

## IMPORTÂNCIA DE ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS PRESENTES EM PEIXES DE CULTIVO E DE AMBIENTE NATURAL PARA A NUTRIÇÃO HUMANA

[Importance of polyunsaturated fatty acids present in pond-reared and wild fish for human nutrition]

Héctor SUÁREZ-MAHECHA<sup>1,5</sup>, Alicia de FRANCISCO<sup>2</sup>, Luiz Henrique BEIRÃO<sup>2</sup>, Jane Mara BLOCK<sup>2</sup>, Adriana SACCOL<sup>4</sup>, Sandra PARDO-CARRASCO<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup> *Doutorando em Ciência dos Alimentos, UFSC. Instituto de Acuicultura, Universidad de los Llanos, Meta, Colombia*

<sup>2</sup> *Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFSC. SC. Brasil*

<sup>3</sup> *Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC. Instituto de Acuicultura, Universidad de los Llanos, Meta, Colombia*

<sup>4</sup> *Mestre em Aqüicultura UFSC*

<sup>5</sup> *Endereço/Address: Universidad de los Llanos, km. 12, vía Puerto López, Villavicencio, Meta, Colombia. AA 2621. Instituto de Acuicultura de los Llanos*

### RESUMO

O presente trabalho constitui uma revisão bibliográfica sobre a importância dos ácidos graxos ômega-3 para a nutrição humana, e de como a presença desses ácidos em peixes beneficia o homem, por tornar o peixe um alimento funcional na prevenção de certas doenças que o afetam atualmente. Nesse sentido, estudos vêm demonstrando que alguns peixes cultivados em viveiro contêm maior quantidade de ácidos graxos n-3 em sua carne, quando comparados a peixes de ambiente natural. Conseqüentemente, alguns peixes cultivados em viveiro podem fornecer mais PUFAs (Polyunsaturated Fatty Acids) n-3 em cada grama consumido, do que peixes capturados em seu ambiente natural, o que vem a ser uma vantagem para a piscicultura e um impulso ao desenvolvimento de técnicas para a criação de peixes em cativeiro, fato que facilita a produção padronizada de produtos para o comércio internacional.

**Palavras-chave:** ômega-3; peixes; EPA; DHA; ácidos graxos poliinsaturados; nutrição humana

### ABSTRACT

The present review article deals with the importance of omega-3 fatty acids in human nutrition, as well as with fish consumption as a functional food in the prevention of certain diseases that currently affect man. Studies have demonstrated that some pond-reared fish contain larger amounts of fatty acids n-3 in their meat, when compared to fish captured in the natural environment. Consequently, fish reared in captivity can supply more Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs) n-3 per consumed gram, than the wild one. This fact becomes an advantage to fish farming and an incentive for the development of aquaculture techniques, which, in turn, facilitates product standardization for international trade.

**Key words:** fish; omega-3; EPA; DHA; essential fatty acids; human nutrition

### Introdução

Atualmente, a produção de alimentos através da aqüicultura vem gerando profunda atenção da sociedade, levando ao desenvolvimento de pesquisas sobre a qualidade sanitária do alimento, o sistema de produção utilizado e o impacto causado por essa atividade no ambiente. Nesse sentido, entidades estudam o estabelecimento de disposições gerais para a produção e comércio de produtos da aqüicultura, com base em normas internacionais estabelecidas como obrigatórias. Entre elas encontram-se: análise de riscos e controle de pontos críticos, conhecida como HACCP (Hazard Analysis Critical Control

Point); Acordo Geral de Tarifas e Comércio, um acordo internacional em segurança alimentar no comércio de alimentos, conhecido como GATT (General Agreement on Tariffs and Trade), e Concílio Diretor da Comunidade Econômica Européia (The Council Directive 91/493/EEC), assim como FDA (Food and Drug Administration), do Departamento de Administração de Drogas e Alimentos dos Estados Unidos (JOSUPEIT; LEM; LUPIN, 2001). Entre outras, estas disposições são feitas para garantir a segurança alimentar e o fornecimento de produtos da aqüicultura com qualidade superior ou, no mínimo, igual à dos produtos advindos do ambiente natural.

A presente revisão demonstra a importância dos ácidos graxos poliinsaturados na alimentação humana, assim como a relevância das pesquisas realizadas com peixes de cultivo e de ambiente natural, com relação aos ácidos graxos Ômega 3, garantindo, dessa forma, o posicionamento dos peixes como produto para consumo humano.

### Nomenclatura ômega-3

As famílias de ácidos graxos ômega-3 (w-3 ou n-3) e ômega-6 (w-6 ou n-6), consistem de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs-Polyunsaturated Fatty Acids) contendo de 18 a 22 carbonos. A designação de ômega tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo metílico final da molécula de ácido graxo. Os ácidos graxos n-3 apresentam a primeira dupla ligação entre o terceiro e o quarto átomo de carbono, enquanto os ácidos graxos n-6 têm a primeira dupla ligação entre o sexto e o sétimo átomo de carbono (WILEY e SONS, 1979). Os principais ácidos graxos n-3 são o ácido linolênico 18:3, o ácido eicosapentaenóico (EPA) 20:5 e o ácido docosahexaenóico (DHA) 22:6, enquanto os principais n-6 são o ácido linoléico 18:2 (KINSELLA, 1990; MAYSER *et al.*, 1998) e o ácido araquidônico 20:4.

