

ARTÍCULOS DE ACTUALIZACIÓN

ACEITES DE ORIGEN MARINO; SU IMPORTANCIA EN LA NUTRICIÓN Y EN LA CIENCIA DE ALIMENTOS

MARINE OILS; NUTRITIONAL AND FOOD SCIENCE RELEVANCE

Alfonso Valenzuela B., Julio Sanhueza C.

Centro de Lípidos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile.

ABSTRACT

Marine oils are today valuable products with widely nutritional and food applications because of their high content of long-chain omega-3 fatty acids. Originally, marine oils were by-products from the manufacture of fish meal. However, research in the last years has demonstrated important health benefits of long-chain omega-3 fatty acids for both humans and animals. The present work reviews the health and nutritional effects of the most important omega-3 marine oils fatty acids (eicosapentaenoic acid [EPA] and docosahexaenoic acid [DHA]), the nutritional bioavailability of these fatty acids, the technological alternatives to include them into different foods, and the actual great valorization of DHA. Also, it discusses the incorporation of these fatty acids to public nutritional and health policies, and the technological challenge that must be encouraged by the fish oil producers to incorporate into their manufacture practices to the requirements of the new nutritional utilization of these valuable products.

Key words: Fish oil; omega-3 fatty acids; marine origin; nutritional applications.

Este trabajo fue recibido el 10 de Marzo de 2009 y aceptado para ser publicado el 10 de Junio de 2009.

INTRODUCCIÓN:

LOS ACEITES DE ORIGEN MARINO

En términos generales, se distinguen dos tipos de aceites según su origen: los obtenidos a partir de semillas y/o frutos de origen terrestre y los obtenidos a partir de vegetales (algas) y animales (peces, crustáceos, moluscos y mamíferos) de origen marino. Ambos tipos de aceites están igualmente constituidos por mezclas de triglicéridos cuyos principales componentes son los ácidos grasos. Los triglicéridos, o triacilglicéridos como también se les identifica, son moléculas formadas por la asociación del glicerol (o glicerina) con tres ácidos grasos, los que pueden ser similares, o con mayor frecuencia, diferentes. El glicerol es un trialcohol de tres carbonos y los ácidos grasos se unen al carbono 1 (o sn-1 en la notación más específica), al carbono 2 (o sn-2) y al carbono 3 (o sn-3), mediante enlaces covalentes del tipo éster.

Los ácidos grasos que componen los aceites en general son ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI). Los insaturados a su vez pueden ser monoinsaturados (AGMI) o poliinsaturados (AGPI). Desde el punto de vista de su uso nutricional, los AGPI se clasifican a su vez en las llamadas familias o series de ácidos grasos. Las tres familias más importantes son la omega-9, omega-6 y omega-3. La denominación omega deriva de la última letra del alfabeto griego, denotando que la enumeración de los ácidos grasos se realiza desde el carbono extremo terminal de la molécula.

La figura 1 muestra la estructura lineal de un ácido graso saturado y la estructura de los ácidos grasos que dan origen a las tres familias omega. El principal representante de la familia omega-9 es el ácido oleico (C18:1, AO). El principal representante de la familia omega-6 es el ácido linoleico (C18:2, AL) y el de la familia omega-3, el ácido alfa linoléico (C18:3, ALN) (1). Desde el punto

de vista nutricional es muy importante identificar la familia a la que pertenece un ácido graso, debido a que los ácidos grasos omega-9 pueden ser formados por los organismos animales, no así los ácidos grasos omega-6 y omega-3 (2). Por esta razón a los ácidos grasos omega-9 se les considera como no esenciales, en cambio los ácidos grasos omega-6 y omega-3 son esenciales, lo cual significa que los debemos consumir en una determinada cantidad y proporción entre ellos (3-4).

Los aceites vegetales de origen terrestre contienen ácidos grasos mayoritariamente monoinsaturados, pertenecientes a la familia omega-9, y poliinsaturados pertenecientes a la familia omega-6, y no contienen, o solo contienen pequeñas cantidades de ácidos grasos de la familia omega-3. Es el caso del aceite de oliva, de maravilla o girasol, de pepita de uva, de maíz, y de soya, entre los más consumidos. Constituyen una excepción los aceites de canola, de chía y de linaza por su contenido más alto de ácidos grasos omega-3. Los aceites de origen marino se caracterizan por su alto contenido de ácidos grasos omega-3, aunque es necesario diferenciar entre los ácidos grasos omega-3 de origen vegetal terrestre, y los de origen marino, ya que los primeros solo tienen como principal componente omega-3 al ALN, en cambio los de origen marino se caracterizan por su alto contenido de los llamados ácidos poliinsaturados grasos omega-3 de cadena larga (AGPICL), siendo los más importantes el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y el ácido

docosahexaenoico (C22:6, DHA).

