



Os ácidos graxos são substâncias indispensáveis para o funcionamento do organismo, uma vez que desempenham funções fisiológicas específicas, como a formação de alguns hormônios e o transporte das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. Além disso, são componentes fundamentais em todas as membranas neuronais, estando relacionados ao bom crescimento e desenvolvimento.

Os mamíferos sintetizam determinados ácidos graxos saturados e insaturados, mas, em se tratando de ácidos graxos poli-insaturados, essa capacidade é limitada. Eles possuem uma considerável importância no organismo por transformarem-se em substâncias biologicamente mais ativas, com funções no equilíbrio homeostático, e em componentes estruturais das membranas celulares e do tecido cerebral e nervoso. Contudo, esses ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo organismo humano, precisando ser obtidos por meio da dieta alimentar.

Os ácidos graxos poli-insaturados pertencentes à série do ômega-3 estão entre os compostos biologicamente ativos mais pesquisados da atualidade. Estudos reportam seus efeitos sobre doenças cardiovasculares, câncer, Alzheimer, depressão, autismo, aterosclerose, doenças inflamatórias, entre outras.

Neste capítulo, serão revistos os conceitos de ácidos graxos, a importância da série ômega-3 e suas fontes, e funções e aplicabilidades na indústria, na alimentação, na prevenção de doenças e na manutenção do organismo humano.

10.1 Química

Os ácidos graxos são classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (PUFAs), dependendo da presença e do número de ligações duplas insaturadas na cadeia.

Os ácidos graxos saturados, como o ácido esteárico, não apresentam ligações duplas em sua cadeia. Os ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, conhecido como ômega-9, apresentam uma dupla ligação em sua estrutura. Os PUFAs apresentam pelo menos duas ligações duplas e são divididos em ácidos graxos da série ômega-3, derivados do ácido alfa-linolênico (ALA, C18: 3n-3), e ácidos graxos da série ômega-6, derivados do cis-ácido linoleico (LA, C18: 2n-6), dependendo da localização da primeira ligação dupla, contando a partir do final metil da molécula de ácido graxo. A classificação dos ácidos graxos está bem clara na Fig. 10.1.

Ácidos graxos ômega-3 têm sua primeira ligação dupla entre o terceiro e o quarto átomos de carbono, enquanto ácidos graxos ômega-6 têm sua primeira ligação dupla entre o sexto e o sétimo átomos de carbono a partir do grupo metila terminal, como pode ser observado na Fig. 10.2.

