

Evaluación de los ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como alimentos funcionales

Castro-González MI, Ojeda VA, Montañón BS, Ledesma CE, Pérez-Gil RF.

Dirección de Nutrición. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Universidad La Salle.
Depto. Nutrición Animal. INCMNSZ. Depto. Tecnología de Alimentos. INCMNSZ. México

RESUMEN. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y evaluar el contenido de ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como base para su empleo potencial como alimentos funcionales. Se obtuvieron los lípidos totales (LT) y ácidos grasos (AG) del filete de pescado, por extracción con solventes y cromatografía de gases con FID. De las especies estudiadas el 50% procedió del Pacífico y el resto del Golfo de México. Los LT variaron desde 0.76 hasta 7.13 g/100g. Se obtuvo una media de 58.51, 58.74 y 132.85 mg/100g de AGS, AGM y AGP, respectivamente. En todas las muestras se identificaron los siguientes AG n-3 por orden de abundancia (mg/100g filete): C22:6n-3 (DHA) (85.02), C20:5 n-3 (EPA)(16.22), C18:3 n-3 (ALA)(1.95) y el C20:3 n-3 se identificó sólo en 4 especies con valores desde 0.08 hasta 12.99. El 27% de los pescados presentaron valores bajos de AG n-3 (4–40); el 66% con valores intermedios (70–170) y 7% valores altos (200 a 300 mg/100g), correspondiendo éstos a la barracuda (*Sphyraena agentea*) y al sargo (*Lagodon rhomboides*). De acuerdo a los valores recomendados internacionalmente (de 200 a 650 mg de EPA+DHA/día) el consumo cotidiano de éstas especies pueden considerarse como benéfico para la salud, y sugerirse como alimentos funcionales.

Palabras clave: Pescados mexicanos, ácidos grasos n-3, alimentos funcionales.

INTRODUCCION

La composición y propiedades nutricionales de la parte comestible del músculo del pescado varían dependiendo de factores bióticos y abióticos (1). Aunque el pescado ha sido alimento por siglos, existen desde hace más de dos décadas numerosas publicaciones científicas sobre los efectos benéficos del consumo de pescado en el proceso enfermedad-alimentación-salud, demostrándose la relación entre su consumo y una buena salud. De los alimentos que actualmente se consumen, los pescados son la mayor fuente de los ácidos grasos n-3 (AGn-3), principalmente el ácido eicosapentaenoico (EPA) (C20:5 n-3) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (C22:6 n-3).

Actualmente no existe una definición mundialmente aceptada de alimento funcional, en resumen, es cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales

SUMMARY. n-3 fatty acid evaluation in eighteen Mexican marine fishes as functional food. The objective of the present work was to characterize the n-3 fatty acid composition of eighteen species of Mexican marine fishes and to evaluate their potential as functional food. Total lipids and fatty acid (FA) compositions were obtained of the edible portion of the fish, by solvent extraction and gas chromatography. Fifty percent of the studied species proceeded of the Mexican Pacific and the remainder from the Gulf of Mexico. The total lipid content varied from 0.76 to 7.13 g/100g. Averages of 58.51, 58.74 and 132.85 mg/100g of flesh were obtained for saturated, monounsaturated and polyunsaturated FA, respectively. In all the samples the n-3 fatty acids identified in order of abundance were (mg/100g), C22:6n-3 (DHA) (85.02), C20:5 n-3 (EPA)(16.22), C18:3 n-3 (ALA)(1.95) and the C20:3 n-3 was found only in four species (range from 0.08 to 12.99 mg/100g). Twenty-seven percent of the fishes exhibited low (4 to 40), 66% intermediate (70 to 170) and 7% high values (200 to 300 mg/100g) of n-3 FA. The latter species were identified as picuda (*Sphyraena agentea*) and sargo (*Lagodon rhomboides*). Since international standards recommend a daily regular consumption from 200 to 650 mg of EPA + DHA/day as beneficial for good health, it is therefore suggested as functional food.

Key words: Mexican fish, n-3 fatty acids, functional food.

(nutracéuticos) que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. Por otro lado, un nutracéutico es un compuesto bioactivo presente en el alimento funcional, que proporciona un valor agregado para la obtención de beneficios en la salud y en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades (2-4).

Los compuestos nutracéuticos se clasifican, entre otras cosas, por su mecanismo de acción o efectividad fisiológica. Numerosos estudios clínicos sugieren que los AG n-3 y sus metabolitos participan en el tratamiento y prevención de numerosas enfermedades, proporcionando efectos cardioprotectores en personas con diabetes tipo II, disminuyendo la incidencia de accidentes cardiovasculares, muerte súbita y reduciendo los niveles de triglicéridos, además de incrementar los niveles de lipoproteínas de alta densidad en sangre (5); en forma directa y como coadyuvante en el tratamiento de cáncer, asma, psoriasis, enfermedad de Chron, esclerosis múltiple, migraña y artritis, por su efecto

antiinflamatorio e inmunológico (6-7), en enfermedades renales ayudando a la normalización del metabolismo de lípidos (8); en desórdenes mentales, ya que los AG esenciales son componentes principales de las células del cerebro (9,10); en el tratamiento de la depresión (11); en el mejoramiento del desarrollo prenatal y postnatal al formar parte del desarrollo de la retina y las conexiones neuronales (12).

Actualmente, se desconoce el contenido de ácidos grasos presentes en la mayoría de los recursos pesqueros mexicanos, así como su variación dada por factores bióticos y abióticos. Sin lugar a dudas, algunas de las especies de pescados podrían llegar a considerarse como alimentos funcionales, por su contenido de AG n-3, por lo que el objetivo de este trabajo fue caracterizar y evaluar los ácidos grasos presentes en 18 especies de pescados marinos mexicanos de consumo cotidiano, como componentes nutraceuticos.