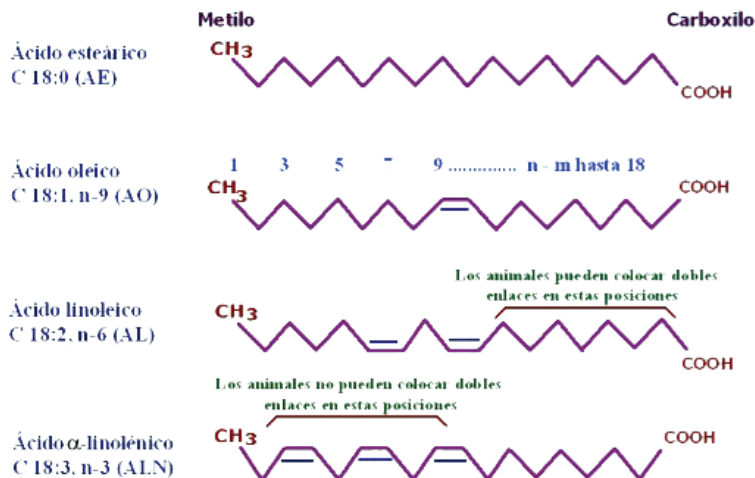
Los ácidos grasos omega-3 de cadena larga EPA y DHA son altamente valorados por los demostrados efectos benéficos en la salud y en la nutrición tanto humana como animal que produce su consumo (5). De esta forma, no es lo mismo consumir ácidos grasos omega-3 de origen terrestre que consumir ácidos grasos omega-3 de origen marino, particularmente si se trata de EPA y DHA. La figura 2 muestra los tres ácidos grasos omega-3 de mayor importancia. El ALN proviene exclusivamente de aceites vegetales de origen terrestre, el EPA y el DHA solo provienen de aceites de origen marino, tanto de origen vegetal (DHA principalmente), como animal (EPA y DHA).

EFEECTO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 DE ORIGEN MARINO EN LA SALUD Y NUTRICIÓN

Los beneficios de salud y nutricionales derivados del consumo de ácidos grasos omega-3 de origen marino están sólidamente demostrados en la literatura científica y su consumo es fuertemente recomendado por las autoridades de salud y nutrición en todo el mundo (OMS, OPS, FAO) (6). El beneficio del consumo de EPA se asocia principalmente con la protección de la salud cardiovascular, principal causa de muerte en el mundo occidental (7). El consumo diario de EPA disminuye los triglicéridos y el colesterol sanguíneo, ambos son un

FIGURA 1

Estructura química de AE, AO, AL y ALN, especificando la notación omega



determinante importante de riesgo cardiovascular (8). El EPA, además, baja la presión vascular y tiene efectos antitrombóticos y antiinflamatorios (9).

Recientemente se ha demostrado que el consumo de EPA ejerce un efecto protector sobre las arritmias cardíacas, las que son una de las principales causas de infarto al miocardio (10). La figura 3 resume los beneficios biológicos derivados del consumo de EPA.

El consumo de DHA es fundamental para la formación y función del sistema nervioso y visual de los

humanos y mamíferos en general (11-12), ya que permite el trabajo neuronal, particularmente en las funciones de aprendizaje y de memorización (13), con lo cual el DHA esta muy vinculado con el desarrollo de la inteligencia de las personas (14). Se ha demostrado que el consumo de DHA en la etapa perinatal, produce una serie de beneficios a ambos. Puede disminuir la incidencia de depresión post-parto en la madre y la diabetes gestacional, además puede aumentar hasta en 4 puntos el cociente intelectual de los niños (15). El DHA protege las neuronas

FIGURA 2

Principales ácidos grasos omega-3

Acido alfa-linolénico (18:3, ALN)

- Aceites vegetales terrestres

Acido eicosapentaenoico (20:5, EPA)

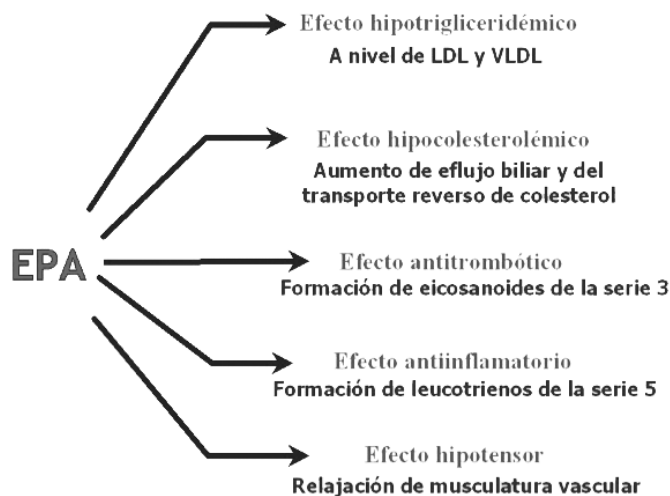
- Aceites de origen marino
(vegetales y animales)

Acido docosahexaenoico (22:6, DHA)

- Aceites de origen marino
(vegetales y animales)

FIGURA 3

Beneficios derivados del consumo de ácido eicosapentaenoico (EPA) en la salud cardiovascular



cerebrales, previniendo su muerte prematura (apoptosis) y el desarrollo de trastornos del comportamiento y de enfermedades altamente invalidantes como Alzheimer, Parkinson, Huntington, Ataxia de Friedrich, entre otras patologías del sistema nervioso (16). La figura 4 resume los beneficios derivados del consumo de DHA a nivel celular. La figura 5 muestra el beneficio para la madre y el recién nacido derivado de la suplementación perinatal (durante la gestación y lactancia) con DHA.

Las recomendaciones de consumo de EPA y DHA

aún no están del todo establecidas ya que en diferentes países se han estimado cantidades distintas (17). Sin embargo, FAO/OMS recomiendan un consumo diario de al menos 500 mg/día de EPA + DHA en los adultos, y en el caso específico de las madres y nodrizas se recomienda un consumo de DHA no menor a 300 mg/día. En el caso de los lactantes y escolares la recomendación está en torno a 150 mg/día de DHA (18-19).