Entre as principais funções dos ácidos graxos estão o depósito de energia e a conformação das membranas celulares, sendo também precursores de substâncias, como as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos (BELDA e CAMPOS, 1991; HARRIS, 1999; NEURINGER *et al.*, 1986; LIN *et al.*, 1993). O número e a posição das duplas ligações determinam as propriedades físicas e químicas dos PUFAs. As famílias n-6 e n-3 têm diferentes funções fisiológicas e atuam em conjunto para regular os processos biológicos (NEWTON, 1996).

O ácido linoléico e o ácido  $\alpha$ -linolênico são ácidos graxos essenciais (EFA-Essential Fatty Acids) porque as duplas ligações, situadas no terceiro e sexto átomos de carbono, não podem ser produzidas pelo organismo humano, de forma que os ácidos graxos essenciais devem ser obtidos a partir da dieta. O ácido linoléico

e o ácido  $\alpha$ -linolênico, porém, podem ser alongados e dessaturados pelo sistema enzimático para produzir DHA e EPA, a partir de óleos vegetais provenientes da alimentação, porém isso ocorre em baixa porcentagem (BURR e BURR, 1929; CUNNANE, 1999; CHAWFORD, 1992; CONNOR, 2000), como será discutido adiante.

### Aspectos funcionais

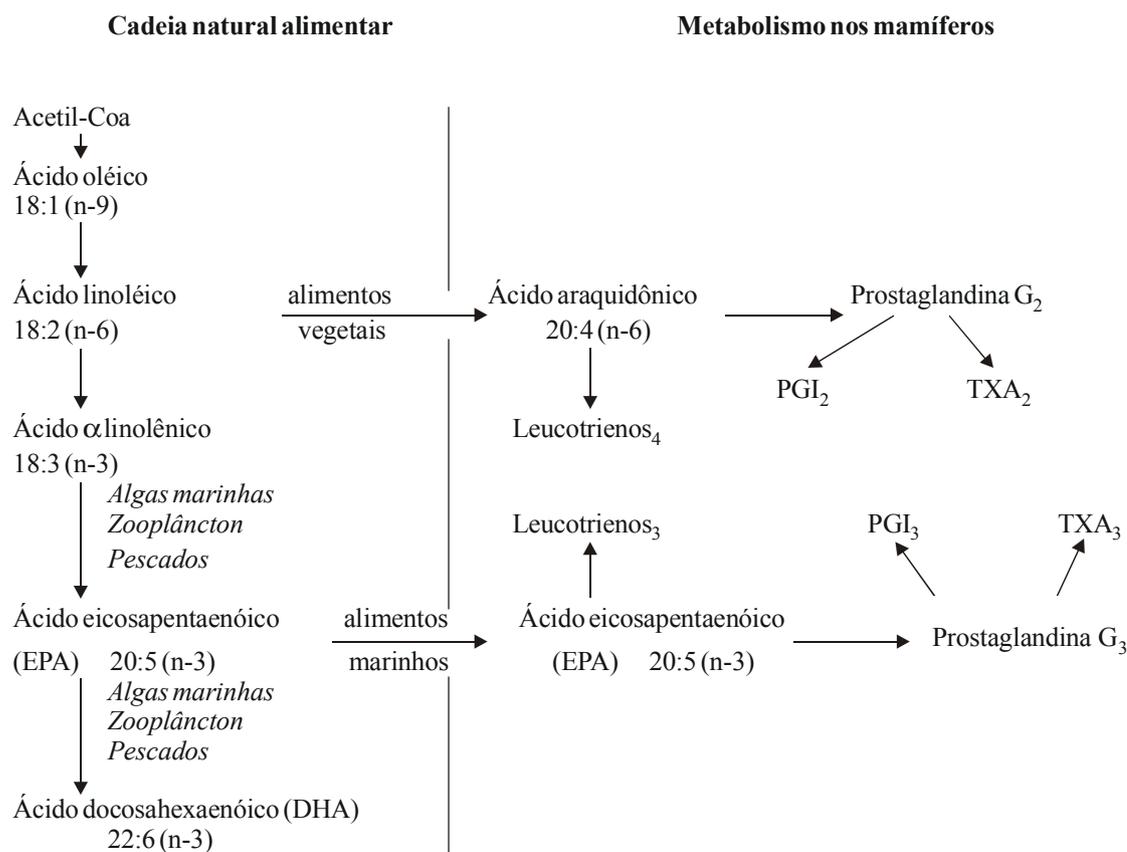
Os alimentos funcionais, ou nutracêuticos, são definidos como alimentos que, além dos nutrientes básicos, possuem propriedades de prevenção ou diminuição dos sintomas de certas doenças (FAST FORWARD INTO FUNCTIONAL FOODS, 1995). Dentre estes alimentos, destaca-se a carne de peixe, por seu conteúdo em EPA e DHA, estes também conhecidos como ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs) n-3.

Benefícios nutricionais e medicinais do EPA e DHA têm sido discutidos em muitos artigos e conferências. Entre os efeitos fisiológicos nos humanos, estão a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamações em geral, asma, artrite, psoríase e vários tipos de câncer (HEARN *et al.*, 1987; SIMOPOULOS, 1990; SIMOPOULOS e SALEM, 1989; KINSELLA, 1990; WARD, 1995; HIRAYARA, 1994; SCHMIDT e DYERBERG, 1994; MAYSER *et al.*, 1998; SANDER, 2000).

