



Original/*Valoración nutricional*

Perfil de ácidos grasos de mero (*Epinephelus morio*) crudo y procesado en aceite capturado en la península de Yucatán, México

Maira Segura-Campos, Gisela González-Barrios, Pablo Acereto-Escoffí, Gabriel Rosado-Rubio, Luis Chel-Guerrero y David Betancur-Ancona

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Resumen

Los ácidos grasos insaturados son de interés en la actualidad por su potencial para reducir enfermedades cardiovasculares, primera causa de muerte en el mundo. Por su contenido de ácidos grasos esenciales, el pescado es uno de los productos alimenticios de mayor demanda entre la población. Uno de los procesos más populares para el consumo de pescado en la Península de Yucatán, México es la fritura. Sin embargo, estudios demuestran que la fritura de alimentos genera cambios en la composición de lípidos generando ácidos grasos *trans*. El objetivo del presente estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos del Mero (*Epinephelus morio*) crudo y procesado con diferentes tipos de aceite comercial. Los resultados mostraron un contenido graso en *E. morio* crudo de 1.68%. El porcentaje de aceite extraído y absorbido por el producto al ser frito con aceite de maíz, girasol/canola, soya y cártamo se encontró en un rango de 2.3-3.93 y 26.95-57.25%, respectivamente. El perfil lipídico obtenido por CG-MS sugirió la formación de ácidos grasos *trans* por isomerización y efecto de la temperatura de freído. Sin embargo ácidos grasos esenciales como el oleico y linoleico fueron absorbidos por *E. morio* al ser frito con aceite de cártamo y girasol/canola, respectivamente.

(Nutr Hosp. 2015;31:928-935)

DOI:10.3305/nh.2015.31.2.7735

Palabras claves: Ácidos grasos insaturados. Mero. *Epinephelus morio*. Fritura. Aceite comercial.

Abreviaturas

AOAC: Asociación Oficial de Químicos analíticos (Association of Official Analytical Chemists).

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

Correspondencia: David Betancur-Ancona.

Facultad de Ingeniería Química,
Universidad Autónoma de Yucatán,
Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615,
Col. Chuburná de Hidalgo Inn.
Mérida, Yucatán, C.P. 97203, México.
E-mail: bancona@uady.mx

Recibido: 8-VII-2014.

Aceptado: 13-VIII-2014.

FATTY ACID PROFILE OF MERO (*EPINEPHELUS MORIO*) RAW AND PROCESSED OIL CAPTURED IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO

Abstract

Unsaturated fatty acids are of current interest for their potential to reduce cardiovascular disease, the first cause of death worldwide. By its content of essential fatty acids, fish is one of the food products most in demand among the population. One of the most popular processes for fish consumption in Yucatan Peninsula, Mexico is frying. However, studies show that frying food causes changes in the composition generating *trans* fatty acids. The objective of this study was to evaluate the fatty acid profile of Mero (*Epinephelus morio*) crude and processed with different types of commercial oil. The results showed a fat content in raw *E. morio* of 1.68%. The percentage of oil extracted and absorbed by the product to be fried with corn oil, sunflower/canola, soybean and safflower was found in a range of 2.3-3.93 and 26.95-57.25%, respectively. The lipid profile obtained by GC-MS suggested the formation of *trans* fatty acids by isomerization and effect of temperature frying. However essential fatty acids such as oleic and linoleic acids were absorbed by *E. morio* being fried in sunflower oil and safflower/ canola, respectively.

(Nutr Hosp. 2015;31:928-935)

DOI:10.3305/nh.2015.31.2.7735

Key words: *Unsaturated fatty acids. Mero. Epinephelus morio. Fried. Commercial oil.*

FAME: Ésteres metílicos de los ácidos grasos (Fatty acid methyl esters).

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization).

FDA: Agencia de Drogas y Alimentos (Food and Drug Administration).

GC-MS: Cromatografía de gases acoplado a masas (Gas chromatography-mass spectrometry).

Lipoproteínas HDL: Lipoproteínas de alta densidad (High density lipoprotein).

Lipoproteínas LDL: Lipoproteínas de baja densidad (Low density lipoprotein).

Introducción

A nivel mundial, se ha estimado la muerte de diecisiete millones de personas al año por enfermedades cardiovasculares atribuidas a más de trescientos factores de riesgo entre los que destacan el consumo de tabaco, la inactividad física, el consumo de alcohol así como la mala alimentación por ingesta de productos ricos en grasa los cuales generan obesidad e hipertensión¹. La población consiente de lo anterior muestra interés por modificar su régimen alimenticio acercándose al consumo de una dieta balanceada, la cual incluya componentes de los alimentos que contribuyan a la reducción de dichos padecimientos. Entre dichos compuestos se encuentran los ácidos grasos insaturados w3 y w6 los cuales contribuyen a una correcta función neuronal y cerebral, previniendo desórdenes mentales, tales como depresión, ansiedad y estrés; disminuyen el riesgo de enfermedades degenerativas como demencia y Alzheimer; de ser consumidos durante el desarrollo fetal e infantil contribuyen al desarrollo del cerebro, sistema nervioso, retina y crecimiento; reducen la presión arterial sistólica y diastólica hasta 2.1 y 1.6 mmHg en personas mayores de 45 años y aquellos con presión sanguínea mayor a 140/90 mmHg; disminuyen la agregación plaquetaria; suprimen la producción de citoquinas proinflamatorias como la interleucina 6, interleucina 1b y el factor de necrosis tisular a previniendo artritis reumatoide, enfermedad de Crohn, asma, psoriasis y nefropatías; disminuyen los niveles de triglicéridos del suero; reducen el riesgo de infarto agudo de miocardio por control de canales de calcio, actividad eléctrica y estabilidad de las células del músculo del corazón, entre muchos otros beneficios a la salud²⁻⁸.