MATERIALES Y METODOS

Obtención e identificación de las muestras

Con información existente sobre la producción y oferta-demanda de las especies de pescado marino fresco para consumo directo, a nivel nacional, se identificaron y seleccionaron 18 especies de pescado, como continuación del trabajo de investigación previamente realizado con pescados de amplia demanda en la Ciudad de México (3). Todas las muestras fueron proporcionadas por la Sociedad Nacional de Introdutores y Distribuidores de Pescados y Mariscos "La Nueva Viga", en la Ciudad de México. En este centro de acopio 422 bodegas comercializan diariamente más de 250 ton de productos pesqueros, con un manejo todo el año en promedio de 55 especies, algunas de las cuales existen todo el año y otras por temporada. Por esto, se considera el centro de acopio más grande e importante de América (13). Las muestras de pescado obtenidas se identificaron hasta especie con la ayuda de fotografías y organismos frescos en donde se tomaron en cuenta las características morfológicas principalmente, así como el empleo de claves taxonómicas y libros especializados (14).

Muestreo

Las muestras se obtuvieron en diferentes meses del año, dependiendo de su presencia. El número de individuos de cada tipo de pescado fue variable. Se obtuvieron de las diferentes bodegas que comercializan la especie, obteniendo de cada una un ejemplar y teniendo como mínimo 15 pescados de cada especie, los cuales se filetearon y se tomaron 5 k de muestra, la cual se sometió a un cuarteo para obtener una submuestra de 2 k, de la que se tomaron al azar 100g de filete para la realización de los análisis por triplicado, previa molienda y homogeneización (15).

El peso de los filetes fue variable dependiendo de la especie.

Se agregó BHT Sigma (USA) al 0.1% como antioxidante. Cabe mencionar que diario llegan, desde el lugar de captura, a este centro de acopio tráileres cargados con los diferentes pescados que se reparten en las diferentes bodegas.

De las especies seleccionadas, el 50% de los pescados fueron del Golfo de México y el otro 50% del Pacífico mexicano; 84% fueron especies magras, 11% semigrasas y sólo una grasa (lebrancha). La mayoría de los pescados procedieron de clima subtropical. En cuanto a su distribución ecótica se distribuyeron de la siguiente manera: 8 especies pelágicas, 5 bentopelágicas y 5 demersales, con esto se considera que las especies estudiadas representan un barrido batimétrico.

Ensayos analíticos

La humedad se determinó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, para humedad en alimentos por tratamiento térmico (16). Las cenizas y la proteína bruta por los métodos de prueba de la Norma Mexicana (17, 18).

Extracción y análisis de lípidos totales. Cada muestra de pescado se pesó por triplicado (1 ± 0.01 g). Se añadieron 20 mL de una solución de cloroformo: metanol (2:1, v/v) y se dejó extraer en agitación por 12 hrs. Después de filtrarse se agregaron 2 mL de agua, se centrifugó a 3000 rpm/10 min. Se extrajo la fase acuosa y la fase orgánica se evaporó en atmósfera de nitrógeno. El contenido de los lípidos totales se determina gravimétricamente (19).

Saponificación, metilación y composición de los ácidos grasos. Una vez obtenidos los lípidos totales se procedió a una saponificación con potasa metanólica saturada para la obtención de los ácidos grasos libres, los cuales se esterificaron y metilaron con una solución de trifluoruro de boro-metanol. Se evaporaron a sequedad en atmósfera de N_2 . Para la identificación y cuantificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos obtenidos, se utilizó una mezcla de estándares Supelco 37 Fame Mix (USA), comparando con los tiempos de retención y áreas correspondientes entre éstos y la muestra. Se utilizó un cromatógrafo de gases Varian 3400CX, con una columna capilar de 100m x 0.25mm Supelco SP2560 (USA). La detección de los ácidos grasos fue por ionización de flama. El volumen de inyección fue de 1 μ L (split 1:100) por triplicado en cada muestra y se utilizó como estándar interno el éster metílico del ácido cis-vaccénico.

Condiciones cromatográficas

Temperatura del inyector = 250°C, Temperatura del detector = 300°C. En la columna, un gradiente de temperatura en donde la temperatura inicial = 140°C, aumentando 10°C/min hasta 200°C, se sostiene 1 minuto y nuevamente se aumenta 5°C/min hasta 230°C, se mantiene 7 minutos. El gas acarreador fue nitrógeno. Los resultados de los ácidos grasos se presentan en mg/100 g de la filete (19).

Análisis estadísticos

Los resultados de cada una de las especies se sometieron a un análisis estadístico descriptivo. Los resultados de los AG n-3 se agruparon, para su evaluación como componentes nutraceuticos, dependiendo de su clasificación biológica (óseos y cartilagosos), ubicación ecótica (demersales, bentopelágicos y pelágicos), distribución general (tropical y subtropical), distribución geográfica (Golfo de México y Océano Pacífico) y clasificación de la carne por el contenido de grasa (magros, semigrasos y grasos). Para la diferencia de medias se aplicó, dependiendo de la clasificación, una t de student, un análisis de varianza, una prueba de Tukey HSD para N desigual, con un nivel de significancia de 0.05 (20, 21).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan 18 especies de pescados que forman parte de la gran variedad de alimentos marinos mexicanos que se pueden encontrar en el Mercado de Pescados y Mariscos “La Nueva Viga” de la Ciudad de México. De éstos, solo una especie correspondió al grupo de los peces cartilaginosos (tiburón), especie ampliamente consumida en México. En esta misma tabla se presentan los valores de humedad que van desde 69.90 g/100g (conejo) hasta 82.20 g/100g (lengua), y proteína, con concentraciones entre 15.14 g/100g (pierna) hasta 28.21 g/100g (conejo), en éste último se presenta un comportamiento típico entre estas dos determinaciones dada por la relación inversamente proporcional entre humedad y proteína, es decir a mayor proteína menor contenido de agua en carne (22). Tanto la proteína como la humedad fueron semejantes entre especies, independientemente de las diferentes clasificaciones a las que pertenezcan.