La figura 6 resume las principales aplicaciones de consumo del EPA y DHA en adultos, embarazadas, niños

FIGURA 4

Beneficios derivados del consumo de ácido docosahexaenoico (DHA) en la función del sistema nervioso y visual

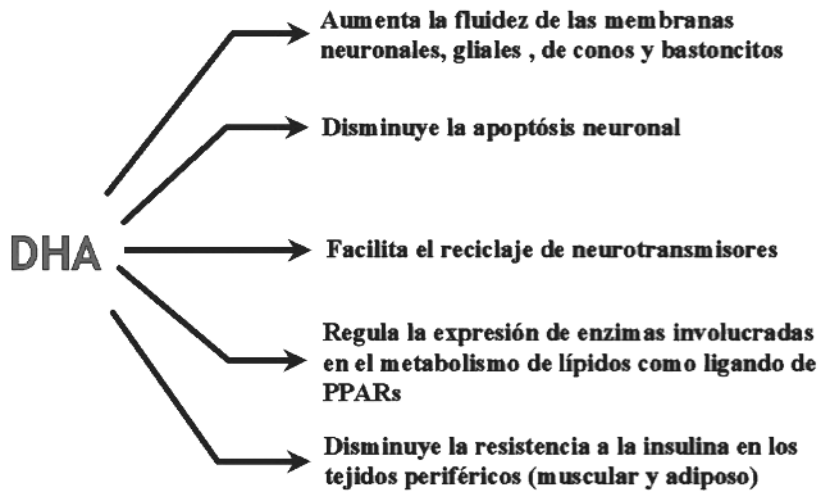


FIGURA 5

Importancia de la suplementación con DHA durante el embarazo

En la madre

- Permite embarazos más prolongados
- Disminuye la insulino resistencia y la diabetes gestacional
- Disminuye el riesgo de depresión post-parto

En el bebé

- Mejora agudeza visual y percepción de los colores
- Puede aumentar hasta en 4 puntos el CI
- Mejora la capacidad de aprendizaje y de memorización
- Disminuye la incidencia de déficit atencional

y recién nacidos. La recomendación actual es aumentar el consumo de EPA y DHA ya sea por la vía del aumento del consumo de productos del mar, principalmente pescados grasos, o incorporados a alimentos de alto consumo (alimentos funcionales), o en forma directa como productos de suplementación (nutracéuticos). Es conocido el bajo consumo de productos del mar en muchos países occidentales, por lo cual la recomendación actual es incorporar directamente en nuestra alimentación EPA y DHA obtenidos principalmente

desde aceites de origen marino. La figura 7 resume las recomendaciones de consumo de diferentes Comités de Salud y Nutrición (20).

¿COMO INCORPORAR EPA Y DHA EN NUESTRA ALIMENTACIÓN?

Los aceites marinos obtenidos desde peces de captura, especialmente de aquellos identificados como “azules” o grasos, constituyen la principal fuente nutricional de ácidos grasos omega-3 EPA y DHA. Sin embargo, el

FIGURA 6

Recomendaciones de suplementación con ácidos grasos omega-3 (EPA o DHA)

EPA



Adultos

- Hipertrigliceridémicos
- Hipercolesterolémicos
- Hipertensos
- Patologías inflamatorias

DHA



Embarazo y lactancia

- Mujeres fértiles
- Durante la gestación
- Durante la lactancia
- Recién nacidos prematuros
- Enfermedades neurodegenerativas
- Alteraciones del comportamiento
- Alteraciones de la fertilidad masculina

FIGURA 7

Ingesta diaria recomendada de ácidos grasos omega-3 de cadena larga*

| Organización | Dosis diaria recomendada EPA + DHA (mg) | Población objetivo |
|--|--|--|
| British Nutrition Foundation | 500 - 1000 | Riesgo cardiovascular |
| U.K. Department of Health | 200 | Poblac. en general |
| European Academy of Nutrition Science | 200 | Poblac. en general |
| ISSFAL | 650 | Poblac. en general |
| American Health Association | 1000 | Riesgo cardiovascular |
| | Pescado (3 veces/semana) > 3g/día | Poblac. en general Hipertrigliceridémicos |
| National Institute of Health | 300 | Mujer embarazada y en lactancia |
| National Health and Medical Research Council (Australia) | 190 | Poblac. en general |

* Garg et. al, (20)

consumo directo de estos aceites no es posible debido a problemas organolépticos (sabor y olor a “pescado”) y a la alta inestabilidad de estos productos, ya que por efecto de la temperatura, luz, y presencia de metales, entre otros factores, se deterioran con mucha facilidad desarrollando procesos de oxidación irreversibles (rancidez oxidativa) (21). Por estos motivos, se les debe someter a procedimientos de refinación, desodorización, fraccionamiento y estabilización con antioxidantes para transformarlos en productos consumibles y así obtener los beneficios de salud que caracterizan al EPA y al DHA. La industria ha desarrollado diferentes procedimientos tecnológicos para optimizar el consumo de estos ácidos grasos. Algunos de ellos son los siguientes:

Refinación y desodorización: Son procesos industriales que permiten obtener aceites de mejores características organolépticas, conservando el contenido original de EPA y DHA del aceite. De esta forma, los aceites refinados y desodorizados pueden ser consumidos como tales, encapsulados para consumo directo, o micro encapsulados para ser incorporados a matrices alimentarias sólidas (por ejemplo, leche en polvo, derivados lácteos, cereales, productos de panificación, cecinas, entre otros).

Encapsulación: Es una de las modalidades de consumo más utilizadas y probablemente la forma en que más se consume actualmente EPA y/o DHA en los países desarrollados como productos de suplementación nutricional. La encapsulación de aceites con EPA y DHA corresponde a lo que se define actualmente como un “nutracéutico”, esto es un producto de origen natural que consumido como tal aporta demostrados beneficios de salud. Las cápsulas son muy estables en el tiempo debido a que el material que se utiliza para contener el aceite es impermeable al oxígeno, lo cual impide la oxidación de este, cual es el factor más importante de deterioro químico.

