

Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana

Influence of fish feeding diet on its fatty composition: nutritional aspects and benefits to human health

RIALA6/1054

Neiva Maria de ALMEIDA^{1*}, Maria Regina BUENO FRANCO²

¹ UFPB Departamento de Tecnologia Rural/Centro de Formação de Tecnólogos, Campus III, CEP 58.220-000, Bananeiras – PB, e-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121, CEP 13081-970, Campinas-SP.

* Autor para correspondência.

Recebido: 29/09/2005 – Aceito para publicação: 15/03/2006

RESUMO

No Brasil tem ocorrido crescimento vertiginoso na criação de peixes de cativeiro de água doce; no entanto existem poucos estudos sobre identificação e quantificação de ácidos graxos em pescados provenientes de cativeiro. Sabe-se que entre diversos fatores, a dieta alimentar do peixe é o fator determinante sobre sua composição lipídica, especialmente quanto aos componentes de ácidos graxos. O objetivo deste trabalho foi de efetuar a revisão de vários estudos, com o intuito de obter um panorama sobre a composição dos ácidos graxos em pescado e, ainda, quanto à influência da dieta sobre a composição de ácidos graxos dos peixes capturados em ambiente natural e dos cultivados em diferentes sistemas. A maioria dos estudos aponta que a composição de ácidos graxos em peixes marinhos apresenta maiores proporções de ácidos graxos poliinsaturados Omega 3 (AGPI- ω 3) do que os peixes de água doce. O ácido graxo palmítico e o oléico atingem os mais altos níveis no pescado de água marinha e de água doce. Na maioria dos peixes, o DHA, o EPA e a-linolênico são as maiores fontes de AGPI ω 3, enquanto o linoléico e o araquidônico contribuem como fonte de AGPI ω 6.

Palavras-Chave. ácidos graxos, composição lipídica, pescado.

ABSTRACT

Although a vertiginous increase in freshwater fish-farming breeding has been occurred in Brazil, there are relatively few studies on fatty acids identification and quantification in fish bred in captivity. It is known that among diverse factors, the fish feeding diet is a determining element on its flesh lipid composition, especially on the composition of nutritionally important fatty acids. The objective of the present study was to reassess some reported studies in order to get an overview on fish fatty acid composition, and on the influence of feeding diet on fatty acid composition of fish caught from natural habitat and those raised in aquaculture. The majority of the studies show that the composition of fatty acids in saltwater fish present higher proportions of polyunsaturated (PUFA- ω 3) Omega 3 fatty acids than freshwater fish. Highest percentages of palmitic and oleic acids are found in both marine and freshwater fishes. For mostly fishes DHA, EPA and linolenic acids are the major sources for PUFA- ω 3, while linoleic and arachidonic acids are the sources for polyunsaturated (PUFA- ω 6) Omega 6 fatty acids.

Key Words. fatty acid composition, fish.

SUMÁRIO

Introdução	8
Essencialidade dos ácidos graxos ω 6 e ω 3: aspectos nutricionais e benefícios à saúde	8
Composição dos ácidos graxos em pescado	8
Influência da dieta na composição em ácidos graxos de peixes capturados em ambiente natural e cultivados em diferentes sistemas	12
Comentários Finais	13
Agradecimentos	14
Referências	14

INTRODUÇÃO

Os lipídios de peixes apresentam ácidos graxos contendo de 10 a 24 átomos de carbonos. Os peixes de água doce contêm elevadas proporções de ácidos graxos saturados e poliinsaturados (C18), mas baixos teores de insaturados com 20 e 22 átomos de carbono, quando comparados aos lipídios de peixes marinhos¹.

A composição de ácidos graxos em lipídios totais é influenciada pelas classes dos lipídios constituintes. Os tecidos ricos em gordura têm os triacilgliceróis como os principais constituintes, enquanto os fosfolipídios predominam naqueles de baixo teor de lipídios. As flutuações sazonais influenciam no conteúdo de lipídios e na composição dos ácidos graxos, havendo variações em peixes de água doce tropical e temperada com a época do ano^{1,2,3}.

A composição dos lipídios nos tecidos dos peixes também pode ser afetada pela dieta e por outros fatores ambientais, tais como salinidade e localização geográfica⁴. O perfil em ácidos graxos de peixes é certamente influenciado por sua dieta¹.

Pesquisas sobre a composição em ácidos graxos em pescado têm sido realizadas nos últimos anos, devido à evidência do papel dos ácidos graxos poliinsaturados ω 3 (AGPI ω 3) na prevenção de doenças cardiovasculares. Esses estudos têm mostrado que a quantidade dos AGPI ω 3 difere entre as espécies e depende de uma série de fatores. O presente trabalho tem como objetivo analisar vários estudos de ácidos graxos em pescado visando obter um panorama sobre a composição dos ácidos graxos em pescado, tanto a nível mundial como a situação específica no Brasil e a influência da dieta na composição em ácidos graxos de peixes capturados em ambiente natural e cultivados em diferentes sistemas.

Essencialidade dos ácidos graxos ω 6 e ω 3: aspectos nutricionais e benefícios à saúde.

A essencialidade dos ácidos graxos tem dois requisitos, em primeiro lugar deve-se saber que tipo de ácido graxo é imprescindível ao organismo e segundo, quais ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo homem. Os ácidos graxos poliinsaturados são formados por duas classes de ácidos graxos, a série ω 6 e ω 3, as quais são consideradas essenciais, porque os mamíferos não são capazes de sintetizá-las e devem retirá-los da dieta.

A essencialidade da série ω 6 é conhecida desde 1930, e sua deficiência está associada basicamente a problemas dérmicos. A essencialidade dos ácidos graxos poliinsaturados da família ω 6 (AGPI ω 6) foi verificada em humanos a partir de sintomas dérmicos ocorridos em crianças recém-nascidas submetidas à dieta a base de leite desnatado; sintomas esses revertidos pelo uso de leite integral. Essas observações caracterizaram os efeitos da deficiência de ácidos graxos poliinsaturados em humanos⁵. A essencialidade da série ω 3 demorou a ser caracterizada pela dificuldade em verificar seus efeitos em modelos animais e pelo fato de somente ter sido evidenciada em humanos quando se começou a administrar dietas parentais suplementadas apenas com ácidos graxos da série ω 6.

