 208S-12S, 2000.
- SOUZA, M.L.R. *Processamento do filé e da pele da tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus): Aspectos tecnológicos, composição centesimal, rendimento, vida útil do filé defumado e teste de resistência da pele curtida*, 2003. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SOUZA, M.L.R. et al. Defumação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira eviscerada e filé: Aspectos referentes as características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 27-36, 2004.

STATISTICA. Statistica 5.1 Software. StaSoft, Tucks, 1995.

TOCHER, D.R.; SARGENT, J.R. Effect of temperature on the incorporation into phospholipid classes and metabolism via desaturation and elongation of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish cells in culture. *Lipids*, Champaign, v. 25, n. 8, p. 435-442, 1990.

VISENTAINER, V.J. 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 tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Cienc. Tecnol. Alim.*, Campinas, v. 23, n. 3, p. 478-485, 2003.

YUSUF, H.K.M. et al. Fatty Acid of 12 Marine Fish Species of the Bay of Bengal. *J. Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 6, p. 346-353, 1993.

Received on April 19, 2005.

Accepted on November 28, 2005.