TABLA 1
Nombres y composición proximal de 18 especies de pescados marinos mexicanos
(g/100g filete)

| Nombres comunes | Nombres científicos | Lípidos totales | Humedad | Proteína bruta | Cenizas |
|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|----------------|---------|
| Abadejo, Cuna garopa | <i>Mycteroperca phenax</i> | 1.52 | 79.84 | 15.63 | 0.83 |
| Angelito, Rubia voladora | <i>Prionotus evolans</i> | 1.71 | 77.37 | 20.23 | 1.03 |
| Atún aleta amarilla, albacora, rabil | <i>Thunnus albacares</i> | 0.76 | 75.24 | 22.37 | 0.90 |
| Bandera, Bagre banderillo, gato, bagre cacumo, bagre | <i>Bagre marinus</i> | 2.33 | 77.07 | 20.15 | 1.09 |
| Bobo escama, bobo, lisa bobo | <i>Joturus pichardi</i> | 3.73 | 77.86 | 17.00 | 1.05 |
| Conejo, bajacu, tamboril | <i>Lagocephalus laevigatus</i> | 1.60 | 69.90 | 28.21 | 0.96 |
| Gurrubata, berrugata californiana, ratón | <i>Menticirrhus undulatus</i> | 1.75 | 79.47 | 17.83 | 1.11 |
| Lebrancha, lisa criolla, jarea, josea, lisa blanca | <i>Mugil curema</i> | 7.13 | 75.55 | 17.06 | 1.27 |
| Lengua, lengua amarillenta, lengua Williams | <i>Symphurus williamsi</i> | 1.70 | 82.20 | 16.19 | 0.87 |
| Lenguado, lenguado de Florida | <i>Paralichthys lethostigma</i> | 1.24 | 75.59 | 21.43 | 1.18 |
| Merluza, merluza norteña o del pacifico | <i>Merluccius productus</i> | 1.07 | 81.70 | 15.75 | 0.95 |
| Pargo huachinango, acara aya, pargo colorado | <i>Lutjanus campechanus</i> | 1.23 | 76.53 | 19.20 | 1.31 |
| picuda, Barracuda, plateada | <i>Sphyrna agentea</i> | 1.56 | 77.73 | 16.21 | 1.10 |
| Pierna, blanquillo, cabezudo, peje blanco | <i>Caulolatilus princeps</i> | 1.61 | 78.37 | 15.14 | 0.98 |
| Rubia, colirubia, cola, rabirubia | <i>Ocyurus chrysurus</i> | 0.92 | 75.82 | 17.86 | 1.04 |
| Sargo, chop espina | <i>Lagodon rhomboides</i> | 1.59 | 77.09 | 18.47 | 1.09 |
| Tiburón, Cazón, macuira, tiburón manchado, volador | <i>Carcharhinus limbatus</i> | 1.56 | 77.78 | 20.04 | 1.15 |
| Verdillo, cabrilla de arena | <i>Paralabrax nebulifer</i> | 1.52 | 78.88 | 16.76 | 1.10 |

En la Tabla 2 se presentan los valores de lípidos totales (LT), donde se observa una gran variación numérica entre especies, teniendo como es de esperar valores bajos de (LT) en las especies magras (desde 0.76 g/100 g de filete hasta

1.75 g/100g), y concentraciones muy altas de (LT) en la especie grasa analizada (7.13 g/100g). Se encontraron diferencias significativas entre los pescados magros y semigrasos.

TABLA 2
Contenido de ácidos grasos en 18 especies de pescados marinos mexicanos (mg /100g de filete)

| Pescado | AGS | AGM | AGP | n-3 | n-6 | n-3 / n-6 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|
| Abadejo | 78.13 | 57.45 | 133.82 | 114.95 | 17.67 | 6.51 |
| Angelito | 88.66 | 137.89 | 220.61 | 142.36 | 76.55 | 1.86 |
| Bandera | 18.13 | 97.45 | 120.40 | 68.23 | 42.40 | 1.61 |
| Bobo escama | 12.88 | 13.55 | 20.39 | 5.04 | 12.88 | 0.39 |
| Lebrancha | 136.92 | 119.94 | 196.60 | 165.42 | 27.83 | 5.94 |
| Pargo huachinango | 51.62 | 41.18 | 156.34 | 131.16 | 22.43 | 5.85 |
| Conejo | 38.75 | 55.77 | 116.53 | 101.05 | 13.67 | 7.39 |
| Rubia | 71.82 | 71.47 | 111.38 | 95.71 | 15.67 | 6.11 |
| Tiburón | 57.98 | 54.62 | 127.78 | 94.83 | 27.67 | 3.43 |
| Verdillo | 28.93 | 24.42 | 47.92 | 36.71 | 7.33 | 5.01 |
| Pierna | 12.57 | 18.98 | 47.43 | 41.78 | 4.71 | 8.87 |
| Sargo | 7.74 | 15.27 | 313.34 | 293.54 | 19.79 | 14.83 |
| Gurrubata | 64.69 | 25.98 | 70.36 | 39.26 | 29.51 | 1.33 |
| Lenguado | 19.47 | 23.09 | 42.26 | 34.20 | 8.07 | 4.24 |
| Merluza | 42.63 | 33.26 | 133.39 | 102.77 | 30.62 | 3.36 |
| Atún aleta amarilla | 104.59 | 65.79 | 225.02 | 170.04 | 54.98 | 3.09 |
| Picuda | 125.18 | 111.59 | 324.90 | 295.42 | 29.48 | 10.02 |
| Lengua | 92.58 | 89.67 | 141.92 | 95.41 | 42.16 | 2.26 |