Microencapsulación: Es una modalidad tecnológicamente más compleja porque requiere incorporar el aceite a una matriz que lo adsorba o absorba, generalmente formada por polisacáridos complejos (polidextrosas, inulina, geles de agarosa) o proteínas modificadas, entre otros), cuya finalidad es convertir al producto en un polvo dispersable, por lo cual la microencapsulación es especialmente adecuada para el desarrollo de alimentos funcionales de matrices sólidas que aportan cantidades relativamente altas de ácidos grasos omega-3. De esta forma, las microcápsulas se pueden adicionar a una gran variedad de alimentos y aditivos alimentarios, tales como leche en polvo, cereales, aderezos, alimentos infantiles, alimentos para la tercera edad, entre otros. La microencapsulación ofrece un futuro muy promisorio para la aplicación nutricional de los aceites marinos

debidamente procesados y estabilizados a la oxidación, y se visualiza como la mejor forma de aportar en los alimentos ácidos grasos omega-3 de origen marino de manera segura y eficiente.

Fraccionamiento: Los aceites marinos se someten a bajas temperaturas con o sin la aplicación de solventes, con lo cual se separan por cristalización fracciones de mayor punto de fusión, quedando como remanente fracciones de menor punto de fusión y con mayores concentraciones de EPA y/o DHA, según el aceite que se procese. Al igual que en el caso anterior, los productos de fraccionamiento pueden ser encapsulados o microencapsulados, con la ventaja de aportar mayores cantidades de EPA y/o DHA por porción de consumo.

Sus aplicaciones nutricionales son similares a las anteriores.

Hidrólisis selectiva: Mediante procedimientos químicos o enzimáticos se separan los ácidos grasos desde los triglicéridos del aceite generándose productos (glicéridos parciales) con EPA y DHA. Los glicéridos parciales pueden ser incorporados a diferentes matrices alimenticias con alto contenido de agua debido al carácter emulsionable y emulsificador de estos glicéridos. Esta modalidad es de reciente desarrollo y se visualiza como una forma muy adecuada para la elaboración de alimentos funcionales enriquecidos con EPA/DHA. Los glicéridos parciales pueden ser agregados a productos lácteos, jugos, bebidas, aderezos, cecinas, productos de panificación, entre otros.

Obtención de ácidos grasos en la forma de ésteres etílicos: Este procedimiento requiere de la liberación de los ácidos grasos desde los triglicéridos y su transformación a ésteres con alcohol etílico (etanol). Por separación posterior (mediante destilación molecular) se pueden obtener selectivamente altas concentraciones de EPA o DHA como etil ésteres. Este procedimiento, que es de mayor costo, permite elaborar productos principalmente para aplicación médica o para tratamientos nutricionales específicos. Una variante de esta metodología consiste en reesterificar los etil ésteres con glicerol, con lo cual nuevamente se obtienen triglicéridos pero con altas concentraciones de EPA y/o DHA. Esta metodología es de mayor costo operacional y no hay certeza que la reesterificación pueda mejorar la biodisponibilidad del EPA y DHA que se ubican en las posiciones sn-1 y sn-3 de los triglicéridos formados, aspecto que se discute a continuación.

BIODISPONIBILIDAD DE LAS DIFERENTES FORMAS DE PROCESAR ACEITES MARINOS

Un aspecto al que actualmente se le otorga mucha importancia, es la biodisponibilidad de los diferentes productos derivados de los aceites marinos. Por biodis-

ponibilidad en este caso se entiende como la eficacia con que el organismo humano, o animal, puede utilizar nutricionalmente los ácidos grasos omega-3 de los aceites marinos y obtener un beneficio a partir de ellos. En general la biodisponibilidad de los ácidos grasos desde los aceites propiamente tales (sin concentrar o concentrados) es alta debido a la estructura molecular de los triglicéridos que componen estos aceites. Los ácidos grasos unidos a los carbonos 1 y 3 tienen una biodisponibilidad variable, si son saturados generalmente presentan baja absorción, si son insaturados pueden tener alta biodisponibilidad (22). Sin embargo, los ácidos grasos que ocupan la posición 2 siempre son de alta biodisponibilidad, sean saturados o insaturados. EPA y DHA generalmente sustituyen la posición 2 (o sn-2) de los triglicéridos de los aceites marinos, tanto de origen vegetal como animal, por lo cual son eficientemente absorbidos a nivel intestinal, y utilizados por los diferentes órganos. De esta forma, la biodisponibilidad del EPA y DHA de los aceites marinos refinados, fraccionados, encapsulados o microencapsulados es alta (23).

En el caso de la preparación de glicéridos parciales (mezclas de mono y diglicéridos) debería ocurrir lo mismo ya que generalmente la ruptura química se produce en las posiciones 1 y 3 (sn-1 y sn-3), conservando mayoritariamente la presencia de EPA y DHA en la posición 2 (o sn-2), cual es la forma en que se absorben

estos ácidos grasos en el tubo digestivo.