Os efeitos de proteção à saúde humana, produzidos pelo consumo de peixe ou do óleo de peixe, são atribuídos à presença de ácidos graxos n-3, principalmente EPA e DHA (HARRIS, 1999). Estes PUFAs, incorporados no interior da membrana celular, influem na permeabilidade da mesma, agindo nas funções de receptor, na atividade enzimática, citoquinas e na produção de eicosanóides (MEYDANI, 2000). Como se pode observar na figura 1, os n-6 geram eicosanóides das séries 2 e 4 e os n-3, eicosanóides das séries 3 e 5. Dependendo da procedência dos eicosanóides, o efeito fisiológico no organismo será diferente. O ácido linoléico converte-se em longas cadeias, tal como o ácido g-linolênico (GLA) e o ácido araquidônico (AA), através do

processo de dessaturação e alongação. O ácido graxo  $\alpha$ -linolênico é convertido em ácido eicosapentaenóico-EPA e em ácido docosahexaenóico-DHA. A taxa de conversão é muito baixa em humanos e diminui ainda mais à medida que a quantidade de ácido

linoléico aumenta, pois os dois substratos competem pelo mesmo sistema enzimático. Portanto, as fontes de n-3 obtidas através da ingestão de alimentos são muito importantes (FAO/WHO, 1994; WARD, 1995; NEWTON, 1996).



**Figura 1.** Biossíntese de ácidos graxos n-3 e formação de eicosanóides

Fonte: WARD, 1995

O ácido araquidônico (C20:4, n-6) é obtido a partir de três fontes: fosfolipídios de reserva do organismo, dieta e a partir do processo de alongamento e dessaturação do ácido linoléico (C18:2, n-6), muito freqüente nos alimentos e oxidado em presença da enzima lipoxigenase ou cicloxigenase, convertendo-se em peróxidos lineais ou cíclicos (endoperóxidos). Um peróxido cíclico transforma-se dentro das plaquetas em tromboxano-TXA<sub>2</sub> e, no endotélio dos vasos sanguíneos, em prostaciclina-PGI<sub>2</sub> e diversas prostaglandinas (STANSBY, 1982).

O consumo exclusivo e constante de gorduras vegetais contendo grandes quantidades de n-6 pode resultar em produção excessiva de eicosanóides e

peróxidos da série Leucotrienos<sub>4</sub>, PGI<sub>2</sub> e TXA<sub>2</sub>. Em um organismo sadio, quantidades extremamente baixas de eicosanóides são produzidas, enquanto que em tecidos alterados e em condições patológicas, como: inflamações, artrites, hemorragias, lesões vasculares e oncogêneses, grandes quantidades são sintetizadas. Estes fenômenos têm relação com as prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanos e radicais livres dos peróxidos. É necessário também destacar como são importantes os efeitos antagonistas do tromboxano e a prostaciclina. O tromboxano favorece a agregação das plaquetas, enquanto que a prostaciclina inibe a agregação das plaquetas e dispersa os agregados já formados. O aparecimento de escleroses,

por exemplo, está relacionado a um déficit de prostaciclina (HEARN *et al.*, 1987; SANDER, 2000; SIMOPOULOS, 1990).

Os PUFAs contidos na dieta reduzem o nível de colesterol e de lipoproteínas de baixa densidade no sangue, mas, ao mesmo tempo, a presença de grandes quantidades de n-6 pode resultar em uma produção excessiva de eicosanóides e peróxidos com maior capacidade para inibir a síntese de prostaciclina. Neste sentido, os ácidos graxos EPA e DHA provenientes da carne de peixe incorporam-se facilmente aos fosfolípidios no lugar do ácido araquidônico e entram para o ciclo produzindo eicosanóides ou docosanóides apropriados, como Leucotrienos<sub>3</sub>, PGI<sub>3</sub>, TXA<sub>3</sub>. Os ácidos graxos n-3 são, portanto, pobres geradores de peróxido quando comparados ao ácido araquidônico e constituem falsos substratos para a cicloxigenase, conseguindo inibir a síntese posterior de eicosanóides não apropriados. Assim como o EPA inibe a síntese de prostaciclina e tromboxano, o DHA inibe preferencialmente a síntese de tromboxano. Isto significa que o DHA é um melhor fator antitrombótico, além do tromboxano TXA<sub>3</sub> gerado a partir do n-3, que é um fator favorecedor da agregação plaquetária, muito mais débil que o tromboxano-TXA<sub>2</sub>, gerado a partir do ácido araquidônico (LANDS, 1986).

No que diz respeito à formação de trombos, estudos clínicos e epidemiológicos têm demonstrado que efeitos anti-trombogênicos podem ser atribuídos a um aumento de ácidos graxos n-3 na dieta. Um aumento relativo no conteúdo de ácido eicosapentaenóico, comparado ao do ácido araquidônico, poderia diminuir a tendência de agregação plaquetária, devido ao balanço entre tromboxanos e prostaciclina e ao seu efeito vasodilatador. Esta é uma entre as várias funções dos ácidos graxos n-3, que atuam no sistema cardiovascular e contribuem para a redução da tendência de formação de trombos (WEBER e LEAF, 1991).