Estudos têm demonstrado que os ácidos graxos são importantes no desenvolvimento do sistema nervoso central e no funcionamento ideal dos mesmos. A principal fase em que deve haver AGPI ω 3 na dieta é quando há o desenvolvimento rápido do cérebro, em humanos, ocorre do terceiro trimestre da gestação até 18 meses após o nascimento^{5,6}.

Os ácidos graxos apresentam importante papel no tecido biológico porque influenciam propriedades como a integridade, fluidificação, permeabilidade e atividades enzima-membrana; são precursores de eicosanóides; são necessários para manter a impermeabilidade da pele e estão envolvidos no transporte e metabolismo do colesterol. Todos os membros das famílias de ácidos graxos podem ser sintetizados biologicamente a partir dos ácidos graxos oferecidos da dieta. O ácido araquidônico (AA) é sintetizado a partir do ácido parental da série ω 6, o ácido linoléico e o ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) são sintetizados a partir do ácido α -linolênico, através das enzimas Δ 6, Δ 5 e Δ 4-desaturases^{7,6}.

Simopoulos^{8,9} adverte sobre o aumento da quantidade de AGPI- ω 6 nas dietas ocidentais, uma vez que os produtos metabólicos de eicosanóides produzidos a partir do ácido araquidônico são formados em quantidades maiores do que aqueles produzidos a partir de AGPI- ω 3, especificamente EPA. Atualmente, as dietas contem pouca e desigual quantidade de AGPI- ω 6 e AGPI- ω 3 e ainda certa quantidade de ácidos graxos trans. As dietas no ocidente contem maior quantidade de ω 6 devido à indiscriminada recomendação na substituição de ácidos graxos saturados por ω 6. A taxa de ω 3 é menor devido ao pouco consumo de peixe e devido à produção de animais alimentados com grãos ricos em ω 6^{10,11}.

A relação ideal entre ω 6 e ω 3 na dieta diária ainda não está bem estabelecida, porém recomenda-se que a ingestão de linoléico não deva exceder 10% do total de calorias¹⁰. Simopoulos et al.¹² afirmam que nas dietas ocidentais a razão ω 6/ ω 3 é de aproximadamente 20 a 30:1 e recomendam uma proporção de 5:1 até 10:1, valores elevados em relação àqueles considerados ideais de 1:1 a 2:1, enquanto o Department of Health¹³ da Inglaterra recomenda que o valor da razão ω 6/ ω 3 seja no máximo 4.

Composição dos ácidos graxos em pescado

Os peixes de água doce apresentaram maior percentual de ácidos graxos da família ômega 6 enquanto que os peixes marinhos apresentaram maior percentual de ácidos graxos da família ômega 3¹⁴ (Tabela 1 e 2).

De acordo com Henderson & Tocher¹ os peixes de água doce podem conter uma grande quantidade de AGPI- ω 3, assim Wang et al.¹⁴ estudaram 8 espécies de peixes de água doce (*Coregonus zenithicus*, *Coregonus artedii*, *Catostomus commersonni*, *Osmerus mordax*, *Coregonus clupeaformis*, *Lota lota*, *Salvelinus namaycush* e *Salvelinus namaycush siscowet*) de habitat natural e observaram que a concentração de EPA e DHA foi geralmente maior do que a encontrada para o *Clupea harengus*, peixe de origem marinha, e os ácidos graxos da família ω 3 foram os que mais contribuíram para o total de AGPI em todos os peixes estudados (Tabela 2).

Tabela 1. Composição de ácidos graxos de várias espécies de água marinha.