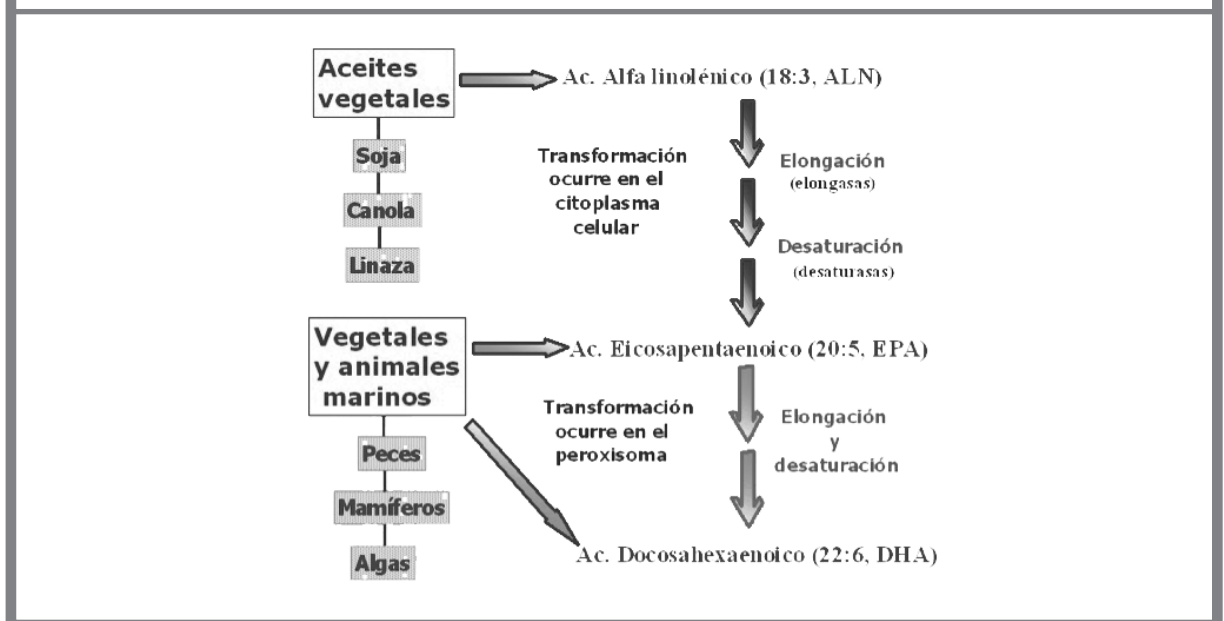
La biodisponibilidad de los esteres etílicos ha sido cuestionada y los protocolos experimentales que analizan este aspecto informan generalmente una baja biodisponibilidad para estos productos (24). Esto se debe a que las enzimas intestinales no son eficientes para romper el enlace entre el ácido graso y el etanol, con lo cual la liberación del ácido graso es solo parcial. En animales de experimentación (ratas y cobayos) se estima que la biodisponibilidad de los esteres etílicos es cercana al 30%. Sin embargo, en los humanos esta biodisponibilidad es mucho más baja (no superior al 10%), debido a que los humanos no producen enzimas capaces de romper la unión entre el ácido graso y el etanol, lo cual es imprescindible para una adecuada absorción del ácido graso. Por este motivo actualmente los esteres etílicos son menos atractivos para ser utilizados en suplementación de alimentos o en la manufactura de encapsulados o microencapsulados (además de su mayor costo). La reesterificación con glicerol podría mejorar esta biodisponibilidad, aspecto que aún no ha sido estudiado.

MAYOR VALORIZACION ACTUAL DEL DHA SOBRE EL EPA

Son numerosas las empresas de alimentos, de nutracéuticos y farmacéuticas en diferentes países del mundo, las que actualmente elaboran productos que contienen

FIGURA 8

Biosíntesis del EPA y del DHA



EPA/DHA en diferentes formas y concentraciones. En este sentido, el DHA actualmente se está visualizando como de mayor importancia que el EPA, por sus amplios efectos en la función celular y orgánica en los humanos. En la actualidad se postula que el ácido graso omega-3 de cadena larga de real importancia nutricional es el DHA y no el EPA, ya que este último se obtiene en nuestro organismo, si es que no se consume directamente, a partir del DHA a través de un proceso que se denomina "retroconversión" (25). De hecho, nuestro organismo en una alimentación normal no acumula EPA pero sí acumula DHA. La acumulación de EPA en los tejidos solo ocurrirá cuando este ácido graso es consumido como tal, ya que fisiológicamente es solo un intermediario en la formación del DHA, cual es el producto terminal del proceso y por consiguiente el ácido graso omega-3 de mayor importancia fisiológica.

Durante el embarazo el feto requiere altas concentraciones de DHA el que es aportado por la madre quien lo obtiene desde su alimentación, desde sus reservas, o a través de la suplementación (26). La figura 8 muestra la transformación del ALN en EPA y posteriormente en DHA. Si la dieta aporta ALN, solo una pequeña cantidad, no superior al 5%, se transformará finalmente en DHA y el resto se oxida con la finalidad de obtener energía (25). Pero si el aporte es directo, como DHA, la acumulación de este ácido graso en los tejidos será sustancialmente

mayor cual es lo que ocurre con la directa suplementación con DHA (27). La figura 9 muestra que en forma normal, en los diferentes tejidos del ser humano, de los tres ácidos grasos omega-3 (ALN, EPA y DHA) solo se acumula DHA y en forma muy selectiva en tres tejidos, el cerebro, la retina y las gónadas (6).