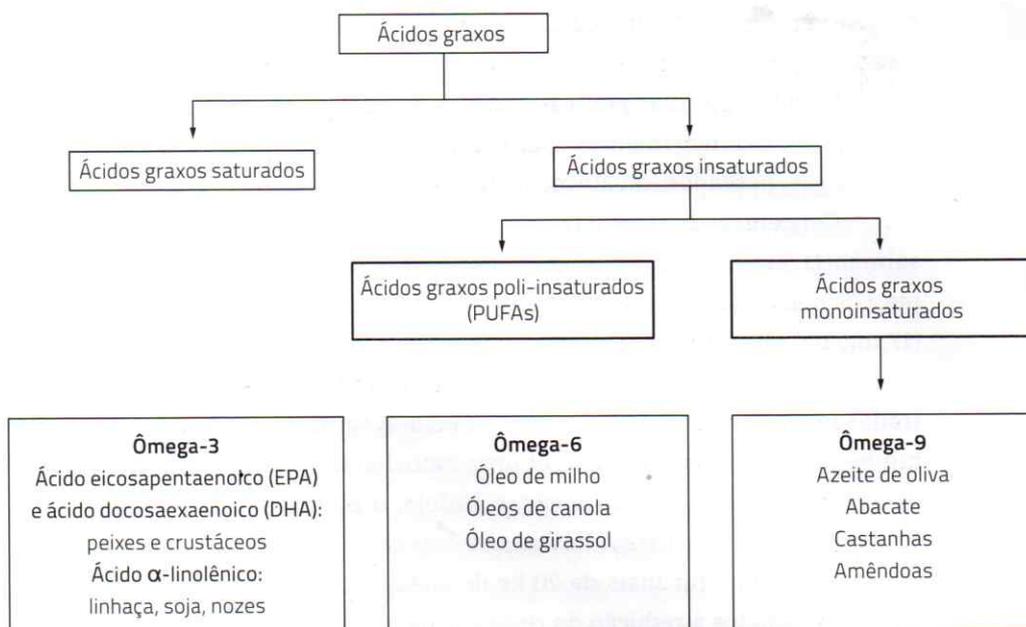


Fig. 10.1 Classificação dos ácidos graxos de acordo com o número de duplas ligações

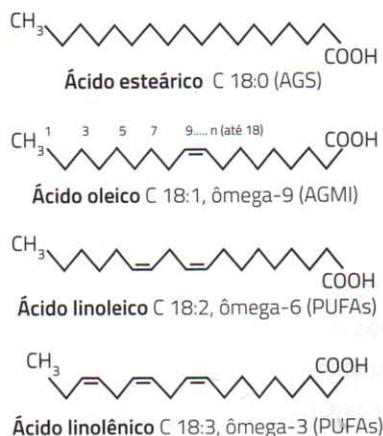


Fig. 10.2 Estruturas de ácidos graxos

Na série ômega-3, pode-se destacar os ácidos graxos de cadeia longa eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA), com 20 e 22 átomos de carbono, respectivamente, os quais estão naturalmente presentes em frutos do mar e têm sido amplamente pesquisados por seus possíveis benefícios à saúde.

10.2 Fontes de ômega-3

Os ácidos graxos da série ômega-3 envolvem ácido linolênico, EPA e DHA.

O ácido linolênico está presente tanto em espécies vegetais quanto animais. Pode ser encontrado em hortaliças com folhas de coloração verde-escura, nozes, óleo de canola e também no óleo e na semente de linhaça (o

conteúdo de ácido linolênico corresponde a mais de 50% dos ácidos graxos totais da linhaça).

Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (PUFAs) EPA e DHA estão presentes em maiores quantidades em organismos marinhos, como microalgas, pescados, crustáceos e moluscos.

Concentrações elevadas de EPA + DHA podem ser encontradas no salmão (1.533 mg/100 g), no escamudo-do-alasca (236 mg/100 g), na tilápia (76 mg/100 g), no bacalhau-do-atlântico (253 mg/100 g) e no *pangasius* (17 mg/100 g) (Cladis et al., 2014).

No Brasil, as maiores concentrações de ômega-3 costumam ser encontradas na pescadinha, seguida pelo salmão. A sardinha (*Opisthonema oglinum*) também merece destaque por ser uma fonte barata e amplamente disponível de EPA e DHA. Em contraposição, o badejo, o pirarucu e o namorado apresentam quantidades insignificantes de ômega-3. Trabalhos indicam que seria necessário consumir mais de 20 kg de badejo para atingir os valores usualmente associados à redução do risco cardiovascular (Scherr et al., 2015).

Entre os óleos extraídos de peixes, os de sardinha e os de alabote parecem fornecer quantidades relativamente altas tanto de EPA quanto de DHA. Espécies pequenas geralmente são mais usadas na produção de óleos de peixe, pois espécies de tamanho relativamente maior em geral têm níveis mais elevados de contaminantes.

O salmão-do-atlântico é amplamente conhecido e divulgado como uma fonte de EPA e DHA. O conteúdo de EPA e DHA do salmão selvagem é proveniente das algas presentes nas águas profundas, alimento natural desses peixes. No entanto, o salmão mais disponível comercialmente em nosso país não é o salmão selvagem, mas o de cativeiro.