AGS = Σ Ácidos grasos saturados

AGM = Σ Ácidos grasos monoinsaturados

AGP = Σ Ácidos grasos poliinsaturados

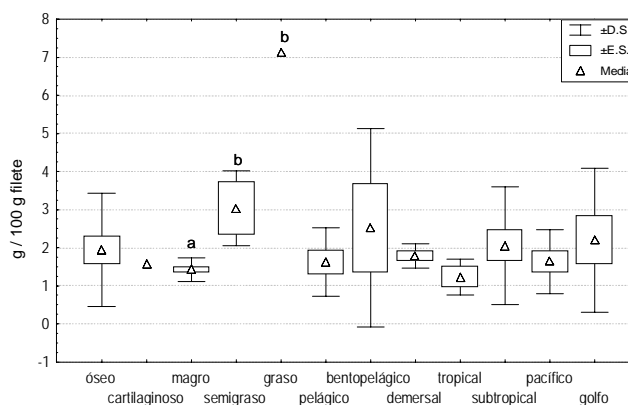
Comparando con lo reportado en las tablas del valor nutritivo (23) solo se encontraron valores de (LT) reportados anteriormente (g/100g) para: pargo huachinango (2.10), tiburón (10.20), gurrubata (3.20) y lenguado (1.0), excepto este último, todos los valores de tablas fueron mas altos. Estas variaciones se explican debido a que el contenido de grasa en el músculo de los pescados depende de los cambios ocasionados por las diferentes estaciones del año y las diferencias fisicoquímicas de los lugares de captura (19,24).

El contenido de lípidos totales presente en los diferentes pescados de acuerdo a diferentes clasificaciones se presenta en la Tabla 3. Por su clasificación biológica no se encontraron diferencias significativas (Figura 1), entre el pescado cartilaginoso (tiburón) y los óseos (17 especies restantes). Por su contenido de grasa en carne se encontró diferencia estadística entre las especies magras y las semigrasas y grasa, no así entre estas dos últimas; la concentración de LT de la especie grasa fue 5 veces más que las magras; este comportamiento se observó en un estudio previo (3). Los LT tuvieron valores similares, sin diferencias significativas, independientemente de su distribución general, distribución geográfica y ubicación ecótica (Figura 1, Tabla 3). En este caso, los lípidos totales variaron solamente dependiendo de su contenido de grasa en el músculo.

El contenido de ácidos grasos de los pescados analizados, dependiendo de su tipología se presenta en la Tabla 2. Los ácidos grasos saturados (AGS) identificados en la mayoría de las especies fueron: C11:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C22:0,

C23:0 y C24:0, el C11:0 solo se detecto en el bandera con un valor de 0.11 mg/100g, el C23:0 fue el ácido graso menos abundante y no se detectó en los siguientes pescados: angelito, bobo escama, gurrubata, lenguado, merluza, atún aleta amarilla, lengua. El ácido graso saturado más abundante fue C16:0 y no se detectó en el sargo; el único AGM detectado en todas la especies fue el nervónico (C24:1), aunque en cantidades pequeñas, entre 0.2 y 15.27 mg / 100 g con una media de 5.9 ± 4.4 .

FIGURA 1
Lípidos totales en 18 especies de pescados marinos mexicanos



En la mayoría de las especies estudiadas, la relación entre ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM) es 1:1, presentando una media y d.s. de 58.52 ± 39.76 y 58.74 ± 38.72 (mg/100g), respectivamente; a diferencia de las especies reportadas en el artículo previo a éste (3) en donde los AGS fueron los más abundantes en todos los pescados, mientras que en el presente estudio los poliinsaturados (AGP) fueron los más abundantes en todas las especies, con un valor promedio de 141.95 ± 87.32 (mg/100g), Los AGM detectados fueron C14:1, C15:1, C16:1, C17:1, C18:1n-9t, 18:1n-9c, C20:1, C22:1, C24:1. El C17:1 o cis-10-heptadecanoico fue el menos abundante ya que sólo se detectó en seis especies, abadejo, bobo escama, bandera, lebrancha, tiburón y pierna. Mientras que el AGM más abundante fue el ac. oleico (C18:1) (34.02 ± 28.13 (mg/100g), el cual no fue detectado en el sargo; el único AGM detectado en todas la especies fue el ac. nervónico (C24:1), con una valor promedio de 5.93 ± 4.38 .

Los AGP detectados fueron C18:2n-6t, 18:2n-6c, C18:3n-6, 18:3n-3, C20:2, C20:3n-6, C20:3n-3, C20:4n-6, C22:2, C20:5n-3 y C22:6n-3, el C20:3n-3 sólo se cuantificó en cuatro especies; angelito, bandera, lebrancha y pierna, mientras que C20:4 n-6, C20:5n-3 y C22:6n-3 se presentó en todas la especies, con una media y d.s. de 12.21 ± 7.62 , 19.00 ± 21.91 y 90.01 ± 66.30 mg/100g, respectivamente. La d.s. tan elevada se debe a la variación que existe entre las diferentes especies.