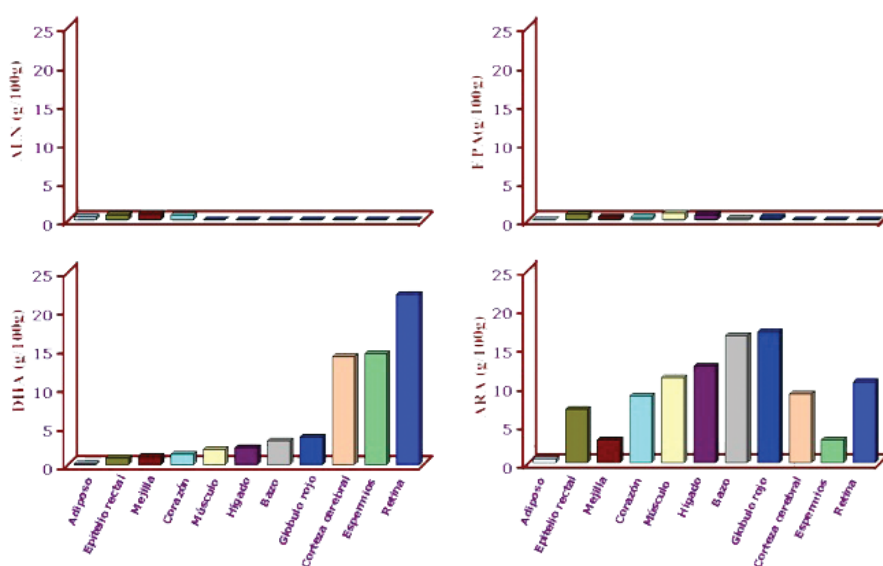
Durante la senescencia se produce una paulatina pérdida de DHA desde las neuronas y células gliales en el cerebro y sistema nervioso en general (28), por lo cual el grupo humano de los senescentes, que es cada vez más numeroso, requiere de productos nutricionales que le aporten DHA, ya que su deficiencia se asocia con la demencia senil y con la enfermedad de Alzheimer entre otras patologías (16). Se ha demostrado que en los pacientes de la enfermedad de Alzheimer se produce una pérdida de DHA en el cerebro mucho más importante que en aquellos individuos de edad similar pero que no padecen de la enfermedad (29).

PRODUCTOS QUE SE PUEDEN ADICIONAR O SUPLEMENTAR CON EPA Y DHA

La variedad de productos que se pueden suplementar con EPA y DHA es muy amplia, ya que abarca los productos lácteos y sus derivados, las bebidas y jugos, los helados, los cereales, los productos de panificación, las cecinas, entre otros. La figura 10 muestra ejemplos de estos productos.

FIGURA 9

Distribución de ALN, EPA, DHA y ARA en diferentes tejidos del humano adulto



Es importante destacar que los ácidos grasos omega-3 de origen marino no solo se aplican a la nutrición humana. Existen evidencias que indican que estos ácidos grasos son necesarios y esenciales para todos los mamíferos, por lo cual la alimentación animal, especialmente la de animales de competición (equinos), mascotas o animales de compañía, constituye otro campo de aplicación de gran magnitud y de gran desarrollo para estos ácidos grasos. En los países desarrollados existe una variedad tan grande de productos, o quizás mayor, que la actualmente desarrollada para la alimentación humana, con un mercado en continuo crecimiento. Se desarrollan alimentos adicionados de ácidos grasos omega-3 para la nutrición de caballos, perros, gatos, roedores, peces de exhibición, tortugas, anfibios, entre otros.

OTRAS FORMAS DE INCORPORAR ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 DE CADENA LARGA EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL

En los últimos años, algunas empresas norteamericanas y europeas han comenzado a ofrecer productos con alta concentración de EPA y especialmente de DHA (hasta un 90% de cada ácido graso). Estos productos, que tienen una serie de ventajas (mayor concentración y estabilidad, y ausencia de "olor a pescado"), se obtienen a partir de microalgas de cultivo, las que a través de procesos fotosintéticos son capaces de producir altas cantidades de ácidos grasos omega-3 de cadena larga. Si bien, el precio de estos productos es sustancialmente más alto que aquellos que provienen de aceites marinos,

constituyen un serio competidor en el mercado de los ácidos grasos omega-3 debido a que su producción masiva en medios artificiales ha permitido una disminución paulatina de sus precios (26). Los nuevos desarrollos y la agresividad de marketing de las empresas biotecnológicas que realizan estos cultivos, constituye una seria amenaza para los aceites de origen marino como fuentes nutricionales de ácidos grasos omega-3.

Otra modalidad de desarrollo de productos para la suplementación con ácidos grasos omega-3 de cadena larga es a través de fosfolípidos. Los fosfolípidos son los principales constituyentes de las membranas celulares cuya principal característica funcional es la fluidez, por lo cual los fosfolípidos que la forman contienen altas proporciones de ácidos grasos omega-6 y omega-3 de cadena larga. Estos fosfolípidos se pueden obtener a partir de huevos de gallinas suplementadas con ácidos grasos omega-3, ya sean vegetales o marinos, ya que estas aves tienen la capacidad de alongar al ALN a DHA, o a partir de microalgas, las que proveen aceites (ya comentado) y fosfolípidos (26). Los fosfolípidos de este origen son actualmente utilizados en Europa para enriquecer con DHA fórmulas infantiles que remplazan a la leche materna. Otra modalidad alternativa para obtener fosfolípidos, solo parcialmente explotada, es el aprovechamiento de la grasa que se extrae de la carne de peces destinada a la preparación de surimi o derivados con alto contenido proteico y bajo contenido de grasa. También se ha extraído experimentalmente fosfolípidos desde el krill.