As quantidades de EPA e DHA no salmão de cativeiro dependem diretamente de sua ração. Normalmente, essa ração contém quantidades suficientes de EPA e DHA, já que esses nutrientes são necessários ao peixe, que, assim como o homem, não consegue sintetizá-los. No entanto, visando à redução de custos, o produtor de salmão muitas vezes adiciona à ração óleo vegetal, que apresenta quantidades elevadas de ômega-6, modificando assim o perfil lipídico do pescado.

O conteúdo de ácidos graxos nos animais de águas marinhas pode variar consideravelmente, mesmo dentro de uma única espécie, dependendo da época do ano em que são pescados e da área de pesca, assim como em virtude da idade e do sexo do peixe. As variações sazonais de EPA e DHA em uma única espécie de peixe podem ser substanciais de acordo com o período de captura e a área geográfica.

Peixes e outros animais marinhos, bem como os seus respectivos óleos, são as principais fontes de EPA e DHA. No entanto, o Brasil é um dos países com menor consumo de pescado de origem marinha no mundo. Desse modo, a suplementação dietética aparece como a única forma eficaz de cumprir as recomendações de ingestão de EPA e DHA. Assim, esforços têm sido direcionados para a inclusão de lipídeos marinhos populares em alimentos para aumentar o consumo do PUFA n-3. Exemplos de alimentos enriquecidos com PUFA n-3 e comercializados em nível mundial são produtos de padaria, maionese, leite, margarinas, ovos e massas.

10.3 Relação ômega-6:ômega-3

Uma das principais descobertas sobre os processos inflamatórios no organismo é que eles são estritamente influenciados pelos ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, fazendo com que seja necessário considerar as quantidades apropriadas desses dois ácidos para o consumo diário.

Como possuem funções fisiológicas opostas e são metabolicamente diferentes, é importante balancear as proporções de ômega-6 e ômega-3 consumidas na dieta. A proporção de consumo de 5:1 parece ser atualmente a mais aceita, ou seja, deve-se consumir 5 g de ômega-6 para cada 1 g de ômega-3. No entanto, o consumo atual da população está longe do recomendado, já que a proporção de consumo chega a 20:1, especialmente devido ao aumento no consumo de óleos vegetais ricos em ômega-6 e ao baixo consumo de pescado fonte de ômega-3.

10.4 Benefícios à saúde

Diversos estudos concluíram que o principal papel biológico do ácido alfa-linolênico é, de fato, o de precursor de EPA e DHA. Estudos mostram claramente que a eficiência de conversão do ácido alfa-linolênico em EPA é muito baixa, especialmente em homens, e que frequentemente a transformação em DHA é mínima. A conversão de ácido alfa-linolênico em EPA e DHA é maior nas mulheres, possivelmente como resultado de um efeito regulatório do estrogênio. Em termos gerais, concluiu-se que o ácido alfa-linolênico é provavelmente uma fonte de EPA e DHA muito limitada para homens. Dessa forma, EPA e DHA são as formas bioativas do ômega-3 e devem ser obtidos por meio da alimentação.

As evidências dos benefícios dos ácidos graxos da série ômega-3 à saúde são inequívocas, de forma que diversos países, como a Dinamarca, o Canadá e o Japão, além do Reino Unido, têm estabelecido recomendações diárias

no ventrículo esquerdo (VE) em resposta à alta pressão arterial (Shibata et al., 2004), além de exercer efeitos anti-inflamatórios, sugerindo que a alta ingestão de PUFA n-3 pode impedir doenças no VE, pois desencadeia o aumento da adiponectina.

A suplementação com óleo de peixe pode diminuir a produção do fator de necrose tumoral (TNF-alfa), uma citocina pró-inflamatória que está em maior quantidade em casos de insuficiência cardíaca; também apresenta relação com o desenvolvimento da remodelação do VE e a disfunção contrátil durante o aumento da pressão arterial.

Como já descrito anteriormente, a fonte mais comum de n-3 é o óleo de peixe, que é rico em EPA e DHA. Tem sido sugerido que ácidos graxos n-3 provenientes de óleo de peixe podem ser eficazes na prevenção da insuficiência cardíaca e na hipertrofia ventricular esquerda (HVE).