TABLA 3
Acidos grasos n-3 en 18 especies de pescados marinos mexicanos de amplio consumo México
(mg/100g de filete)

| Pescado | n | ALA | 11,14,17 eicosatrienioco | EPA | DHA |
|---------------------|----|-------------|-----------------------------|--------------|----------------|
| Abadejo | 15 | 1.13 (0.43) | nd | 8.30 (3.6) | 105.52 (31.26) |
| Angelito | 18 | 4.18 (1.78) | nd | 12.23 (2.67) | 123.74 (23.64) |
| Atún aleta amarilla | 25 | 2.15 (0.48) | 25.08 (3.14) | 15.48 (0.53) | 152.40 (2.65) |
| Bandera | 18 | 3.66 (0.70) | nd | 3.82 (0.31) | 35.67 (0.67) |
| Bobo escama | 15 | 3.09 (0.79) | nd | 0.56 (0.17) | 1.39 (0.36) |
| Conejo | 24 | 0.58 (0.05) | nd | 15.66 (4.52) | 28.75 (1.26) |
| Gurrubata | 15 | 2.59 (0.55) | 0.29 (0.07) | 7.91 (2.14) | 79.97 (6.82) |
| Lebrancha | 15 | 7.24 (0.39) | nd | 77.92 (6.08) | 84.82 (5.44) |
| Lengua | 32 | 1.43 (0.03) | nd | 9.16 (1.41) | 31.03 (6.27) |
| Lenguado | 22 | nd | nd | 3.17 (0.63) | 78.45 (11.27) |
| Merluza | 18 | 1.78 (0.22) | nd | 22.54 (6.04) | 102.08 (13.77) |
| Pargo huachinango | 25 | 1.01 (0.43) | 0.32 (0.02) | 28.07 (5.45) | 237.33 (1.83) |
| Picuda | 19 | 2.56 (0.63) | nd | 55.54 (0.75) | 35.79 (7.36) |
| Pierna | 18 | 1.37 (0.67) | nd | 4.30 (1.82) | 92.23 (7.89) |
| Rubia | 16 | 1.99 (0.46) | nd | 1.49 (0.07) | 237.88 (3.05) |
| Sargo | 18 | nd | nd | 55.67 (1.04) | 85.00 (2.67) |
| Tiburón | 22 | 1.90 (0.28) | nd | 7.93 (0.45) | 23.82 (6.57) |
| Verdillo | 15 | 0.64 (0.16) | nd | 12.25 (3.81) | 84.82 (5.44) |

nd = no detectado n = N° de repeticiones

Acidos grasos omega 3

Se identificaron y cuantificaron cuatro ácidos grasos de la familia n-3: 1) ácido α -linolénico (C18:3 n-3), conocido internacionalmente por sus siglas en inglés como ALA; 2) 11,14,17 eicosatrienoico (C20:3 n-3); 3) ácido eicosapentaenoico (C20:5 n-3) conocido como EPA y 4) ácido docosahexaenoico (C22:6 n-3), conocido como DHA (Tabla 3). En general, su abundancia fue C18:3 < C20:3 < C20:5 < C22:6, con los siguientes valores totales de cada uno de los AG en todos los pescados analizados: 2.35 ± 1.67 , 6.98 ± 12.10 , 19.00 ± 21.91 , 90.01 ± 66.30 (mg/100g filete), respectivamente; la desviación estándar observada se debe a la alta variabilidad de las muestras dado su carácter biológico, ya que se sabe que los valores de AG dependen de factores bióticos como, la especie del pescado y estado fisiológico, así como factores abióticos como el lugar, la época de captura y el proceso industrial al que se someta (19, 25). El C18:3n-3 no se identificó en sargo y lenguado; el C20:3 sólo se detectó en angelito, bandera, lebrancha y pierna. El EPA y DHA se identificaron en todas las especies.

En la Tabla 4 se observa el contenido de AG n-3 de acuerdo a las diferentes clasificaciones, que finalmente son variables que pudieran influir en su concentración. Por su distribución ecótica se observó que la profundidad en la que las especies estudiadas habitan no influye en el contenido de AG n-3, lo mismo ocurrió para la distribución general y biológica, ya que no se detectó

diferencia significativa para este tipo de ácidos grasos.

Por su distribución geográfica, C18:3, C20:3, C20:5 presentaron un comportamiento diferente, observándose que los procedentes del Golfo de México tuvieron una relación 2:1 sobre los del Pacífico, a excepción del C22:6, que presenta valores muy cercanos en los dos casos.

Por el contenido de grasa en carne, la lebrancha fue el único pescado graso (7.13% LT) estudiado, su contenido de EPA fue el más elevado (77.9 mg/100g) en comparación con las especies aquí estudiadas y con la mayoría de las 25 especies reportadas por Castro-González (3) incluyendo las especies grasas, con valores entre 1.53 y 68.0 mg/100g para el cazón y cojinuda, respectivamente. En el trabajo antes citado, los pescados albacora, trucha marina y jorobado presentaron concentraciones muy elevadas de éste ácido graso, en comparación con este trabajo: 339.2, 106.1 y 127.7 mg/100g, respectivamente.

Por otro lado los pescados clasificados como semi-grasos y magros tuvieron un comportamiento similar en cuanto al grado de concentración de C18:3n-3, C20:3n-3 y C20:5 n-3.

El DHA del pescado graso de este trabajo, presentó un comportamiento diferente en comparación con lo informado por Castro-González (3), quienes encontraron que éste ácido graso era superior en concentración y en comparación con el EPA para las especies grasas, por ejemplo, albacora (EPA = 339.2 y DHA = 962.5 mg/100g), jorobado (EPA = 127.7 y

DHA = 685.9 mg/100g), mientras que en el presente trabajo el lebrancha tuvo una concentración de EPA = 77.9 y DHA = 79.9 mg/100g. Lo que concluye que este pescado a pesar de ser una especie grasa no es rica en DHA. En general, los valores de ésta ácido graso de las 18 especies analizadas fue bajo en comparación con las 25 especies analizadas en el trabajo antes mencionado.