Estudos sobre a cinética dos ácidos graxos nos humanos têm demonstrado que somente 15% do ácido linolênico (ALA) da dieta são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa n-3, com um consumo

de 15 g/dia de ácido linoléico (5% da energia) e 2 g/dia de ALA (0,6% da energia). Quando a quantidade de ácido linoléico na dieta é incrementada para 30 g/dia, a conversão de ALA para ácidos graxos de cadeia longa n-3 diminui em 40% (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000), o que demonstra que o homem não possui um sistema eficiente para alongar e dessaturar estes compostos. Entre os peixes, a truta arco-íris criada em cativeiro possui um eficiente sistema enzimático para converter ácido linolênico C18:3n-3 em EPA e DHA, melhorando os níveis destes. Outras espécies de peixes também podem produzir EPA e DHA a partir do ácido  $\alpha$ -linolênico, com diferentes graus de eficiência (PIGOTT e TUCKER, 1990).

Como foi mostrado anteriormente, os ácidos graxos n-3 são de suma importância na nutrição humana, devendo existir uma relação adequada entre n-6 e n-3, uma vez que um balanceamento inadequado poderia acentuar um estado de deficiência de n-3, como é relatado em várias pesquisas. Em sociedades industrializadas, a relação entre n-6 e n-3 teria aumentado devido ao incremento do consumo de óleos vegetais ricos em ácido linoléico e redução do consumo de alimentos ricos em ácidos graxos n-3 (CONNOR, 2000).

### Consumo de gorduras

A maior parte da população ocidental não consome, em níveis adequados, ácidos graxos n-3 de cadeia longa, obtidos através de fontes naturais. Nos EUA, por exemplo, a média de proporção entre n-6 e n-3 é de 20-30:1, enquanto que a proporção tolerada seria 10:1 e ideal 4 a 5:1 (MENEGALDO, 1999). Recomenda-se uma ingestão máxima de gordura correspondente a 30% do total energético da dieta e uma proporção de 1:2:1,5 para ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente, segundo American Heart Association-AHA e Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição-SBAN (METZ *et al.*, 1997; VANNUCCHI, 1990).

Atualmente, tem-se utilizado a incorporação de ácidos graxos n-3 a alimentos. Na Europa, por exemplo, é prática comum a formulação de pães e

margarinas com óleo de peixe. A produção de ovos com teores elevados de DHA é possível, alimentando-se as galinhas com rações enriquecidas com este ácido, geralmente através da adição de microalgas. A incorporação de ácidos graxos n-3, especialmente a pães, tem sido indicada como um procedimento ideal, pois o dióxido de carbono gerado durante o assar age como antioxidante, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos n-3, enquanto os pães estão sob altas temperaturas (MENEGALDO, 1999).

### Peixes de cultivo e de ambiente natural

Com o passar do tempo, tem-se demonstrado a importância de conhecer os níveis de ácidos graxos ômega 3 presentes na carne de peixes provenientes de ambiente natural e de cultivo, pelas razões anteriormente citadas e por sua relevância nas disposições que estão sendo discutidas sobre o comércio internacional de produtos da aquicultura. Embora os resultados de alguns estudos sejam contraditórios, segundo PIGOTT e TUCKER (1990), as atuais práticas de aquicultura não enfatizam a quantidade necessária de n-3 que deve estar presente na dieta dos peixes. Os peixes de ambiente natural consomem maior quantidade de n-3 devido ao fato de sua dieta conter níveis mais elevados do mesmo, diferentes dos peixes de cultivo, que recebem n-3 de fontes oleaginosas. Isto ocorre porque os ingredientes das dietas de peixes de cultivo têm sido controlados mais em função de custos, do que em função da importância dos valores nutricionais da carne do peixe para o consumidor. Não obstante, SUZUKI *et al.* (1986) e SUGANO e HIRAHARA (2000) apresentam dados favoráveis de n-3 em peixes de cultivo, fato possivelmente relacionado com as características de cada espécie e com o sistema de cultivo utilizado. De acordo com SUGANO e HIRAHARA (2000), os peixes de cultivo de água salgada, “Sweet fish”, “Yellow tail”, “Sea bream”, e o camarão de água doce “Tiger prawn” contêm mais ácidos graxos n-3 que esses mesmos peixes em ambiente natural, podendo prover maior quantidade de PUFA n-3 por grama consumido, como pode ser observado nos quadros 1 e 2.

SUZUKI *et al.* (1986) apresentam uma revisão sobre o conteúdo de n-3 em carpa comum (*Cyprinus carpio*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e enguia (*Symbranchus marmoratus*), como pode ser observado no quadro 3. Neste trabalho os autores relatam que a truta em ambiente natural contém valores mais altos de DHA que a truta de cultivo, embora esta última apresente maior quantidade de n-3, enquanto para a enguia existe apenas uma pequena diferença entre os n-3 de exemplares cultivados e da natureza. Também existe em carpa de cultivo uma maior quantidade de EPA, quando comparada com a de ambiente natural.