Uma dieta rica em ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 reduz os triglicerídeos plasmáticos e o risco de arritmias cardíacas e de morte súbita, além de diminuir o risco de desenvolvimento de doenças isquêmicas do coração e insuficiência cardíaca; portanto, é recomendada para a saúde cardiovascular.

Dessa forma, o consumo de EPA e DHA deve ser considerado um hábito essencial para a manutenção da saúde.

10.4.2 Câncer

Evidências sobre o papel da ingestão dos PUFAs no combate ao câncer, principalmente o de mama, vêm sendo investigadas ao longo dos anos. Fay et al. (1997) já enfatizavam a necessidade de distinguir os efeitos do ômega-6 e do ômega-3. Estudos adicionais sugerem que a alta ingestão de ômega-3 pode exercer efeito inibitório na carcinogênese mamária por meio da competição com o ômega-6.

A redução do risco do desenvolvimento de câncer de mama é possível para as mulheres que consumam quantidades maiores de ômega-3, que têm propriedades anti-inflamatórias, e quantidades menores de ômega-6, que induz a inflamação. Estudos demonstraram que a suplementação da dieta com ácido alfa-linolênico proveniente do óleo de chia, por exemplo, pode reduzir a incidência do tumor, além de diminuir peso, volume e número de metástases, podendo ser utilizada como uma estratégia dietética no combate ao câncer de mama.

As heterogeneidades molecular e biológica do câncer de mama humano requerem uma abordagem multicanal para que haja uma quimioprevenção efetiva. A segmentação da via do receptor de estrógeno com antiestrogênicos como o tamoxifeno e o raloxifeno reduz a incidência de tumores positivos

para receptor de estrógeno, mas é ineficaz contra o desenvolvimento de câncer hormônio-independente. A administração de ômega-3 potencializa os efeitos antitumorais do tamoxifeno, inibindo múltiplas vias proliferativas e antiapoptóticas, bem como permite a utilização de doses mais baixas de tamoxifeno, auxiliando contra o desenvolvimento dos efeitos colaterais.

As evidências apontam que o possível efeito protetor do ômega-3 contra o câncer de mama está baseado em seu mecanismo anti-inflamatório, mais precisamente na geração de eicosanoides anti-inflamatórios do metabolismo do ômega-3, que atenuam aqueles pró-inflamatórios gerados pelo metabolismo do ômega-6.

Inúmeros outros estudos indicam a relação positiva entre o consumo de ômega-3, mais especificamente o balanço entre o consumo de ômega-6 e ômega-3, e a redução do risco de desenvolvimento de câncer de mama. É preciso considerar que o câncer é uma doença multifatorial e que o alimento nunca deve substituir o medicamento, mas sim ser inserido no tratamento como um agente coadjuvante.

10.4.3 Cognição

São cada vez maiores as evidências de que a ingestão de EPA e DHA pode proteger contra a demência, em particular a doença de Alzheimer.

A ingestão moderada de EPA e DHA é capaz de retardar o declínio da função cognitiva em idosos, demonstrando que a administração a longo prazo pode ser uma possível estratégia preventiva contra o declínio cognitivo relacionado à idade.

Os ácidos graxos ômega-3 provenientes do pescado têm sido considerados um complemento ao tratamento medicamentoso de pacientes com epilepsia. PUFA's ômega-3 são essenciais no desenvolvimento e no funcionamento normal do cérebro. Eles são componentes estruturais importantes da membrana neuronal e estão envolvidos na neurotransmissão modular, na sinalização celular e na regulação gênica.

O conteúdo de ômega-3 (especialmente de DHA) no cérebro e no plasma em pacientes com a doença de Alzheimer é menor, sugerindo que uma suplementação com esse ácido graxo pode proporcionar uma melhora no quadro da doença.

O autismo, assim como a doença de Alzheimer, é um transtorno neurológico. A suplementação dietética de ácido graxo ômega-3 (DHA) durante a vida pré-natal e pós-natal é considerada uma estratégia de intervenção dietética de proteção para minimizar o risco de desenvolvimento do transtorno do espectro do autismo (ASD) (Strickland, 2014).