En la Figura 2 se presentan los AG n-3 y n-6 de las 18 especies de pescados de acuerdo al contenido de grasa en el músculo. A diferencia de lo esperado y reportado por Castro-

González (3), no se encontró diferencia significativa por el contenido de grasa en músculo, lo mismo para los n-6, sin embargo, se encontró diferencia estadística entre los n-3 magros y n-6 magros, semigrasos y grasos. No se encontró esta diferencia entre los n-3 semigrasos y n-6 de ningún tipo. Se detectó diferencia significativa entre n-3 grasos y n-6 magros. Los ácidos grasos n-3 y n-6 del grupo de los pescados grasos no se pudieron someter a análisis estadístico debido al número de representantes (n = 1), sin embargo, se observa una diferencia numérica muy marcada entre ellos.

TABLA 4
Ácidos grasos n-3 en 18 especies de pescado marino mexicano de acuerdo a diferentes clasificaciones.
(mg / 100 g filete)

| Clasificación | n | LT g/100g | C18:3 n-3 | C20:3 n-3 | C20:5 n-3 | C22:6 n-3 | Total |
|--------------------------------|----|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------|--------|
| Biológica | | | | | | | |
| Óseos | 17 | 1.94 (1.49) | 2.36 (1.72) | 6.98 (12.10) | 19.65 (22.40) | 90.33 (68.30) | 119.32 |
| Cartilaginosos | 1 | 1.56 | 1.90 | nd | 7.93 | 85.00 | 94.83 |
| Grasa en carne | | | | | | | |
| Magros | 15 | 1.42 (0.31) | 1.79 (0.97) | 1.27 (1.34) | 17.31 (17.06) | 100.24 (66.65) | 120.62 |
| Semi- grasos | 2 | 3.03 (0.99) | 3.38 (0.40) | 25.08 (0.29) | 2.19 (2.31) | 18.53 (24.24) | 49.17 |
| Grasos | 1 | 7.13 | 7.24 | nd | 77.92 | 79.97 | 165.13 |
| Distribución general | | | | | | | |
| Tropical | 2 | 1.00 (0.33) | 1.58 (0.81) | nd | 21.78 (8.90) | 127.24 (35.59) | 150.60 |
| Subtropical | 16 | 2.03 (1.50) | 2.44 (1.74) | 6.82 (2.50) | 18.65 (23.19) | 85.39 (68.45) | 113.45 |
| Distribución geográfica | | | | | | | |
| Golfo | 9 | 2.20 (1.89) | 2.80 (2.2) | 9.19 (13.79) | 23.45 (26.34) | 98.96 (60.73) | 134.41 |
| Pacífico | 9 | 1.64 (0.84) | 1.87 (0.76) | 0.32 | 14.55 (16.78) | 81.11 (73.93) | 97.85 |
| Ubicación ecótica | | | | | | | |
| Pelágicos | 8 | 1.65 (0.9) | 1.82 (0.86) | nd | 16.30 (17.38) | 96.97 (72.67) | 115.09 |
| Bentopelágicos | 5 | 2.52 (2.6) | 3.16 (2.59) | 0.94 | 24.80 (31.44) | 86.76 (32.70) | 115.66 |
| Demersales | 5 | 1.66 (0.1) | 2.21 (1.54) | 1.10 (2.21) | 19.44 (20.34) | 99.80 (87.58) | 122.56 |

Por columna, se presentan los datos de la media \pm DS
nd = no detectado n = N° de especies por clasificación

De acuerdo a su clasificación biológica (Tabla 4), no se encontró diferencia significativa, entre pescados cartilaginosos (tiburón) y óseos (los 17 restantes); por su distribución general, las especies tropicales presentaron un contenido de EPA y DHA, ligeramente mayor a las subtropicales, debido probablemente al tipo de alimento que existe en estos lugares (26).

Respecto a la distribución geográfica, el 50% de las especies fue procedente del Golfo de México y 50% del Pacífico occidental. Estadísticamente no se detectó diferencia significativa para ningún AG n-3 debido probablemente a las desviaciones estándar dadas por la gran variación que existe entre organismos. Sin embargo, numéricamente las especies del Golfo presentaron valores mayores para todos los AG n-3. El caso contrario ocurrió entre especies con esta distribución geográfica en el trabajo reportado por Castro-González (3),

donde las del Pacífico presentaron valores más elevados, lo cual nos indica que la distribución geográfica no es un factor determinante para la concentración de ácidos grasos n-3.

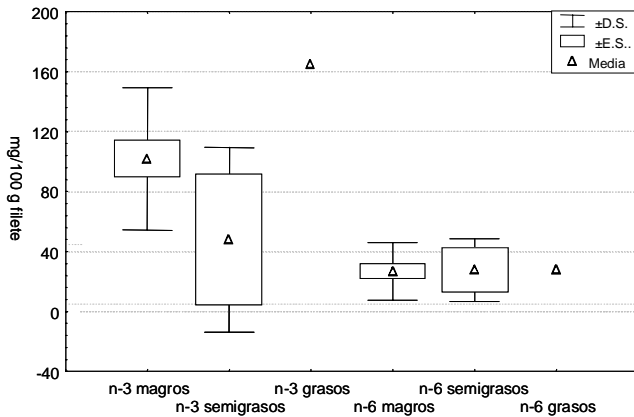
De acuerdo a su distribución ecótica (dependiente de la profundidad en que se encuentren los peces en la columna de agua), los tres AG n-3, principales, presentaron una distribución muy parecida, entre pelágicos y demersales; mayor cantidad de DHA y menor cantidad de ALA y EPA, en comparación a los bentopelágicos. Estos últimos, junto con los demersales tuvieron una desviación estándar muy grande, lo cual nos estaría indicando que la distribución a lo largo de la columna de agua no influye en el contenido de AG n-3.