Nome Científico	Saturado						Monoinsaturado						Polinsaturado ω 3						Ácidos graxos			
	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	20:1	18:3	18:4	20:3	20:4	20:5	22:5	22:6	18:2	20:2	20:4	20:6	20:8				
<i>Merluccius hubbsi</i> ¹⁵	2,8	18,0	3,2	5,2	14,9	4,8	nc	2,6	nc	1,2	6,3	nc	25,7	2,0	nc							
<i>Scomberomorus commersonii</i> ¹⁷	1,1	2,3	0,8	1,1	2,0	0,5	0,58	0,2	3,2	0,3	5,8	3,8	23,3	9,6	nc							
<i>Eleutheronema tridactylum</i> ¹⁷	2,4	3,1	1,1	0,4	0,8	0,2	0,4	0,2	3,5	0,2	5,9	0,8	9,9	18,0	0,2							
<i>Plotosus spp</i> ¹⁷	2,5	3,4	1,3	0,2	0,7	0,2	0,7	0,4	4,0	0,2	6,7	1,6	10,4	13,2	0,7							
<i>Parastromateus niger</i> ¹⁷	2,1	4,6	1,6	0,5	1,6	1,0	4,5	0,5	1,6	0,5	5,2	3,1	9,4	9,8	0,3							
<i>Pampus argenteus</i> ¹⁷	1,6	4,7	1,4	1,2	1,2	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	2,4	18,9	12,0	nc							
<i>Chlupea fimbriata</i> ¹⁷	1,5	4,4	1,3	2,8	3,8	0,9	1,3	0,2	1,9	0,2	4,3	0,9	17,3	8,7	nc							
<i>Magalapsis coráyla</i> ¹⁷	1,3	3,1	1,8	0,9	1,3	0,9	0,9	0,4	2,5	nc	5,7	2,7	28,6	7,6	1,3							
<i>Rastrelliger kanagurta</i> ¹⁷	1,0	3,3	0,9	0,2	1,8	0,9	2,4	0,9	2,1	0,1	4,7	1,9	14,5	16,5	0,1							
<i>Setarides leptolejus</i> ¹⁷	1,8	2,4	1,6	2,3	2,5	0,3	0,8	0,3	2,4	0,3	3,9	1,8	27,3	9,1	0,5							
<i>Engraulis encrasicolus</i> ¹⁹	7,4	24,4	4,7	5,3	11,6	3,1	1,3	nc	nc	nc	9,9	0,7	17,7	4,2	nc							
<i>Sprattus sprattus sprattus</i> ¹⁹	5,4	25,3	11,2	8,6	33,4	2,4	0,3	nc	nc	nc	2,9	1,9	2,3	0,7	nc							
<i>Trachurus mediterraneus</i> ¹⁹	6,7	16,8	1,9	6,0	11,6	11,2	3,5	nc	nc	nc	6,2	0,3	11,5	3,8	nc							
<i>Merlangius euxinus</i> ¹⁹	2,9	20,2	6,1	3,7	16,8	2,9	0,3	nc	nc	nc	8,4	0,4	23,7	1,5	nc							
<i>Mullus barbatus</i> ¹⁹	2,4	23,3	5,9	11,9	27,4	3,8	nc	nc	nc	nc	6,5	3,3	5,1	1,4	nc							
<i>Belone belone</i> ¹⁹	4,8	24,1	4,4	9,4	18,5	2,0	1,0	nc	nc	nc	3,9	1,6	17,4	4,8	nc							
<i>Alosa alosa</i> ¹⁹	5,8	19,4	3,5	6,7	26,8	5,1	1,2	nc	nc	nc	4,5	0,9	12,6	3,1	nc							
<i>Smaris alcedo</i> ¹⁹	9,2	7,8	7,3	8,5	29,3	2,4	0,1	nc	nc	nc	8,7	3,2	9,5	4,1	nc							
<i>Sarda sarda</i> ¹⁹	6,8	27,2	8,8	7,1	31,1	1,3	1,5	nc	nc	nc	3,8	0,5	0,7	2,2	nc							
<i>Leiognathus egiulus</i> ²⁰	3,7	21,0	14,0	11,5	17,0	2,0	0,7	0,2	nc	nc	5,7	nc	6,0	1,5	0,5							
<i>Thunnus germon</i> ²⁰	2,6	29,0	12,0	8,2	22,0	0,9	0,2	0,6	nc	nc	3,1	nc	5,7	1,2	nc							
<i>Anguilla bengalensis</i> ²⁰	4,9	32,0	12,0	11,0	24,0	2,1	0,4	0,2	nc	nc	1,1	nc	nc	1,3	tr							
<i>Johnius belangeri</i> ²⁰	2,7	32,0	12,0	9,2	18,0	0,2	0,8	1,0	nc	nc	5,0	nc	5,5	1,3	nc							
<i>Scomber serombus</i> ²⁰	2,6	26,0	11,0	7,2	14,0	0,2	0,4	0,2	nc	nc	4,3	nc	9,0	1,1	0,6							
<i>Nemipterus japonicus</i> ²⁰	4,3	43,0	10,0	5,7	14,0	3,0	1,6	1,0	nc	nc	2,4	nc	3,9	1,0	nc							
<i>Omna strephes sloani</i> ²⁰	1,9	24,0	13,0	nc	7,9	2,0	0,9	0,9	nc	nc	7,3	nc	16,0	0,3	nc							
<i>Oncorhynchus keta</i> ²⁰	2,2	24,0	12,0	5,1	13,0	3,0	1,2	0,9	nc	nc	3,9	nc	9,1	1,5	nc							
<i>Scomberoides commersonianus</i> ²⁰	2,8	20,0	16,0	5,5	12,0	0,2	0,5	0,3	nc	nc	2,9	nc	9,4	1,1	tr							
<i>Rita buchanani</i> ²⁰	2,6	31,0	12,0	8,1	19,0	0,7	0,3	1,1	nc	nc	3,9	nc	6,8	1,0	nc							
<i>Litanius spp</i> ²⁰	1,1	23,0	13,0	3,5	16,0	tr	tr	nc	nc	nc	3,8	nc	11,0	0,8	nc							
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> ²⁰	1,3	21,0	14,0	16,0	14,0	0,3	0,5	0,4	nc	nc	3,2	nc	13,0	1,5	0,2							

¹⁵ Méndez & González; ¹⁷ Osman H et al.; ¹⁹ Guiner S et al.; ²⁰ Harun KMY et al.; tr traços; nc não citado