Além da cognição, evidências apontam que o ômega-3 também pode ser utilizado para controlar alterações de humor, uma vez que o DHA (22:6, n-3) é o principal componente estrutural do tecido neural para a regulação da neurotransmissão e do humor. A ingestão alimentar materna pobre, juntamente com a transferência materno-fetal acelerada de DHA, apresenta um risco para a deficiência materna. A suplementação de DHA materno é eficaz também na redução dos sintomas da depressão pós-parto, já que promove uma redução na ansiedade/insegurança, na instabilidade emocional e na perda de autoestima.

Entre os mecanismos de ação, acredita-se que os ácidos graxos da família ômega-3 podem também participar da modulação da fluidez da membrana, o que influencia os neurotransmissores. Além disso, o ômega-3 pode estimular a produção de citocinas anti-inflamatórias (IL-10), inibir a formação de eicosanoides, prevenir a peroxidação lipídica, inibir a degradação de ácidos graxos poli-insaturados e, conseqüentemente, prevenir a instalação do estresse oxidativo no organismo.

10.4.4 Gravidez

No último trimestre de gravidez e nos primeiros três meses de vida do bebê, existe uma alta exigência de DHA devido ao feto e ao neonato dependerem de uma oferta materna de DHA. Há evidências de que o aumento da ingestão de ômega-3 durante a gravidez pode produzir efeitos benéficos, principalmente em populações que tendem a ingerir quantidades pequenas de ômega-3, como é o caso do Brasil. Evidências científicas sugerem que é improvável que o feto possa sintetizar uma quantidade de DHA suficiente para apoiar o seu desenvolvimento cerebral. Assim, o DHA materno irá compensar a capacidade limitada do feto de sintetizar DHA, e, portanto, é provável que uma ingestão adequada de ômega-3 pela gestante tenha impacto no desenvolvimento fetal.

A ingestão do ômega-3, tanto na gestação quanto durante a amamentação, exerce forte influência no desenvolvimento neurológico fetal. Além do desenvolvimento neurológico, acredita-se que o nível de ômega-3 materno esteja intimamente associado com o peso e o comprimento do bebê.

Pesquisas realizadas no Brasil indicam que o leite materno no país continha um dos menores teores de DHA no mundo: em média 0,09%, enquanto a média preconizada pela OMS é de 0,3% (Nishimura et al., 2013). Essa quantidade bem abaixo da média tem estreita relação com a alimentação dos brasileiros, já que as mulheres em regiões distantes das áreas litorâneas consomem poucos peixes marinhos, como a sardinha, o atum, a cavala e o salmão, expressivas fontes de DHA.

O consumo de ácidos graxos da série ômega-3, especialmente EPA e DHA, durante a gestação e o período de amamentação é uma prática interessante que pode influenciar tanto o desenvolvimento físico quanto o neurológico da criança.

10.5 Mecanismos de ação

Diversos mecanismos têm sido propostos para explicar como os PUFAs ômega-3 influenciam significativamente a redução na incidência de inúmeras doenças crônico-transmissíveis. Esses mecanismos incluem a regulação da síntese de eicosanoides, a alteração de vias intracelulares de sinalização, a regulação da atividade de fator de transcrição e a alteração do estado antioxidante.

Entre todos os mecanismos, acredita-se que o principal mecanismo do ômega-3 envolvido na prevenção de doenças seja o da regulação da síntese de eicosanoides, por meio do qual, conseqüentemente, há um controle no processo inflamatório. A família dos eicosanoides, produtos do metabolismo dos ácidos graxos essenciais, inclui prostaglandinas, leucotrienos, prostacilinas, tromboxanos e derivados dos ácidos graxos hidroxilados.