Las elevadas desviaciones estándar obtenidas (Tabla 4), se deben a que la clasificación engloba distintas especies, conformando grupos heterogéneos, cuya composición química es establecida por factores bióticos y abióticos

(19,25,27); sin embargo, con estas clasificaciones se pretende dar una visión general de aquellos grupos de pescados que pueden proporcionar valores más altos de ciertos compuestos nutraceuticos.

FIGURA 2

Acidos grasos n-3 y n-6 en 18 especies de pescados marinos mexicanos, de acuerdo al contenido de grasa en músculo



Evaluación de las 18 especies de pescados como alimentos funcionales

Como se mencionó en el artículo presentado por Castro-González (8), no existe hasta el día de hoy un consenso mundial sobre la recomendación para el consumo diario de AG n-3 (EPA y DHA), con el fin de obtener los numerosos beneficios

que estos compuestos nutraceuticos proporcionan, sin embargo y con base en numerosos estudios clínicos que se han llevado a cabo en todo el mundo, algunos países sugieren los siguientes valores de consumo diario de EPA + DHA: Estados Unidos 0.65 g/día, el Comité de Aspectos Médicos y Política Alimenticia de Canadá sugiere 0.20g/día; Reino Unido propone 0.50% de la energía consumida provenga de EPA y DHA combinados; los japoneses recomiendan una ingesta importante de DHA para mujeres embarazadas de 0.5 g /día, para mejorar el desarrollo pre y post-natal, así como para evitar el nacimiento de niños prematuros (25).

En este estudio, de las 18 especies analizadas solo dos presentaron, para el lugar y época de captura dada, una concentración de EPA y DHA mayor a 0.20 g que es el valor mínimo dado en las recomendaciones mundiales para la obtención de los beneficios que estos ácidos grasos otorgan a la salud, principalmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares, por lo que se les podría considerar como alimentos funcionales. Estas especies son el sargo (293.5) y la picuda (295.4) mg/ 100 g de filete. Comparado con lo reportado en un estudio similar (3), en donde los valores de EPA + DHA variaron entre 0.22 y 0.61 g/100g de filete, estos valores se encuentran en el nivel inferior, sin dejar de ser muy buenas fuentes de AG n-3.

Estudios clínicos o epidemiológicos recientes han demostrado diferentes beneficios al incluir EPA+DHA en la dieta y han propuesto diferentes recomendaciones, como se observa en la Tabla 5.

TABLA 5
Recomendaciones de consumo de ácidos grasos n-3 y su beneficio en la salud

| R | Recomendación | Beneficio |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (28) | 1 g/d EPA+DHA | Como prevención: (EC) (MS) Como tratamiento: Infarto miocardio y prevención 2 ^{aria} |
| (29) | 500mg/d EPA+DHA (2 /d) 1 g/d EPA + DHA | ↓ Riesgo EC Tratamiento: en EC existente |
| (30) | DHA 120 mg/d hombres 100 mg/d mujeres | Beneficios generales mencionados por otros autores. |
| (31) | 0.5 % consumo energía/d en adultos. 1.0 % consumo energía/d en Adultos mayores, embarazadas y lactantes | Beneficios generales mencionados por otros autores. |
| (32) | > 0.2 g/d AG cadena larga | Beneficios generales mencionados por otros autores |
| (33) | 100 mg/d DHA | ↑ Coeficiente Intelectual 0.13 puntos en niños alimentados c/ fórmula |
| (34) | 180 mg/d DHA (2.7 / sem) | ↓ 50% riesgo de demencia y degeneración macular asociado con la edad. |
| (35) | 2 raciones de pescado rico en EPA+DHA /sem | ↓ Riesgo MS y EC, ↓ Presión sanguínea. |

R = referencia EC = enfermedad cardiovascular
MS = muerte súbita

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se concluye que los factores que más pudieron afectar la concentración de los lípidos totales en las 18 especies estudiadas fueron la distribución general y la distribución geográfica, los cuales probablemente son las variables determinantes del tipo de grasa en los pescados. El tipo y concentración de AG n-3 fue muy variable entre especies y entre los factores analizados. Por otro lado, por su contenido de EPA + DHA, de las 18 especies analizadas solo el 11 %, pudiera ser consideradas como alimentos funcionales ya que en estas se encontraron en los intervalos de las recomendaciones mundiales dadas por los diferentes países, siempre y cuando se incorpore su consumo de manera habitual, al menos dos veces por semana en la dieta, de acuerdo a la Asociación Americana del Corazón.

A diferencia de lo que se piensa, en este caso, el sargo y la picuda son especies magras con elevado contenido de EPA+DHA, lo cual abre la posibilidad de considerar no solo a los pescados azules o grasos como buenas fuentes de ácidos grasos omega 3, sino en general, la mayoría de las especies pudieran llegar a considerarse como un alimento funcional, dependiendo de algunos factores bióticos, principalmente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del Sr. Roberto Gutiérrez A., presidente de la Sociedad Nacional de Introdutores y Distribuidores de Pescados y Mariscos La Nueva Viga en la Cd. de México, por la materia prima y el apoyo otorgado durante la realización del presente estudio. De manera muy especial agradecemos la colaboración del Dr. José Luis Castro-Aguirre del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, eminente ictiólogo mexicano quien amablemente colaboró en la identificación de algunas de las especies, además de proporcionarnos valiosa información.