Tabela 2. Composição de ácidos graxos de várias espécies de água doce

Nome Científico	Ácidos graxos																	
	Saturado						Monoinsaturado						Poliinsaturado					
	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	20:1	18:3	18:4	20:3	20:4	20:5	22:5	22:6	18:2	20:2	20:4		
<i>Tenualosa ilisha</i> ²⁰	8,4	27,0	9,4	18,7	23,0	1,0	0,3	0,6	nc	nc	5,0	nc	1,1	1,4	nc	20,4		
<i>Labeo rohita</i> ²⁰	2,8	26,0	8,4	12,7	18,0	2,0	6,1	0,3	nc	nc	3,3	nc	2,4	3,9	nc	3,4		
<i>Coregonus zemmihicus</i> ¹⁴	2,9	12,1	1,8	6,3	33,5	1,7	8,0	1,9	1,2	2,2	5,4	1,8	26,4	7,5	1,1	2,3		
<i>Coregonus artedii</i> ¹⁴	6,6	19,1	2,5	5,0	14,2	0,9	12,9	3,8	1,6	2,8	4,9	2,4	5,3	10,3	1,2	2,8		
<i>Catostomus commersonii</i> ¹⁴	3,4	15,8	2,0	16,6	25,1	0,6	6,8	2,4	1,0	1,0	7,7	2,1	7,2	7,7	0,7	2,9		
<i>Osmerus mordax</i>	5,8	15,4	1,8	8,3	24,5	0,9	14,4	3,4	1,3	1,4	8,6	1,0	7,5	12,0	0,8	4,3		
<i>Coregonus chupeaformis</i> ¹⁴	3,4	12,3	1,6	8,9	24,0	0,9	10,5	3,0	1,0	1,8	6,6	2,0	7,6	9,2	0,9	2,5		
<i>Lota lota</i> ¹⁴	2,8	24,4	3,8	7,1	24,1	0,9	3,8	0,6	0,6	0,8	6,6	2,2	11,4	7,0	0,6	7,9		
<i>S. namaycush namaycush</i> ¹⁴	2,8	12,5	2,5	7,3	28,6	1,0	9,4	1,8	1,5	2,2	4,6	2,0	8,2	9,2	1,0	2,6		
<i>S. namaycush siscowet</i> ¹⁴	3,6	15,3	2,2	9,0	34,6	1,4	6,4	1,2	0,9	1,7	4,8	2,1	7,0	6,8	1,0	2,9		
<i>Brycon cephalus</i> ²⁷	10,4	17,3	8,74	0,3	39,1	0,4	1,6	tr	0,8	Tr	0,2	0,3	1,3	9,3	0,3	0,9		
<i>Colossoma macropomum</i> ²⁷	0,5	14,9	11,4	0,2	32,4	0,6	3,6	tr	0,4	0,1	0,3	0,4	1,3	20,6	0,4	2,0		
<i>Hypophthalmus sp</i> ²	4,9	30,0	8,7	1,3	10,0	0,7	4,3	0,4	0,4	2,3	2,4	0,9	2,0	2,7	0,3	2,3		
<i>Citich ocellaris</i> ²	tr	22,0	9,9	1,2	12,5	0,4	1,9	0,1	0,4	0,3	0,7	1,7	6,9	4,2	0,4	5,7		
<i>Prochilodus nigricans</i> ²	2,0	27,0	6,8	0,8	9,2	1,6	3,6	0,2	0,6	0,7	1,4	0,9	1,5	3,0	0,5	2,8		
<i>Piaractus mesopotamicus</i> ³⁰	3,1	23,5	7,6	8,9	41,0	0,7	0,5	tr	Tr	Tr	tr	tr	0,5	9,4	0,6	0,8		
<i>Prochilodus serofo</i> ³¹	4,3	25,4	5,2	16,3	15,3	1,7	3,7	0,6	0,6	1,1	3,1	1,5	2,4	2,5	0,4	2,6		
<i>Colossoma macropomum</i> ³²	1,3	28,8	9,8	6,3	40,1	1,0	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,8	8,9	0,5	0,7		
<i>Brycon microlepis</i> ²¹	1,6	21,9	15,6	2,3	40,3	0,7	0,9	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	1,6	5,1	nc	1,1		
<i>Brycon orbignyanus</i> ²¹	1,2	23,9	9,8	0,4	48,7	0,8	0,8	0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	1,1	2,3	nc	0,8		
<i>Pintirampus pintirampus</i> ²⁹	2,1	30,1	10,3	10,2	27,8	nd	2,4	nd	2,7	nc	1,5	nc	3,7	2,8	nd	nc		
<i>Cyprinus carpio</i> ²⁹	nd	17,3	5,7	6,6	41,8	nd	2,1	nd	nd	nc	nd	nc	1,4	14,5	1,8	nc		
<i>Megalocistius aculeatus</i> ²⁹	1,0	18,1	10,1	5,1	23,9	nd	nd	nd	nd	nc	nd	nc	4,3	2,4	11,8	nc		
<i>Pterodoras granulosus</i> ²⁹	nd	26,8	10,3	4,5	25,2	nd	1,4	nd	5,4	nc	nd	nc	11,5	8,8	nd	nc		
<i>Plagioscion squamosissimus</i> ²⁹	3,6	24,6	10,5	9,7	9,6	3,9	nd	nd	nd	nc	11,6	nc	10,3	nd	5,2	nc		
<i>Prochilodus lineatus</i> ²⁹	2,6	30,1	10,8	8,6	23,2	nd	2,4	nd	3,9	nc	1,2	nc	5,6	6,8	3,9	nc		
<i>Salminus maxillosus</i> ²⁹	2,4	39,4	9,2	5,2	9,7	nd	nd	1,8	8,2	nc	4,8	nc	7,0	5,0	nd	nc		
<i>Hemisorubim platyrhincos</i>	nd	26,6	11,7	nd	17,6	nd	nd	nd	7,6	nc	nd	nc	14,9	21,9	nd	nc		
<i>Pimrolodus maculatus mandi</i>	nd	27,9	9,3	6,5	39,9	nd	2,0	nd	2,4	nc	nd	nc	1,9	4,3	nd	nc		
<i>Colossoma mitrei</i>	15,4	21,6	6,8	6,7	40,3	nd	nd	nd	nd	nc	1,3	nc	nd	6,0	nd	nc		
<i>Salmas sp</i>	1,7	20,7	5,3	7,2	27,8	nd	12,7	1,1	1,2	nc	1,7	nc	11,7	nd	1,1	nc		

20 Harun KMY et al.; 14 Wang YJ et al.; 27 Almeida NM; 2 Inhamuns AJ; 30,31 Maia EL et al.; 32 Maia EL, Rodriguez-Amaya DB; 29 Andrade AD et al; nd não detectado, nc não citado

O ácido palmítico (C16:0) e o ácido oléico (C18:1 ω 9) foram os principais ácidos graxos encontrados quando a composição de lipídios no filé do *Merluccius hubbsi* foi estudada por Méndez e González¹⁵. O valor médio de EPA e DHA encontrado ao longo do ano foi de 0,09 e 0,35g por 100g de músculo do tecido, respectivamente e, portanto, os autores, baseando-se no trabalho de Ackman¹⁶, argumentaram que se a média de ingestão diária recomendada fosse de 1g de EPA + DHA, seria necessário a ingestão de 230g de filé de *Merluccius hubbsi* para obtenção do valor recomendado (Tabela 1).

A composição dos ácidos graxos de 10 espécies de peixes marinhos consumidos diariamente na Malásia foi determinada e os resultados mostraram que o total de AGPI- ω 3 atingiu o mais alto nível de ácidos graxos, variando de 30 a 48%, seguido por outros AGPI, com níveis de 28 a 40%, pelos saturados, de 4 a 11% e finalmente pelos monoinsaturados, de 1 a 9%, aproximadamente. O conteúdo de AA, EPA e DHA, em todas as espécies analisadas, variaram no intervalo de 0,19 a 0,68%; 0,80 a 6,72% e 9,36 a 28,6%, respectivamente. Os peixes analisados foram considerados como uma boa fonte de alimentos¹⁷ (Tabela 1).

Uma extensa revisão da composição em ácidos graxos de peixes marinhos da Austrália mostrou que os saturados foram os majoritários, perfazendo um terço do total, enquanto os AGPI perfizeram cerca de 40% do total. A média de AGPI- ω 6 apresentou uma amplitude de 1,2 a 23,1%, sendo o ácido araquidônico o majoritário, com um valor médio de 6% do total de ácidos graxos e variou de 0,4 a 15,8%. Na maioria dos peixes analisados, o DHA foi a maior fonte de AGPI- ω 3, seguido do EPA e do α -linolênico, que contribuíram com menos de 3% do total de ácidos graxos¹⁸.