× O consumo de ácidos graxos essenciais é o modo mais significativo de regular a formação de eicosanoides. O ácido araquidônico, gerado pelo metabolismo do ômega-6, e o EPA competem pelas enzimas cicloxigenase e lipoxigenase na conversão em eicosanoides. Os derivados do ácido araquidônico são eicosanoides das séries 2 e 4 e apresentam atividade pró-inflamatória e pró-agregante, enquanto os eicosanoides das séries 3 e 5, derivados de ácidos graxos ômega-3, são anti-inflamatórios e inibem a agregação de plaquetas. Esse mecanismo pode ser visualizado na Fig. 10.3.

O aumento da ingestão do óleo de peixe, rico em EPA e DHA, promove uma diminuição da concentração plasmática de ácido araquidônico. Conseqüentemente, a disponibilidade e a competição pela cicloxigenase diminuem, formando uma menor quantidade de eicosanoides a partir do metabolismo do ácido araquidônico em relação aos prostanoides formados a partir do ácido eicosapentaenoico. A diferença entre as atividades biológicas desses eicosanoides é que é de grande importância: a PGE3 e o TXA3 são menos potentes do que a PGE2 e o TXA2 em relação ao mecanismo inflamatório.

Muitos dos efeitos anti-inflamatórios e cardiovasculares propostos pelos ácidos graxos da série ômega-3 interferem no metabolismo final do araquidônico. Os compostos são agentes homeostáticos e estão envolvidos na manutenção da integridade dos sistemas inflamatório, cardiovascular e renal. O desequilíbrio na homeostase de leucotrienos pode resultar em

respostas inflamatórias com distúrbios respiratórios, como asma e rinite alérgica, artrite e desordens inflamatórias no intestino. Similarmente, um desequilíbrio na síntese de prostaglandinas pode levar a doenças cardiovasculares e renais e resultar em aterosclerose e derrames.

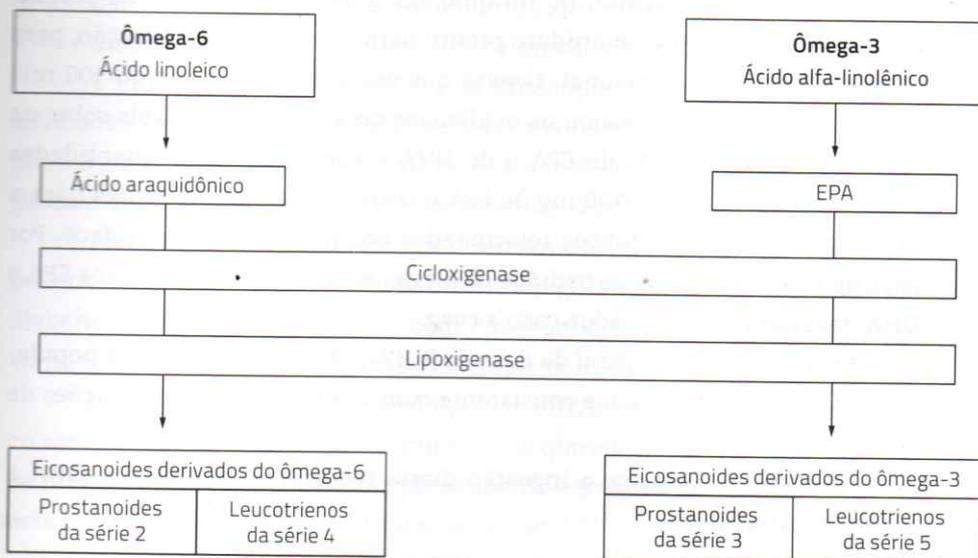


Fig. 10.3 Síntese de eicosanóides a partir do ômega-6 e do ômega-3

Fonte: Din, Newby e Flapan (2004).