REFERENCIAS

- Potter NN y Hotchkiss JH. Food Science. Chapman and Hall. U.S.A.608 pp. Roberfroid, M.B. 2000. Concepts and strategy of funcional food science: The European perspective. Am J Clin Nutr. 1995;71(6):1664-1669
- Wildman CER. Handbook of Nutraceuticals and Funcional Foods. CRC Press. U.S.A. 542. 2001.
- Castro-González MI, Ojeda A, Silencio JL, Cassis L, Ledesma H, Pérez-Gil RF. Perfil lipídico de 25 pescados marinos mexicanos con especial énfasis en sus ácidos grasos n-3 como componentes nutraceuticos. Arch Latinoamer Nutr 2004;54(3):328
- Martin RE, Flick GJ, Hebard CE y Warrd DR. Chemistry and Biochemistry of marine food products. AVI Publishing Co. Westport, C.T. 1990;356 pp.
- Netleton JA, Katz R. n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type II diabetes: a review. J Am Diet Assoc. 2005;105(3):428-440.
- Clelan L, James M, Proudman S. The role of fish oils in the treatment of rheumatoid arthritis. Drugs; 2003;63 (9):845-53.
- Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. J Am College Nutr. 2002;21(6):495-505.
- Cerkauskiene R, Kaminskas A, Kaltenis P, Vitkus D. Influence of omega-3 fatty acids on lipid metabolism in children with steroid sensitive nephritic syndrome. Medicina (Kaunas) 2003;39 Suppl 1:87-7.
- Tully AM, Roche HM, Doyle R, Fallon C, Bruce I, Lawlor B, Coakley D, Gibney MJ. Low serum cholesteryl ester-docosahexaenoic acid levels in Alzheimer's disease: a case-control study. Br J Nutr 2003;Apr; 89(4):483-9.
- Bourre JM. Roles of unsaturated fatty acids (especially omega-3 fatty acids) in the brain at various ages and during ageing. J Nutr Health Aging. 2004;8(3):163-174.
- Colin A, Reggers J, Castronovo, V, Anseau, M. Lipids, depression and suicide. Encephale Jan-Feb; 2003;29(Pt 1):49-58.
- Chen WJ, Yeh SL. Effects of fish oil in parental nutrition. Nutrition, 2003;Mar; 19(3):275-9.
- Secretaría de Economía. Informe de producción de pescado en México del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. Informe anual. [publicación periódica en línea] 2002. Se consigue en <http://www.sniim.gob.mx>
- Froese R and D Pauli, Editors. 2000. FishBase 2000: concepts, design and data sources. ICLARM, Philippines. 344 pp.
- Pérez C. Técnicas de muestreo estadístico. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas. España.: Alfaomega- Rama, 2000.
- NOM-116-SSA1-1994. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
- NMX-f-607-NORMEX-2002. Alimentos - Determinación de cenizas en alimentos. Método de prueba.
- NMX-608-NORMEX-2002. Alimentos - Determinación de proteínas en alimentos. Método de prueba.
- Castro GMI, Montañón BS, Pérez-Gil RF. Ácidos grasos del atún de diferentes zonas pesqueras del Pacífico mexicano, en aceite y agua. Arch Lat Nutr 2001;51(4):407-413.
- Hair FJ, Anderson ER, Tatham LR, Black CW. Análisis Multivariante. Madrid (España): Prentice Hall, 2000.
- StatSoft, Inc. Estadística for Windows (Computer program Manual). Tulsa, OK: StatSoft Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa OK 74104, (918) 583-41-49, Fax: (918)583-4376. 1995.
- Pigott MG & Turker WB. Seafood Effects of Thechnology on Nutrition. Marcel Dekker. New York, USA. 362 pp. 1990.
- Muñoz CM, Ledesma SJA, Chávez VA, Pérez-Gil RF, Mendoza ME, Calvo C, Castro GMI, Sánchez CC, Ávila CA. Los Alimentos y sus Nutrientes. Tablas de Valor Nutritivo de Alimentos. México (México): McGraw -Hil Interamericana;2002.
- Haard NF. Composition and Nutritive Value of Fish Proteins. En: Ruiter A, editor. Fish and Fishery products. United Kingdom: Cab International; 1995. p.77-115.
- Castro González MI, Ácidos Grasos n-3 Beneficios y fuentes, Interciencia 2002;27(3):128-136.

26. Bone Q, Marshall NB, Blaxter JHS. *Biology of Fishes*. New York (USA). Blackie Academic & Professional; 1997.
27. Love M. *The Chemical Biology of Fishes*. Vol. 2. New York (USA). Academic Press; 1980.
28. Sackey CV, Harris WS. Cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids. *Cardiovasc Res* 71(4). Sep. 2006.
29. Gebauer Sk, Psota Tl, Harris WS, Kris-Etherton PM. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Am J Clin Nutr*. 83(6 Suppl):1526S-1535S. 2006.
30. Astorg P, Arnault N, Czernichow S, Noisette N, Galan P, Hercberg S. Dietary intakes and food sources on n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids*. 2004;39(6):527-535.
31. Bourre JM. Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritinal value of derived products for human: what is actually useful?. *J Nutr Health Aging*. 9(4):232-242.
32. Meyer BJ, Mann NJ, Lewis JI, Milligan GC, Sinclair AJ, Howe PR. Dietary intakes and food sources of oemga-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids*. 38(4):391-398.
33. Cohen JT, Belliger DC, Connor WE, Shaywitz BA. A quantitative análisis of prenatal intake of n-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive development. *Am J Prev Med*. 29(4):366-374.
34. Johnson EJ, Schaefer EJ. Potencial role of dietary n-3 fatty acids in the prevention of dementia and macular degeneration. *Am J Clin Nutr*. 83(6 Suppl):1494S-1498S. 2006.
35. Lichtenstein A, Lawrence Ch, Brands M. Diet and Lifestyle Recomendations Revision 2006. *Circulation*. 2006;114:82-96.

Recibido: 31-10-2006

Aceptado:09-03-2007