ANDRADE *et al.* (1997) determinaram a quantidade de EPA e DHA na carne de 17 espécies de peixes de água doce do Brasil. As espécies estudadas foram: barbado (*Pinirampus pinirampu*), carpa (*Cyprinus carpio*), cascudo abacaxi (*Megaloancistrus aculeatus*), cascudo cachorro (*Pterodoras granulosus*), corvina (*Plagioscion squamosissimus*), curimba (*Prochilodus lineatus*), dourado (*Salminus maxillosus*), jurupoca (*Hemisorubim platyrhinchos*), mandi (*Pimelodus maculatus*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), piapara (*Leporinus elongatus*), piau (*Leporinus frederici*), pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), piranha (*Serrasalmus marginatus*), tilápia (*Oreochromis niloticus*), traíra (*Hoplias malabaricus*) e truta (*Salmo* sp.). De acordo com os resultados obtidos, os ácidos graxos poliinsaturados mais abundantes encontrados foram o ácido linoléico (C18:2n6), linolênico (C18:3n3) e docosahexaenóico (C22:6n3). Os PUFA n-3, para espécies como truta, contêm mais de 27% do total de ácidos graxos, e valores de 24% e 17% foram obtidos para corvina e piau, respectivamente. Os resultados mostram ainda que espécies, como barbado, com 1,62% e 3,92%; pintado, com 2,97% e 4,29%, e truta, com 1,69% e 11,89%, de EPA e DHA respectivamente, são ótimas fontes. Os valores de DHA em todas as espécies estão entre 1,82% e 12,80%, exceto em pacu e tilápia, que apresentam valores mais altos de EPA. A maioria dos peixes de água doce examinados são ótimas fontes de ácidos graxos poliinsaturados n-3, ficando os

valores destes entre 2,95% e 27,44%. Entretanto, RAMOS FILHO *et al.* (2001) relatam que pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) não são fontes de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente EPA e DHA. Várias pesquisas reportam altos valores encontrados em espécies de água doce e ambiente natural para EPA e DHA. MAIA *et al.* (1998) registraram para várias espécies do rio Amazonas, os seguintes níveis de EPA e DHA: para *Cichla* sp., 6,47 e 7,19%, *Pellona castelnaena*, 9,57 e 19,28% e *Liposarcus pardalis*, 9,15 e 4,46%,

respectivamente. ANDRADE *et al.* (1995) encontraram, para *Plagioscion squamosissimus*, 11,67 e 10,34%, para *Salminus maxillosus*, 4,80 e 7,08%, para *Hoplias malabaricus*, 6,05 e 6,47%, e para *Pseudoplatystoma coruscans*, 4,32 e 7,61%, para EPA e DHA, respectivamente. Valores inferiores a 2% foram relatados para *Cyprinus carpio*, *Pimelodus maculatus*, *Oreochromis niloticus* e *Leporinus elongatus*. MAIA; RODRÍGUEZ-AMAYA; FACO (1994) reportam 1,5% para EPA e 2,4% para DHA em *Prochilodus scrofa* de ambiente natural.

**Quadro 1.** Teor de ácidos graxos poliinsaturados em organismos aquáticos de ambiente natural e de cultivo

Espécie	Nome científico	Total gordura % em peso	Ácidos graxos (%)		Relação	
			n-6	n-3	P:S	n-6:n-3
“Sweet fish” Ambiente natural	<i>Plecoglossus altivelis</i>	5,5	4,6	25,5	0,84	0,18
		Cultivado	10,4	9,2	13,0	0,58
“Yellow tail” Ambiente natural	<i>Seriola quinqueradiata</i>	17,6	3,0	27,0	0,85	0,11
		Cultivado	16,1	4,0	32,1	1,14
“Sea bream” Ambiente natural	<i>Chrysophrys major</i>	3,4	3,5	21,6	0,78	0,16
		Cultivado	14,8	5,1	30,1	1,27
Camarão de água doce Ambiente natural	<i>Penaeus monodon</i>	0,7	5,8	40,4	1,71	0,14
		Cultivado	0,7	12,1	34,1	1,63

P:S = Relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados  
Fonte: Adaptado de SUGANO e HIRAHARA (2000)

**Quadro 2.** Conteúdo de ácidos graxos n-3 em alguns organismos aquáticos de cultivo

Espécie	Nome científico	Ácido graxo n-3 (% por peso)
“Mackerel”	<i>Trachurus japonicus</i>	1,8-5,3
Arenque	<i>Clupea harengus</i>	1,2-3,1
Salmão	<i>Salmo salar</i>	1,0-1,4
Atum	<i>Thunnus thunys</i>	0,5-1,6
Truta	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,5-1,6
Halibute	<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0,4-0,9
Camarão	<i>Litopeneus vanamey</i>	0,2-0,5
Bacalhau	<i>Gadus morrhua</i>	0,2-0,3
Linguado	<i>Paralichthys olivaceus</i>	0,2
Linguado	<i>Paralichthys</i> sp	0,2

Fonte: Adaptado de SUGANO e HIRAHARA (2000)

**Quadro 3.** Conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados em alguns peixes de água doce, cultivados em viveiro e encontrados na natureza.