FIGURA 10

Productos que pueden ser suplementados con EPA y/o DHA

- **Fórmulas infantiles**
- **Margarinas untables y mantecas**
- **Mayonesa y aderezos**
- **Bebidas lácteas (leche, yogurt, cremas, etc)**
- **Bebidas de fantasía**
- **Pan y productos de repostería**
- **Cereales**
- **Huevos**
- **Chocolates**
- **Carne de cerdo, ave y res**
- **Aceites comestibles**

Biológicamente no es posible la conversión de ácidos grasos omega-6 en ácidos grasos omega-3. De hecho, ambos tipos de ácidos grasos son competidores entre sí por los mismos sistemas enzimáticos que los transforman desde sus precursores dietarios. Sin embargo, en los últimos años se ha reportado el desarrollo de organismos genéticamente modificados (GMO) (algas, semillas vegetales, levaduras y gusanos nemátodos) capaces de transformar ácidos grasos omega-6 en ácidos grasos omega-3. Se ha experimentado también con semilla de soja y semilla de canola, para obtener aceites con alto contenido de EPA y/o DHA, al introducir en estos vegetales genes que permiten la desaturación y elongación de ácidos grasos omega-6 para ser transformados en omega-3 (26). Si esta tecnología se masifica, puede constituirse en un serio riesgo para el uso nutricional, funcional y nutracéutico de los aceites marinos que contienen EPA y DHA ya que a partir de aceites vegetales se podría proveer ácidos grasos que ahora son exclusivamente de origen marino. Estos vegetales, semillas u animales, son organismos genéticamente modificados (GMO), por lo cual la legislación de muchos países no los aceptará (Estados Unidos y Europa, mayoritariamente). Sin embargo, las políticas, decisiones y reglamentaciones cambian con rapidez. Los aceites provenientes de GMO pueden transformarse en el futuro en serios competidores de los aceites de origen marino en sus usos para la preparación de alimentos funcionales y nutracéuticos.

ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 DE ORIGEN MARINO Y POLÍTICAS PÚBLICAS DE NUTRICIÓN

Debido a la importancia que tienen los ácidos grasos omega-3 de cadena larga en la nutrición humana y en la protección de la salud, su incorporación en las políticas públicas de salud y nutrición es un aspecto de gran interés en los países desarrollados y potencialmente en los en vías de desarrollo. Por ejemplo, las fórmulas de reemplazo a la leche materna preparadas en diferentes países (Suiza, Alemania, Italia, España, Francia, Estados Unidos, entre otros) casi en su totalidad incorporan DHA, considerándolo un nutriente esencial para los lactantes (30). La licitación de una leche en polvo adicionada de DHA (Purita futura mamá) realizada por el gobierno de Chile a través de MINSAL (Ministerio de Salud de Chile) constituye un hecho sin precedentes, probablemente a nivel mundial, del establecimiento de una política pública para aportar DHA en la etapa perinatal. Esta iniciativa será seguramente imitada por muchos países, lo cual abre una nueva oportunidad y una demanda de altos volúmenes

de productos que contengan DHA, particularmente en la forma de microcápsulas, ya que los productos a desarrollar serán en su mayoría leches o derivados lácteos en polvo.

USO DE ACEITES MARINOS PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA: UNA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA Y CULTURAL

Los aceites marinos han tenido y tienen muchos usos. Tradicionalmente los ha utilizado la industria de barnices y pinturas, también la industria de nutrición animal como una fuente de energía de muy buena calidad, y la industria de alimentación humana en la preparación de productos hidrogenados, tanto para uso doméstico como industrial. Sin embargo, las propiedades nutricionales y de salud descritas en los últimos años para sus componentes, EPA y DHA, y particularmente el DHA, han producido un cambio tecnológico que también nos ha llevado a un cambio cultural respecto a las “bondades” de estos productos naturales. En efecto, ya no se habla de “aceite de pescado”, sino de “aceites marinos”, o simplemente “omega-3 de origen marino” con la finalidad de distinguirlos de los “omega-3 vegetales terrestres”. Para esto ha sido necesario desarrollar diferentes e imaginativas tecnologías, ya que antes que nada fue necesario transformarlos en comestibles, eliminándoles el molesto “olor a pescado”. Ha sido necesario buscar la manera de evitar su deterioro, principalmente oxidativo, con lo cual se han desarrollado procedimientos y envases que permiten que el producto sea mantenido largos períodos sin que se produzcan cambios químicos y/o organolépticos que generen un rechazo de consumo. Como “alimentos o aditivos alimentarios” ha sido necesario incorporarlos, en su obtención y procesamiento posterior, a las normas de buenas prácticas de manejo y producción (HACCP) incluyendo la trazabilidad en los procesos. Las plantas productoras de aceite de pescado, tradicionalmente considerado un sub-producto de la preparación de harina de pescado, deberán modificar sus procedimientos de producción, de regulación de sus procesos, de incorporación de controles sanitarios, entre otros, para adaptarse a este nuevo y promisorio destino de los aceites marinos por su alto contenido de ácidos grasos omega-3.

De esta forma, de un uso industrial en su origen se han transformado en productos alimenticios apreciados y de gran demanda. Ya no es solo la industria manufacturera de resinas, pinturas, barnices, entre otros, la que se interesa por ellos. Ahora la industria de alimentos, farmacéutica y nutracéutica los requiere para transformarlos en productos de alto beneficio social y valor comercial.

De esta forma se ha producido una transformación tecnológica y cultural que ha valorizado a los aceites marinos ricos en ácidos grasos omega-3.