Em condições normais, a maioria dos eicosanóides é gerada a partir do ácido araquidônico (20:4 ômega-6). Contudo, quando altos níveis de PUFA ômega-3 são consumidos na dieta, uma menor quantidade de eicosanóides derivados de ácido araquidônico (pró-inflamatórios) é produzida. Em vez disso, eicosanóides são formados a partir de EPA. Isso pode ser funcionalmente significativo, uma vez que os eicosanóides produzidos a partir de ácido eicosapentaenoico são geralmente mais benéficos ao organismo do que aqueles formados a partir de ácido araquidônico. Consequentemente, uma mudança induzida pelo PUFA ômega-3 nas quantidades e nos tipos de eicosanóides produzidos terá uma influência significativa no funcionamento de células imunológicas e inflamatórias, podendo justificar parcialmente as ações anti-inflamatórias e imunorreguladoras de óleos de peixes.

10.6 Doses recomendadas

No Brasil, o claim aprovado pela Anvisa para os ácidos graxos da série ômega-3 descreve que seu consumo auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos, desde que seja associado a uma dieta

equilibrada e a hábitos saudáveis. No entanto, esse efeito é atribuído somente ao ômega-3 de cadeia longa proveniente de óleos de peixe (EPA e DHA), óleo de krill ou óleo da microalga *Schizochytrium* sp.

Anteriormente, a Anvisa havia determinado em sua legislação que o produto deveria apresentar, no mínimo, 0,1 g de EPA e/ou DHA na porção, ou em 100 g ou 100 mL do produto pronto para consumo caso a porção, para obter a alegação de funcional, tivesse que ser superior a 100 g ou 100 mL. No entanto, o órgão reavaliou as evidências científicas disponíveis sobre as propriedades funcionais do EPA e do DHA e concluiu que as quantidades anteriormente exigidas (100 mg de EPA e DHA) não eram suficientes para a produção de efeitos benéficos relacionados aos níveis de triglicerídeos. Por isso, determinou-se que os pedidos de alegações para os ácidos graxos EPA e DHA deveriam ser analisados caso a caso.

A recomendação geral da dose de PUFA n-3 a ser ingerida pela população é de 450 mg/dia, o que é consistente com o consumo de duas porções de peixe por semana.

A Tab. 10.1 resume a ingestão diária recomendada de EPA e DHA a partir de várias fontes.

Tab. 10.1 INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA DE EPA E DHA PARA ADULTOS EM VÁRIOS PAÍSES

País	EPA + DHA (mg/dia)	Referência
Inglaterra	200	Departamento de Saúde
Vários	500*	Organização Mundial da Saúde
Inglaterra	450	Comitê do Conselho Científico de Nutrição
Vários	500	Sociedade Internacional de Estudos em Ácidos Graxos e Lipídeos
Estados Unidos	270	Instituto de Medicina
Bélgica	680	Conselho de Saúde da Bélgica

Os ácidos graxos da série ômega-3 podem influenciar uma variedade ampla de funções biológicas devido à associação deles na incorporação ou na formação de parte das membranas celulares, sendo essenciais para o crescimento e o funcionamento do organismo humano. Por esse motivo, é necessário determinar as recomendações nutricionais relativas ao seu consumo na dieta.

10.7 Potenciais efeitos adversos

Inúmeros estudos foram publicados sobre os efeitos da ingestão de EPA e DHA. No entanto, a maioria está focada nos potenciais benefi-

cios ao organismo promovidos por essas substâncias, e não na identificação de possíveis efeitos adversos. Os estudos realizados englobam uma elevada heterogeneidade nas características dos indivíduos avaliados, bem como na quantidade e na frequência de suplementação. Consequentemente, essas limitações dificultam a determinação do limite de segurança para o consumo de EPA e DHA.

É indispensável ressaltar que as preocupações referentes aos efeitos adversos são especialmente aplicáveis aos níveis elevados, como, por exemplo, > 3 g/dia. O consumo moderado de pescado de origem marinha não ultrapassa a quantidade de EPA e DHA considerada segura para o consumo.

Precocemente, foi relatado que o consumo acima de 3 g/dia de PUFA n-3 poderia influenciar negativamente o controle glicêmico, particularmente em diabéticos. Desde então, estudos com doses moderadas encontraram pouco efeito sobre os índices de glicemia e de resposta e sensibilidade insulínica.