Espécie	Ácidos graxos				
	Total PUFAs (%)	%		Relação	
		n-6	n-3	n-3 n-6	C20+C22 n-6
Carpa da natureza	29,3	13,5	15,8	1,17	1,04
Carpa cultivada	25,7	16,1	9,6	0,59	0,53
Truta da natureza	30,5	6,6	23,9	3,62	2,58
Truta viveiro	43,5	11,6	31,9	2,75	2,67
Enguia da natureza	11,9	4,9	7,0	1,43	0,47
Enguia viveiro	8,9	2,3	6,6	2,87	2,74

Fonte: SUZUKI *et al.* (1986)

Para algumas espécies de *Brycon*, como matrinxã (*Brycon cephalus*), piraputanga (*B. microlepis*) e piracanjuba (*B. orbignyanus*), MOREIRA *et al.* (2001) relatam que peixes em seu ambiente natural, apresentam maiores quantidades de ácidos graxos poliinsaturados n-3, quando comparadas às de peixes de cultivo. Os valores encontrados foram 3,61% e 3,06%, para *B. microlepis* e *B. Orbignyanus*, respectivamente. Já os valores encontrados para EPA e DHA foram inferiores a 1,60% para todas as espécies de cultivo. Mesmo assim, a relação encontrada entre n-6 e n-3 para os peixes de cultivo foi 5,07 para *B. orbignyanus* e 8,79 *B. cephalus*, que é superior à recomendada pela American Heart Association–AHA, pela Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição–SBAN (METZ *et al.*, 1997; VANNUCCHI, 1990) e pelo Departamento de Saúde do Reino Unido (BNF, 1992), que consideram ótima uma relação de 4. Em ambiente natural foi encontrada relação de 1,79 para *B. microlepis* e de 1,14 para *B. orbignyanus*. Nesse aspecto, ANDRADE *et al.* (1995) relatam baixos valores dessa relação encontrados em peixes de ambiente natural, como o barbado (*Pinirampus pinirampu*): 0,27, a corvina (*Plagioscion squamosissimus*): 0,24 e o dourado (*Salminus maxillosus*): 0,4.

De forma geral, considera-se que peixes de cultivo de água doce contêm menor quantidade de n-3 e maior quantidade de n-6 (JAHNCKE *et al.*, 1988; SUZUKI *et al.*, 1986; VANVLIET e KATAN, 1990;

CHANMUGAM; BOUDREAU; HWANG 1986; BELL; HENDERSON; SARGENT, 1986), embora pesquisas citadas anteriormente mostrem alguns casos de espécies de água doce que apresentam maiores quantidades de ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs) n-3. De outra parte, tem-se recomendado a suplementação dessa substância com algas adicionadas diretamente à ração, possivelmente para aumentar os níveis de n-3, especialmente EPA e DHA, para valores semelhantes aos encontrados em peixes de ambiente natural (SATO; POE; WILSON, 1989; STICKNEY e ANDREWS, 1972).

CHANMUGAM; BOUDREAU; HWANG (1986) sugerem que os níveis de n-3 possam ser incrementados por manipulação da dieta. Além disso, é importante conhecer as quantidades de fitoplâncton e zooplâncton presentes na água e o tipo de alimentação do peixe, pois a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados presentes na carne dos peixes varia principalmente em função do tipo de alimentação e de outros fatores, como idade, tamanho, estado reprodutivo, localização geográfica e fatores sazonais. Os HUFAs têm um papel importante na manutenção da integridade das membranas celulares e são requeridos para um ótimo transporte de lipídios através das mesmas. Por outro lado, o ponto de fusão dos ácidos graxos está relacionado com o número de insaturações, sendo que quanto maior o número, mais baixo o ponto de fusão. Assim, peixes de

clima frio apresentam maior exigência nutricional por HUFAs para garantir a permeabilidade de suas membranas em baixas temperatura (ACKMAN, 1989; NETTLETON, 1985; SAITO *et al.*, 1999).

Entretanto, há diferentes formas de sintetizar EPA ou DHA. Neste sentido, destaca-se a produção por microrganismos, os quais são cultivados sob condições controladas, e cuja diversidade de espécies facilita a seleção de cepas produtoras. Desta forma, para a produção de EPA são utilizadas algas marinhas fotossintéticas, como *Phaeodactylum tricorutum* ou a bactéria marinha *Shewanella putrefaciens*.

Existem também fatores que afetam o crescimento controlado destes microrganismos; entre eles pode-se incluir: composição do meio, aeração, intensidade da luz (para microrganismos fotossintéticos), temperatura, idade da cultura e, em sistemas de fermentação contínuos, a taxa de diluição da cultura. Segundo WARD (1995), alguns fatores devem ser levados em conta para a produção de EPA e DHA, como, por exemplo, o nitrogênio, que, sob estresse, condicionou a produção de alta porcentagem de EPA em *Botryococcus* e *Dunaliella*. Em contraste, a proporção de PUFAs em algas de água doce, *Scenedesmus* e *Chlorella*, aumentou através do uso de altos teores de nitrogênio. A incorporação de ácidos graxos ao meio pode suprimir a biossíntese de outros ácidos graxos por microrganismos, como a utilização dos ácidos oléico, linoléico ou linolênico. Em cultivos de *Euglena gracilis* obtém-se a produção de PUFAs, especialmente ARA e EPA. Já em espécies de *Mortierella*, a incorporação de óleo de linhaça, que contém altos níveis de ácido  $\alpha$ -linolênico, promove a produção de EPA sob altas temperaturas de incubação. Na ausência de ácido  $\alpha$ -linolênico, o EPA é produzido sob baixas temperaturas, usualmente inferiores a 12°C. A intensidade da luz e os ciclos de luminosidade-escuridão podem influir na produção de PUFA por algas fotossintéticas, sendo que, em algumas algas fotossintéticas, a

ausência de luz promove a síntese de ácidos graxos n-6, suprimindo a formação de n-3. Ao contrário disso, a baixa intensidade de luz promove a formação e acumulação de PUFAs em algumas diatomáceas e em euglenoides, como *Cyclotella*, *Nitzschia* e *Euglena*.