RESUMEN

Los aceites de origen marino son hoy en día valiosos productos con gran aplicación nutricional y alimentaria por su alto contenido de ácidos grasos omega-3 de cadena larga. Originalmente estos aceites eran solo un sub-producto de la fabricación de harina de pescado. Sin embargo, la investigación en los últimos años ha demostrado sus importantes beneficios en la salud tanto humana como animal. El presente trabajo analiza los efectos en la salud y en la nutrición de los principales ácidos grasos omega-3 de origen marino (eicosapentaenoico, EPA y docosahexaenoico, DHA), la biodisponibilidad nutricional de estos ácidos grasos, las alternativas tecnológicas para incorporarlos a diferentes alimentos, la gran valorización actual del DHA, la incorporación de los ácidos grasos omega-3 a las políticas públicas de salud y nutrición, y el desafío tecnológico que significa para las actuales empresas productoras de aceite de pescado el incorporarse a esta nueva modalidad de utilización nutricional de este valioso producto.

Palabras clave: Aceite de pescado; ácidos grasos omega-3 de origen marino; aplicaciones nutricionales de los ácidos grasos omega-3.

Dirigir la correspondencia a:

Profesor
Alfonso Valenzuela B.
Centro de Lípidos
INTA - Universidad de Chile
Santiago, Chile
Fono: (56-2) 978 1449
Fax: (56-2) 221 4030
E-mail: avalenzu@inta.cl

Agradecimientos: El trabajo de investigación del autor ha sido financiado por FONDECYT, CORFO-INNOVA y por numerosas empresas privadas a las cuales ha prestado y/o presta asesoría profesional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Van Houwelingen AC, Puls J, Hornstra G. Essential fatty acids status during early human development. *Early Human Dev* 1992; 31: 97-111.
2. Uauy R, Mena P, Rojas C. Essential fatty acids in early life; structural and functional role. *Proc Nutr Soc* 2000; 59: 3-15.
3. Benatti P, Peluso G, Nicolai R, Calvani M. Polyunsaturated fatty acids: biochemical, nutritional and epigenetic properties. *J Am Col Nutr* 2004; 23: 281-302.
4. Kang JX. Balance of omega-6/omega-3 essential fatty acids is important for health. *World Rev Nutr Diet* 2005; 95: 93-102.
5. Hibbeln J, Nieminen L, Blasbalg T, Riggs J, Lands W. Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1483-1493.
6. Akabas S, Deckelbaum R. N-3 fatty acids: recommendations for therapeutic and prevention. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1451-1462.
7. Breslow J. N-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1477-1482.
8. Albert CM, Hennekens CH, O'Donnell CI. Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *JAMA* 1998; 279: 23-28.
9. Calder CC. Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1505-1519.
10. Grundy SM. N-3 fatty acids: priority for post-myocardial infarction clinical trials. *Circulation* 2003; 107: 1834-1836.
11. Valenzuela, A., Nieto, S. El ácido docosahexaenoico en el desarrollo fetal y en la nutrición infantil. *Rev Med Chile* 2001; 129: 1203-1211.
12. Valenzuela, A., Nieto, S. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Rev Chil Pediatr* 2003; 74: 149-159.
13. Salem N, Litman B, Kim HY, Gawrish K. Mechanism of action of docosahexaenoic acid in the nervous system. *Lipids* 2001; 36: 945-959.
14. Haag M. Essential fatty acids and the brain. *Can J Psychiatry* 2003; 48: 195-203.
15. Agostoni C, Trojan S, Bellu R, Riva E, Bruzzese MG, Giovannini M. Developmental quotient at 24 months and fatty acid composition of diet in early infancy: follow up study. *Arch Dis Chil* 1997; 76: 421-424.
16. Valenzuela A. Docosahexaenoic acid (DHA), an essential fatty acid for the proper development of the brain and visual function. *Grasas y Aceites* 2009; 60: 203-212.
17. Gebauer S, Psota T, Harris W, Kris-Etherton P. Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essential and cardiovascular benefits. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1526-1535.
18. Simopoulos AP, Leaf A, Salem N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann Nutr Metab* 1999; 43: 127-130.
19. Simopoulos AP. The importance of the ratio of

- omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 2002; 56: 365-379.
20. Garg, M. L., Wood, L. G., Singh, H., Moughan, P. J. Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets. *J Food Sci* 2006; 71: 66-71.
 21. Valenzuela A, Nieto S, Sanhueza J, Gómez J. Chemical and Physical properties of a new food grade natural antioxidant: Preventox. *Biotechnol Feed Ind* 2003; 19: 379-384.
 22. Thompson AB, Keelan M, Gang ML, Clandinin T. Intestinal aspects of lipid absorption: in review. *Can J Physiol Pharmacol* 1989; 67: 179-191.
 23. Valenzuela A, Sanhueza J, Nieto S. Docosahexaenoic acid (DHA), essentiality and requirements: why and how to provide supplementation. *Grasas & Aceites* 2006; 57: 229-237.
 24. Lawson L, Hughes H. Human absorption of fish oil fatty acids as triacylglycerols, free fatty acids, or ethyl esters. *Biochim Biophys Acta* 1998; 152: 328-335.
 25. Arterburn LM, Bailey E, Oken H. Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 1467-1476.
 26. Clandinin T. Brain development and assessing the supply of polyunsaturated fatty acids. *Lipids* 1999; 34: 131-137.
 27. Li D, Sinclair A, Wilson A. Effect of dietary alpha linolenic acid on thrombotic risk factors in vegetarian men. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 872-882.
 28. Ahmad A, Moriguchi T, Salem N. Decrease in neuron size in docosahexaenoic acid-deficient brain. *Pediatr Neurol* 2002; 26: 210-218.
 29. Connor WE, Connor JL. The importance of fish and docosahexaenoic acid in Alzheimer's disease. *Am J Clin Nutr* 2007; 85: 929-930.
 30. Koo WW. Efficacy and safety of docosahexaenoic acid and arachidonic acid addition to infant formulas: can one buy better vision and intelligence? *J Am Col Nutr* 2003; 22: 101-107.