Na Turquia, mais de 80% dos peixes são capturados na região Oeste do Mar Negro e por isso, Guner et al.¹⁹ pesquisaram o perfil em ácidos graxos de nove espécies capturadas nessa região. O total de saturados variou entre 25,8 a 45,1%, sendo o C16:0 o ácido graxo majoritário, com cerca de 60% do total de saturados. O oléico foi o principal ácido monoinsaturado em todos os peixes analisados, sendo o DHA o principal AGPI foi o DHA, seguido do EPA. Em algumas espécies foi detectada a presença do ácido graxo nervônico (Tabela 1).

A composição de 12 espécies de peixes marinhos da Bacia de Bengal, em Bangladesh, e de duas espécies de peixes de água doce, capturadas no Rio Meghna e no Lago Kaptai foi estudada por HARUN et al.²⁰. A percentagem encontrada de saturados foi de 38 a 59% nos peixes marinhos e de 40 a 46% nos peixes de água doce. Os AGPI- ω 3 constituíram uma menor fração nos peixes de água doce, variando de 7 a 12%. Os AGPI- ω 6, com menor percentagem, variaram de 2,5 a 9,2% em ambos os tipos de peixes. O ácido C20:4 foi o majoritário da família ω 6 e o C20:5 e C22:6 foram os predominantes da família ω 3 nos peixes marinhos e de água doce (Tabela 1 e 2).

Na Malásia foi conduzido um estudo para avaliar a composição em ácidos graxos de 20 espécies de água doce. Os ácidos graxos monoinsaturados foram sempre os majoritários,

com conteúdo variando de 17 a 53%, seguidos dos saturados e poliinsaturados. O total de AGPI- ω 6 variou de 2 a 26% enquanto o de AGPI- ω 3 variou de 1 a 11% em todas as espécies estudadas. Os autores indicaram o peixe em estudo como sendo importante componente na dieta da população da Malásia, constituindo cerca de 60-70% de fonte protéica e também como importante fonte de ω -3²¹.

A composição em ácidos graxos de cinco espécies de peixes marinhos foi estudada em diferentes estações do ano Badolato et al.²². Para todas as espécies, os principais ácidos saturados encontrados foram o palmítico e esteárico, dentre os ácidos monoinsaturados, foram o palmitoléico e oléico e dentre os AGPI, foram o EPA, DHA e AA.

Os lagos e rios tropicais detêm cerca de 40% de todas as espécies de peixes de água doce do mundo. Em um estudo envolvendo 50 amostras de peixes, representando 8 espécies tropicais, que foram coletados em lagos da Etiópia, foi observada uma diferença no perfil de ácidos graxos de peixes tropicais da mesma espécie, porém capturados em diferentes lagos, bem como de uma espécie para outra capturada no mesmo lago ou em local diferente. Foram identificados 28 ácidos graxos e os majoritários foram o C16:0, C18:0, C18:1 ω 9 e o C22:6 ω 3. O nível de AGPI em peixes tropicais foi comparável ao de águas temperadas, indicando que a temperatura da água por si só não interfere no conteúdo desses ácidos graxos²³.

O fígado de peixe contém alto conteúdo de lipídios, sendo conhecido como uma excelente fonte de óleo, assim Satué & López²⁴ estudaram a composição de ácidos graxos no óleo do fígado de *Oncorhynchus mykiss* e encontraram diferenças na composição de ácidos graxos entre fígados de fêmeas e machos. Os principais ácidos graxos no óleo do fígado foram os C22:6 ω 3, C16:0, C18:1 ω 9, C22:5 ω 3, nos machos e C18:1 ω 9, C22:6 ω 3, C16:0, C18:0, C16:1 nas fêmeas.

Em estudos realizados no México e em Cuba, Navarro-Garcia et al.²⁵ estudaram a composição de lipídios do fígado de tubarão. Houve variação entre as frações percentuais dos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Para o *Carcharhinus falciformis* (espécie do México), os teores encontrados foram de 35,3; 20,8 e 37,7% e para o *Galeocerdo cuvier* (espécie de Cuba), de 20,8, 50,6 e 18,4%, respectivamente. O percentual de EPA e DHA foi de 5,14% e 25,05% para o *C. falciformis* e de 1,09 e 0,32% para o *G. cuvier*.

O bonito (*Euthynnus pelamis*) é uma espécie distribuída em zona tropical e temperada. Saito et al.²⁶, estudaram a composição em ácidos graxos de vários órgãos de bonito, que foram capturados em diferentes áreas, desde a zona tropical à zona temperada. A composição em ácidos graxos variou pouco entre os órgãos estudados. Foi observado que os majoritários foram o C16:0, C16:1 ω 5, C16:1 ω 7, C18:0, C18:1 ω 7, C18:1 ω 9, C20:5 ω 3, C22:6 ω 3. O DHA foi o majoritário dentre os AGPI, independentemente da origem da espécie.

Recentemente a composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), cultivados e capturados na Amazônia

Central, foram determinadas por Almeida²⁷. Para o matrinxã de cultivo e capturados no habitat natural os mesmos ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais (LT) e nas frações de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL). Porém, ocorreu uma inversão de alguns ácidos graxos nos LT e LN dos peixes capturados na época da seca. Foram detectados 64 ácidos graxos nos LT, 66 nos LN e 55 nos FL do matrinxã de cultivo semi-intensivo e de reserva natural, capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca) da Amazônia Central. As concentrações de EPA e DHA no tecido muscular da matrinxã foram 4,15mg/g e 5,25mg/g, para os peixes de cultivo e de 8,14mg/g e 30,04mg/g para as espécies capturadas na época da cheia, enquanto no período da seca foi de 10,26mg/g e 61,31mg/g, respectivamente. No tecido adiposo da cavidade ocular, as concentrações de EPA e DHA foram de 3,64mg/g e 6,22mg/g; 4,93mg/g e 22,78mg/g; 18,74mg/g e 19,66mg/g, para os peixes de cultivo e os capturados na época da cheia e da seca, respectivamente. No tambaqui foram detectados 61 ácidos graxos nos LT, 67 nos LN e 63 nos FL dos peixes de cultivo e dos capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca). Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural, os mesmos ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios, porém, houve uma inversão da ordem dos principais ácidos graxos dos peixes de cultivo e dos capturados na natureza, nos períodos da cheia e seca. As concentrações de EPA e DHA no tecido muscular foram 5,03mg/g e 3,84mg/g; 9,35mg/g e 25,10mg/g; 14,15mg/g e 40,18mg/g e no tecido adiposo da cavidade ocular foram de 4,41mg/g e 5,54mg/g; 7,05 mg/g e 8,12mg/g; 9,31mg/g e 8,95mg/g para os peixes de cultivo e os capturados na época da cheia e da seca, respectivamente. O matrinxã e tambaqui de habitat natural capturado na época da seca foram considerados melhores para o consumo, por apresentarem maiores concentrações dos ácidos graxos EPA e DHA (Tabela 2).