Sem dúvida, o conhecimento sobre a importância dos n-3 PUFAs terá um efeito profundo no desenvolvimento da aquicultura comercial. O aumento da criação de peixes em cativeiro vem gerando uma expansão desta área em nível comercial, e para que esta indústria se desenvolva e seja valorizada por seus produtos é preciso dar maior ênfase à divulgação dos benefícios do consumo de peixe para a saúde humana, formando uma nova imagem sobre a importância e as qualidades do peixe de cultivo como alimento funcional para a população humana.

### Referências Bibliográficas

- ACKMAN, R.G. 1989 Nutritional composition of fats in seafoods. *Progress in Food and Nutrition Science*, 13: 161-241.
- ANDRADE, A.D.; RUBIRA, A.F.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E. 1995 Omega-3 fatty acids in freshwater fish from south Brazil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72: 1207-1210.
- ANDRADE, D.A.; VISENTAINER, V.J.; MATSUSHITA, M.; de SOUZA, E. 1997 Omega-3 fatty acids in baked freshwater fish from south of Brazil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 47 (1): 73:76.
- BELADA, M.C.R. e CAMPOS, M.A.P. 1991 Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 11: 5-33.
- BELL, M.V.; HENDERSON, R.J.; SARGENT, J.R. 1986 Minireview. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 83B: 711-719.
- BNF 1992 Unsaturated fatty acids: Nutritional and physiological significance. *The report of the British Nutrition Foundation's task force*.
- BURR, G.O. e BURR, M.M. 1929 A new deficiency disease produced by rigid exclusion of fat from the diet. *J. Biol. Chem.*, 82: 345-367.

- CHANMUGAM, P.; BOUDREAU, M.; HWANG, D.H. 1986 Differences in the n-3 fatty acid contents in pondreared and wild fish and shellfish. *J. Food Sci.*, 51: 1556-1557.
- CHAWFORD, M.A. 1992 The role of dietary fatty acids in biology: Their place in the evolution of the human brain. *Nutr. Rev.*, 50: 3-11.
- CONNOR, W.E. 2000 Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71(suppl): 171s-175s.
- CUNNANE, S.C. 1999 Modeling human infant requirements for long-chain polyunsaturated fatty acids. *British Journal of Nutrition*, 82: 163-164.
- FAST FORWARD INTO FUNCTIONAL FOODS. 1995 *Prepared Foods*. New York: Virginia Dare Company Inc. p.38-48.
- FAO/WHO 1994 *Lipids in early development in fats and oil in human nutrition*. n.57. p.49-55.
- HARRIS, W.S. 1999 Nonpharmacologic treatment of hypertriglyceridemia: focus on fish oils. *Clin. Cardiol.*, 22(suppl. II): 40-43.
- HEARN, T.L.; SGOUTAS, S.A.; HEARN, J.A.; SGOUTAS, D.S. 1987 Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. *J. Food Sci.*, 52: 1209-1211.
- HIRAYARA, T. 1994 Japanese studies on diet and cancer. In: HILL, M.J.; GIACOSA, A.; CAYGILL, C.P.J. eds. *Epidemiology of diet and cancer*. Chichester: Ellis Horwood. p.17-64.
- JAHNCKE, M.L.; HALE, M.B.; GOOCH, J.A.; ANDHOPKINS, J.S. 1988 Comparison of pondraised and wild red drum (*Sciaenops ocellatus*) with respect to proximate composition, fatty acid profiles, and sensory evaluations. *J. Food Sci.*, 53: 286-287
- JOSUPEIT, H.; LEM, A.; LUPIN, H. 2001 Aquaculture products: quality, safety, marketing and trade. In: R.P. SUBASINGHE, P. BUENO, M.J. PHILLIPS, C. HOUGH, S.E. MCGLADDERY, J.R. ARTHUR eds. *Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*. Bangkok: NACA, Bangkok and FAO, Rome, 20-25 February. p.249-257.
- KINSELLA, J.E. 1990 Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52: 1-28.
- KRIS-ETHERTON, P.M.; SHAFFER, T.D.; YU-POTH, S.; HUTH, P.; MORIARTY, K.; FISHELL, V.; HARGROVE, L.R.; ZHAO, G.; ETHERTON, D.T. 2000 Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71: (suppl): 179s-188s.
- LANDS, W.E.M. 1986 *Fish in human health*. Orlando: Academic Press, Florida.167p.
- LIN, D.S.; CONNOR, W.E.; WOLF, D.P.; NEURINGER, M.; HACHEY, D. L. 1993 Unique lipids of primate spermatozoa: demosterol and docosahexaenoic acid. *J. Lipid Res.*, 34: 491-499.
- MAIA, E.L.; CARVALHO, N.L.; OGAWA, N.B.P.; UEDA, B.; YAMASHI, T.; WATANABE, E.; OGAWA, M. 1998 Fatty acids composition of Amazon river fishes. In: BRAZILIAN CONGRESS OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 16, Rio de Janeiro, 1998. *Annals...* Rio de Janeiro. p.1154-1157.
- \_\_\_\_\_; RODRIGEZ-AMAYA, D.B.; FACO, M.R.B. 1994 Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *J. Food Comp. Anal.*, 7: 240-251.
- MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J.; CRISTHOPHER, E.; JABLONSKA, S.; SALMOHOFER, W.; SCHILL, W.B.; KRAMER, H.J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. 1998 Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 38: 421.
- MENEGALDO, T.J. 1999 Enriquecimento de alimentos com ácidos graxos n-3. *Engenharia de Alimentos*, 27: 2.
- METZ, D.A.; KRIS-ETHERTON, P.M.; MORRIS, C.D.; MU STAD, V.A.; STERN, J.S.; OPARIL, S.; CHAIT, A.; HAYNES, R.B.; RSNICK, L.M.; CLARK, S.; HATTON, D.C.; MCMAHON, M.; HOLCOMB, S.; SNYDER, G.W.; PISUNYER, X.; MCCARRON, D.A. 1997 Dietary compliance and cardiovascular risk reduction with a prepared meal plan compared with a self-selected diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, 66: 373-385.
- MEYDANI, M. 2000 Omega-3 fatty acids alter soluble markers of endothelial function in coronary heart disease patients. *Nutrition Reviews*, 58(2): 56-59.