No que diz respeito ao perfil lipídico, PUFA ômega-3 podem reduzir o colesterol total, mas existe a preocupação de que eles também possam elevar os níveis de LDL colesterol. Mais preocupante é a oxidação da LDL, já que ela está relacionada ao processo de aterosclerose.

A ingestão elevada de EPA e DHA pode promover episódios de sangramento, além de prejudicar a função imune, aumentar a peroxidação lipídica e prejudicar o metabolismo de lipídeos e glicose.

O National Health and Medical Research Council (2006) e a U.S. Food & Drug Administration (FDA, 2000) estabeleceram uma possível dose-limite de 3 g/dia para EPA e DHA. Esse limite foi estabelecido a partir de evidências que sugeriam que quantidades mais elevadas poderiam impactar negativamente a resposta imune.

Os dados científicos disponíveis não têm suporte científico suficiente para estabelecer uma dose-limite de consumo, mas acredita-se que não se deve exceder o consumo de 3 g de EPA e DHA por dia.

10.8 Efeito do processamento

Os alimentos ricos em ácidos graxos possuem limitações durante o seu processamento e o seu armazenamento, estando a primeira delas relacionada à suscetibilidade dos ácidos graxos altamente insaturados a sofrer degradação oxidativa, o que resulta em sabores e odores indesejáveis, além de perda das propriedades benéficas à saúde.

Entre os fatores que afetam a oxidação lipídica estão: presença de ácidos graxos poli-insaturados, condições de armazenamento, temperatura, presença de oxigênio, umidade, oxidantes e antioxidantes.

A segunda dificuldade encontrada durante o processamento e o armazenamento de alimentos ricos em ácidos graxos deve-se ao fato de essas moléculas serem bastante hidrofóbicas e praticamente insolúveis em água, mesmo quando estão na forma de ácidos graxos livres.

Dessa maneira, estudos buscam verificar se as etapas do processamento podem interferir de modo quantitativo e qualitativo nos ácidos graxos poli-insaturados e quais seriam as formas de prevenir a oxidação lipídica. As análises sobre essas mudanças nos ácidos graxos normalmente baseiam-se nas alterações causadas por tratamentos térmicos, em especial pela cocção. O calor pode causar a degradação de nutrientes e vitaminas e oxidar lipídeos como os ácidos graxos da série ômega-3.

As reações de auto-oxidação durante o armazenamento e o processamento de óleos de peixe e peixes com maior teor de gordura facilmente levam à formação de compostos voláteis comumente associados com o ranço. Nesse sentido, técnicas como o congelamento têm sido amplamente utilizadas para reter as propriedades sensoriais e nutricionais do pescado. A elevada quantidade de PUFAs no pescado o torna altamente suscetível à peroxidação lipídica e à rápida deterioração.

No que diz respeito ao controle de alterações lipídicas, estudos buscaram avaliar a eficiência do emprego de substâncias como o alfa-tocoferol ou os extratos vegetais para auxiliar na oxidação lipídica e na solubilização dos ácidos graxos. Alimentos fortificados com ômega-3 a partir de DHA e EPA encapsulados são mais estáveis à temperatura e, conseqüentemente, apresentam maior *shelf life*.

10.9 Considerações finais

Os ácidos graxos essenciais da série ômega-3, com destaque para o EPA e o DHA, têm despertado o interesse da comunidade científica por seus inúmeros benefícios à saúde.

As principais fontes de EPA e DHA são os animais de origem marinha. No Brasil, a população não tem o hábito de consumir pescado e, conseqüentemente, o consumo desses ácidos graxos por meio de recursos alimentares naturais é extremamente baixo, sendo preciso optar pela suplementação com óleo de peixes.

Outro fator importante é a relação de consumo ômega-3/ômega-6, que está atualmente acima da predita como ideal. O desequilíbrio pode causar distúrbios inflamatórios devido aos eicosanóides gerados no metabolismo do ácido araquidônico.