A composição de ácidos graxos das espécies *Sardinella spp*, *Micropogonias furnieri*, *Prochilodus spp*, *Oreochromis spp* e *Xiphopenaues kroyeri* foi estudada em duas diferentes estações do ano. O *X. kroyeri* foi a única espécie influenciada pela sazonalidade, com um maior conteúdo de ácidos graxos saturados e insaturados durante o verão. A *Sardinella spp* apresentou o maior conteúdo de EPA + DHA, quando coletada no verão e foi indicada como a melhor espécie para a elaboração de dieta a base de peixe²⁸.

A composição em ácidos graxos de três peixes da Amazônia foi estudada por Inhamuns² e Inhamuns & Franco³, sendo esses curimatã (*Prochilodus nigricans*), mapará (*Hypophthalmus sp*) e tucunaré (*Cichla ocellaris*). Para as duas últimas espécies foi realizada a quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA. Os resultados para o curimatã revelaram que, quando capturado no período de seca, pode ser utilizada em dietas balanceadas como fonte de AGPI. O mapará capturado na época da cheia foi recomendado para prescrição de dietas, quando o objetivo for incrementar a ingestão de EPA e DHA. Essa espécie apresentou 20mg/g e 16mg/g de EPA no músculo e 14mg/g e 13mg/g no tecido adiposo da cavidade ocular e o teor de DHA foi de 18mg/g e 15mg/g no músculo e 15mg/g e 14mg/g no tecido adiposo da cavidade ocular dos exemplares capturados na época

da cheia e seca, respectivamente. O tucunaré, mesmo apresentando uma razão reduzida de $\omega 3/\omega 6$ no período da cheia e da seca, nos dois tecidos analisados (músculos e tecido adiposo da cavidade ocular), foi considerado uma fonte rica em ácidos graxos essenciais das séries $\omega 3$ e $\omega 6$. Esta espécie apresentou maior percentual desses ácidos no tecido muscular quando capturado no período da cheia e a quantificação revelou elevado teor de DHA no tecido muscular, atingindo 54mg/g quando capturado no período de cheia (Tabela 2).

Na região Sul, Andrade et al.²⁹ estudaram dezessete espécies de peixes de água doce. Os ácidos graxos palmítico e esteárico foram os majoritários entre os saturados. O *Salmus sp* apresentou 28% de AGPI do total de ácidos graxos. O *Salminus maxilloca* apresentou mais de 28% de AGPI $\omega 3$ e valores em torno de 20% foram obtidos para *Hemisorubim platyrhincos*, *Plagioscion squamosissimus* e *Pterodoras granulosus*. O teor de DHA em todas as espécies estudadas, exceto o *Colossoma mitrei*, foi maior do que o de EPA. De acordo com os autores, o *Pinirampus pinirampu*, *Salmus sp* e *Plagioscion squamosissimus* podem ser recomendados como boa fonte de DHA e EPA (Tabela 2).

Nos lipídios totais do tecido muscular pode existir uma grande variedade de substâncias orgânicas lipossolúveis, que são distribuídas em três principais classes: lipídios neutros, fosfolipídios e glicolipídios. Foram identificados 64, 71 e 46 ácidos graxos nos lipídios totais de pacu (*P. mesopotamicus*), curimatã (*P. scrofa*), e tambaqui (*C. macropomum*), respectivamente. As análises para todas as espécies mostraram que os ácidos majoritários foram os ácidos mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico nos lipídios totais e neutros. O ácido oléico foi o principal ácido graxo dos LT e LN de pacu e tambaqui, enquanto o ácido palmítico foi o majoritário nos LT e LN de curimatã. Nos fosfolipídios, os ácidos palmítico, esteárico, oléico e araquidônico foram os majoritários em todos os peixes nesse estudo. Nos lipídios totais, neutros e fosfolipídios de pacu e tambaqui, os ácidos graxos da família $\omega 6$ predominaram em relação aos série $\omega 3$, e o contrário ocorreu para o curimatã^{30,31,32} (Tabela 2).

Sete espécies de peixes de água doce e nove de água salgada, também foram caracterizadas quanto à sua composição de ácidos graxos³³. Os ácidos C16:0 e o C18:0 foram majoritários nos peixes de água doce, que apresentaram baixos níveis de EPA e DHA em comparação aos peixes de água salgada. Os autores concluíram que a maioria dos peixes de água doce não poderia ser considerada como fonte de ácidos graxos $\omega 3$, entretanto, entre os peixes de água salgada, apenas duas espécies foram recomendadas.

Influência da dieta na composição em ácidos graxos de peixes capturados em ambiente natural e cultivados em diferentes sistemas.

A importância de se conhecer o tipo e a quantidade de lipídios na dieta de animais, devido a sua influência na qualidade e quantidade de AGPI nos tecidos e nas células, foi salientada

por Rainuzzo et al.³⁴. Os lipídios para a nutrição de peixes foram exaustivamente estudados nas últimas duas décadas.

Tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta comercial prolongada foram pesquisadas em relação à composição de ácidos graxos, com o objetivo de avaliar o valor nutricional do conteúdo lipídico³⁵. Foi concluído que a dieta prolongada permitiu armazenar elevados teores de lipídios totais, porém não promoveu um aumento no valor nutricional do conteúdo lipídico, em relação à composição de ácidos graxos ω 3 e foi também verificado que as tilápias não constituíram uma boa fonte de ácidos graxos ω 3. Entretanto a ração exerceu um fator determinante na composição de ácidos graxos dos lipídios, especialmente devido à elevada concentração de ácido linoléico.