- MOREIRA, A.B.; VISENTAINER, J.V.; de SOUZA, N.; MATSUSHITA, M. 2001 Fatty Acids Profile and Cholesterol Contents of Three Brazilian *Brycon* Freshwater Fishes. *J. Food Comp. Anal.*, 14: 565-574.
- NETTLETON, J.A. 1985 *Seafood nutrition*. New York: Van Nostrand Reinhold. 362p.
- NEURINGER, M.; CONNOR, W.E.; LINS, D.S.; BARSTAD, L.; LUCK, S. 1986 Biochemical and functional effects of prenatal and postnatal omega-3 fatty acid deficiency on retina and brain in rhesus monkeys. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA, 83: 4021-4025.
- NEWTON, I.S. 1996 Food enrichment with long-chain n-3 PUFA. *Food Technology*, 7(2): 169-177.
- PIGOTT, G.M. e TUCKER, W.B. 1990 *Seafood effects of technology on nutrition*. In: MARCEL DEKKER, Inc. p.263.
- RAMOS FILHO, M.M.; FERREIRA, A.A.; RAMOS, M.I.L.; HIANE, PA. 2001 Alimentos para o século 21 – desafios e tendências para a América Latina. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001. p.43.
- SAITO, H.; YAMASHIRO, R.; ALASALVAR, C.; KONNO, T. 1999 Influence of diet on fatty acids of three subtropical fish, subfamily Caesioninae (*Caesio diagramma* and *C. tile*) and family Siganidae (*Siganus canaliculatus*). *Lipids*, 34: 1073-1082.
- SANDER, A.B.T. 2000 Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71(suppl): 176s-178s.
- SATOH, S.; POE, W.E.; WILSON, R.P. 1989 Effect of dietary n-3 fatty acids on weight gain and liver polar lipid fatty acid composition of fingerling channel catfish. *J. Nutrition*, 119: 23-28.
- SCHMIDT, E.B. e DYERBERG, J. 1994 Omega-3 fatty acids current status in cardiovascular medicine. *Drugs*, 47: 405-424.
- SIMOPOULOS, A.P. e SALEM, N.J. 1989 Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. *N. Engl. J. Med.*, 321: 1412-1415.
- SIMOPOULOS, A. 1990 Omega-3 fatty acids in health and disease. *Nutrition and aging*, 1:129-156.
- STANSBY, M.E. 1982 Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industry use, in Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products. In: MARTIN, R.E.; FLICK, G.J.; HEBARD, C.E.; WARD, D.R. Eds. Westport: AVI Publishing, CT. p.75.
- STICKNEY, R.R.M. e ANDREWS, J.W. 1972 Effects of dietary lipids on growth, food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. *J. Nutrition*, 102: 249-258.
- SUGANO, M. e HIRAHARA, F. 2000 Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Japan. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71(suppl): 189s-196s.
- SUZUKI, H.; OKAZAKI, K.; HAYAKAWA, S.; WADA, S.; TAMURA, S. 1986 Influence of commercial dietary fatty acids on polyunsaturated fatty acids of cultured freshwater fish and comparison with those of wild fish of the same species. *J. Agric. Food Chem.*, 34: 58-60.
- VANNUCCHI, H. 1990 Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. *Cadernos de Nutrição*, São Paulo, 2: 63-67.
- VANVLIET, T. e KATAN, M.B. 1990 Lower ratio of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51: 1-2
- WARD, O.P. 1995 Microbial production of long-chain PUFAs. *Biotechnology Inform*, 6(6): 683-687.
- WEBER, P.C. e LEAF, A. 1991 World. *Rev. Nutr. Diet.*, 66: 218.
- WILEY, J. e SONS 1979 Bailey's Industrial Oil and Fat Products. In: SWERN, D. Ed. *Structure and composition of fats and oils*. v.1, 841p.