Os peixes de recursos naturais sofrem várias influências do meio ambiente, enquanto os peixes de cativeiro, principalmente aqueles de cultivo intensivo, crescem em condições mais estáveis e possuem a composição de sua dieta controlada. Desta forma, o conteúdo de lipídios pode ser modificado para melhorar qualitativamente e quantitativamente o valor nutricional do peixe. Dietas otimizadas somente para o crescimento e produção com baixo custo podem não resultar em peixes de ótima qualidade³⁶.

Visando melhorar o valor nutricional da composição lipídica do tecido muscular (filé) de tilápias (*O. niloticus*), Visentainer et al.³⁷ estudaram essa espécie criada em sistema intensivo de cultivo, e rações com níveis de suplementação crescentes de óleo de linhaça (fonte de ácido α -linolênico, LNA), foram fornecidos aos peixes. Os resultados mostraram que o fornecimento de rações suplementadas com níveis crescente de óleo de linhaça aumentou o valor nutricional do conteúdo lipídico do tecido muscular, pois o ácido graxo ω 3 disponível na dieta foi alongado aos importantes ácidos EPA e DHA. Os autores quantificaram os seguintes ácidos graxos: LNA, EPA e DHA. As tilápias submetidas aos tratamentos com diferentes níveis de linhaça (0,00, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,00%) apresentaram teor de 6,52; 0,15; 9,93 mg/g; de LNA, EPA e DHA para o primeiro tratamento e de 59,28; 2,54 e 26,1mg/g para o último tratamento.

A composição em ácidos graxos pode ser influenciada pelo sistema de cultivo do pescado assim, Orban et al.³⁸ estudaram as características da qualidade do *Diplodus puntazzo* em dois diferentes sistemas de cultivo. A distribuição percentual em ácidos graxos de lipídio total, neutro e polar mostrou diferenças entre os sistemas de cultivo, tanque e gaiola. O ácido palmítico e o oléico foram os predominantes entre os saturados e monoinsaturados nos peixes provenientes dos dois sistemas de cultivos. Alta proporção de poliinsaturados e saturados, cerca de 45 e 34%, respectivamente, foram encontrados na fração de fosfolipídios, em ambos os tipos de cultivos. As diferenças encontradas poderiam ser atribuídas a diferentes condições ambientais e à dieta aplicada aos peixes, nos dois sistemas de cultivos.

O perfil de ácidos graxos de matrinxã (*Brycon cephalus*), piraputanga (*Brycon microlepis*) e piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) cultivados em açude e gaiolas e provenientes de ambiente natural foi estudado por Moreira et al.³⁹. Dentre os ácidos saturados do tecido muscular, o ácido

palmítico apresentou maior concentração, de 21,9 a 26,7%, para a piraputanga e matrinxã cultivados em açude, respectivamente. Os poliinsaturados que mais se destacaram foram o linoléico, o α -linolênico e o DHA. De acordo com os autores, a grande quantidade de C18:2 ω 6 na ração (cerca de 38%) foi provavelmente o responsável pelo elevado nível desse ácido no tecido muscular das espécies criadas em cativeiros.

Com a finalidade de verificar o efeito da adição de óleo de palma e o destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) em rações, sobre a composição em ácidos graxos do tambaqui (*Colossoma macropomum*), Viegas et al.⁴⁰ realizaram um teste biológico em 216 alevinos. Os peixes alimentados com ração com alto conteúdo de poliinsaturados apresentaram os maiores teores de AGPI, tanto no filé como no peixe inteiro. Por outro lado, rações contendo maiores teores de óleo de palma induziram à formação de lipídios com maiores teores de saturados e menores de poliinsaturados. Portanto, a composição de ácidos graxos do tambaqui dependeu da composição da ração, mostrando que, quando alto em AGPI, o peixe é capaz de acumulá-los na mesma proporção, principalmente no tecido muscular.

A composição em ácidos graxos de peixes de água doce é caracterizada por alta proporção de AGPI- ω 6. Em peixes de cativeiro, a composição de ácidos graxos pode ser modificada e um trabalho realizado com *Cyprinus carpio*, recebendo dieta contendo alta quantidade de óleo de peixe, revelou um alto nível de AGPI- ω 3⁴¹.

O crescimento de *Ictalurus punctatus*, alimentado com várias fontes lipídicas em duas temperaturas, e a composição dos ácidos graxos da fração lipídica polar no fígado desse peixe, foram estudados por Fracalossi & Lovell⁴². A concentração de AGPI na fração de fosfolipídios do fígado foi maior em temperatura baixa do que em temperatura alta. O AGPI mais abundante no fígado do peixe, alimentado com “menhaden oil” ou com a mistura de óleos, foi o DHA. Os peixes alimentados com óleo de milho tiveram como principal ácido graxo o AA em seus fosfolipídios e os alimentados com óleo de linhaça tiveram a menor quantidade de EPA, porém a maior quantidade de DHA.

COMENTÁRIOS FINAIS

O Brasil apresenta potencial para produção pesqueira e uma grande diversidade de peixes, apesar disso ainda há poucas pesquisas sobre a identificação e quantificação de ácidos graxos em pescado. Porém, os trabalhos existentes para os peixes de água doce mostraram que estes apresentaram excelentes valores nutricionais e indicaram diferenças entre peixes procedentes de sistemas de cultivo e peixes de “habitat” natural, onde peixes cultivados podem apresentar maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados do que peixes de “habitat” natural;

O ácido graxo palmítico e o oléico atingiram a mais alta percentagem tanto no pescado de água marinha como de água doce. Na maioria dos peixes examinados o DHA, seguido do EPA e α -linolênico são as maiores fontes de AGPI ω 3, enquanto o linoléico e o araquidônico são os que mais contribuíram como fonte de AGPI ω 6;

A composição de ácidos graxos para peixes marinhos apresentaram maiores proporções de ácidos graxos poliinsaturados Omega 3 do que peixes de água doce, porém em algumas pesquisas os peixes de água doce apresentaram maiores quantidade de AGPI- ω 3 do que peixes marinhos;

Fornecimentos de rações suplementadas com fonte de ácidos graxos poliinsaturados omega 3, como o óleo de linhaça, aumentam o valor nutricional do conteúdo lipídico de peixes de água doce;

A técnica de quantificação de ácidos graxos por quantidade de conteúdo lipídico deve ser realizada para permitir melhores comparações quantitativas, construção de tabelas de composição, aplicações em termos nutricionais para estabelecer dietas e nos diversos processos industriais.

AGRADECIMENTOS

A Capes pela concessão da bolsa de estudos e suporte financeiro. A Fapesp pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- Henderson RJ, Tocher DR. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipids Res* 1987; 26: 281-347.
- Inhamuns AJ. Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira. Campinas, 2000. [Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas].
- Inhamuns AJ, Franco MRB. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mepará (*Hypophthalmus sp.*) from Brazilian Amazonian area. *J Agric Food Chem* 2001; 49: 4859-63.
- Venugopal V, Shahidi F. Structure and composition of fish muscle. *Food Rev Int* 1996; 12: 175-97.
- Holman RT. The Slow Discovery of the Importance of ω 3 Essential Fatty Acids in Human Health. *J Nutrition* 1998;128: 427S-433S.
- Nettleton JA. Omega 3 Fatty Acids and Health. New York, NY, Ed. Chapman & Hall Book. 1994. 355p.
- Steven MW, German JB. Food Lipids Chemistry Nutrition, and Biotechnology, Cap, 18.ed. Casimir. C. Akoh e David b. Min, Marcel Dekker, Inc, New York, 1998. 816p.
- Simopoulos AP. Omega-3 Fatty Acids in Health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 438-63.
- Simopoulos AP, Leaf A, Salem, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann Nutr Metabol* 1999; 43: 127-30.
- Simopoulos AP. The Importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 2002; 56: 365-79.
- Simopoulos AP. Commentary on the Workshop Statement. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2000; 63: 123-4.
- Simopoulos AP. Essential Fatty Acids in Health and Chronic disease. *Food Rev Int* 1997 13: 623-31.
- Department of Health. Report on Health and Social Subjects. n° 46 Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. HMSO, London, 1994.
- Wang YJ, Miller LA, Perren M, Addis P B. Omega-3 fatty acid in lake superior fish. *J Food Sci* 1990; 55: 71-6.
- Méndez E, González RM. Seasonal changes in the chemical and lipid composition of fillets of the Southwest Atlantic hake (*Merluccius hubbsi*). *Food Chem* 1997; 59: 213-7.
- Ackman RG. Nutritional composition of fats in seafoods. *Program Food Nutr Sci* 1989; 13: 161-241.
- Osman H, Suriah AR, Law EC. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish waters. *Food Chem* 2001; 73: 55-60.
- Brown AJ, Roberts DCK, Truswell AS. Fatty acid composition of Australian marine finfish: a review. *Food Austrália* 1989; 3: 655-66.
- Guner S, Dincer B, Alemdag N, Colak A, Tufekci M. Proximate composition and selected mineral content of commercially important fish species from the Black Sea. *J Sci Fd Agric* 1998; 78: 337-42.
- Harun KMY, Sharmin RA, Rafiqur R. Fatty acids of 12 marine fish species of the Bay of Bengal. *J Food Comp Anal* 1993; 6: 346-53.
- Rahman SA, Huah TS, Hassan E, Daud NM. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. *Food Chem* 1995; 54: 45-9.
- Badolato ESG, Carvalho JB, Amaral-Melo MRP, Tavares M, Campos NC, Aued-Pimentel S, Morais C. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. *Rev Inst Adolfo Lutz* 1994; 54: 27-35.
- Zenebe T, Ahlgren G, Boberg M. Fatty acid content of some freshwater fish of commercial importance from tropical lakes in the Ethiopian Rift Valley. *J Fish Biol* 1998 53: 987-1005.
- Satué MT, López MC. Sex-linked differences in fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver oil. *Food Chem* . 1996; 57: 359-63.
- Navarro-Garcia G, Pacheco-Aguilar R, Valejo-Cordova B, Ramirez-Suarez JC, Bolaños A. Lipids composition of the liver oil of shark species from the Caribbean and Gulf of California waters. *J Food Comp Anal* 2000; 13: 791-8.
- Saito H, Ishihara K, Murase T. The fatty acid composition in Tuna (Bonito, *Euthynnus pelamis*) caught at three different localities from tropics to temperate. *J Sci Food Agric* 1997; 73: 53-9.
- Almeida NM. Composição em ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado e capturado na Amazônia Central. Campinas, 2004. [Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas].
- Luzia LA, Sampaio GR, Castellucci CMN, Torres, EAFS. The influence of season on the lipid profile of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chem* 2003; 83: 93-7.
- Andrade AD, Rubira AF, Matsushita M, Souza NE. ω 3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. *J Am Oil Chem Soc* 1995, 72: 1207-10.
- 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: 591-7.
- Maia EL, Rodriguez-Amaya DB, Franco MRB. Fatty acid of total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *J Food Comp Anal* 1994; 7: 240-251.
- Maia EL, Rodriguez-Amaya DB. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. *Food Sci Human Nutr* 1992; 633-42.
- Gutierrez LE, Silva RCM. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. *Society Agriculture* 1993; 50: 478-83.
- Rainuzzo JR, Reitan KI, Olsen Y. The significant of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 1997; 155: 103-15.
- Visentainer JV, Makoto M, Souza NE, Catharino RR, Franco MRB. Composição química e ácidos graxos em tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. *Rev Nac Carne* 2003; 313: 109-12.
- Hunter BJ, Roberts DCK. Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutr Res* 2000; 20: 1047-58.
- Visentainer JV, Souza NE, Makoto M, Hayashi C, Franco MRB. Influence of diets enriched with wax seed oil on the α -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Food Chem* 2005; 90: 557-60.
- Orban E, Di LG, Riceli A, Paoletti F, Casini I, Gambelli L, Caproni R. Quality characteristics of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) from different intensive rearing systems. *Food Chem* 2000; 70: 27-32.
- Moreira AB, Visentainer JV, Souza NE, Matsushita M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. *J Food Comp Anal* 2001; 14: 565-74.
- Viegas EMM, Barrera-Arellano D, Contreras-Guzmán ES. Effect of Diet with Palm Oil and Soybean Oil Deodorizer Distillate on Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Fatty Acid Composition. *Int Meet Fats Oils Technol Symp Exhibition* 1991; 193-6.
- Steffens W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture* 1997; 151: 97-119.
- Fracalossi DM, Lovell RT. Growth and liver polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipids sources at two water temperatures. *Prog Fish-Culturist* 1995; 57: 107-13.