En este mismo sentido, en los últimos años ha crecido el interés por la cantidad de ácidos grasos *trans* que contienen los alimentos y el efecto que provocan en el metabolismo al incrementar las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y disminuir las de alta densidad (HDL) implicando un riesgo en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares por duplicar la cantidad de colesterol total comparado con los efectos de los ácidos grasos saturados^{9,10}. Diversas investigaciones demuestran que pueden ocurrir reacciones inesperadas en el organismo debido al consumo de dichos ácidos grasos. Por lo anterior, en el 2003, la FDA reguló el consumo de ácidos grasos *trans* (debe ser menor de 1% de energía consumida) y dispuso en el 2006 que la cantidad de los mismos debía ser incluida en las etiquetas de los alimentos¹⁰.

El freído es uno de los métodos más antiguos en la preparación de alimentos que involucra incrementos de temperatura hasta de 200 °C y por ende transferencia de calor a los productos, evaporación de agua (como en carnes y frituras) y absorción de aceite contribuyendo así a las propiedades organolépticas de los mismos. Sin embargo, así como hay reacciones deseables, existen cambios físicos y químicos resultantes de la oxidación, pirólisis, polimerización, hidrólisis y reacciones de

isomerización los cuales generan sustancias en los alimentos que modifican sus características sensoriales. Existen dos métodos de freído de alimentos, el primero es el freído superficial, donde el calor se transfiere por conducción al alimento a través de la capa de aceite que se encuentra en la superficie del medio de calentamiento; la segunda, el freído por inmersión, donde toda la superficie del producto recibe un tratamiento térmico homogéneo transfiriéndose el calor por convección y conducción hasta el interior del mismo¹⁰.

El Mero (*Epinephelus morio*), también conocido como cherna yucateca o americana, es una especie distribuida en la zona neotropical, desde las costas de Massachusetts, E.U.A. hasta Río de Janeiro, Brasil, siendo su concentración más importante en el Golfo de México^{11,12}. Es una especie de tamaño moderado, cubierto de escamas pequeñas y color rojizo, perteneciente a la familia Serranidae. De acuerdo con Castro-González y colaboradores (2004)¹³, el Mero tiene un contenido graso de 2.98% y una relación de ácidos grasos esenciales w-6/w-3 de 0.39 mg. Uno de los procesos más involucrados para el consumo de este producto es el freído modificando así su perfil lipídico. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos insaturados de *Epinephelus morio* crudo y procesado con diferentes tipos de aceite comercial.

Materiales y métodos

Materiales y Reactivos

Muestras de *Epinephelus morio* (Mero) fueron adquiridas de una comercializadora local del estado de Yucatán, México. De manera aleatoria, se obtuvieron 14 piezas las cuales fueron evisceradas, lavadas, descamadas y cortadas en postas de 100 g para su posterior análisis. Las muestras fueron analizadas en estado crudo y frito para lo cual se utilizaron cuatro fuentes de aceite comercial: Aceite puro de maíz, girasol/canola, puro de soya y puro de cártamo.

Análisis proximal de *Epinephelus morio* en estado crudo

La composición química de *Epinephelus morio* en estado crudo se determinó de acuerdo a los procedimientos oficiales descritos por la A.O.A.C (1997)¹⁴ los cuales comprenden los siguientes análisis: humedad (método 925.09), proteína (954.01), grasa (920.39), fibra (962.09), cenizas (923.03) y extracto libre de nitrógeno calculado por diferencia.

Calidad de los aceites

Se determinó la calidad de los aceites empleados para la fritura de *Epinephelus morio* cuantificando las

siguientes propiedades fisicoquímicas: Densidad Relativa¹⁵; Índice de refracción¹⁶; Color¹⁷; Índice de Acidez¹⁸; Índice de saponificación¹⁹; Índice de yodo^{16,20} e Índice de peróxidos²¹.

Proceso de fritura

La fritura de las muestras de *Epinephelus morio* se efectuó en una freidora marca Hamilton Beach modelo 35030 a una temperatura de 185 °C, durante 8 min y empleando cuatro diferentes tipos de aceite comercial (Aceite puro de maíz, girasol/canola, puro de soya y puro de cártamo).

Contenido de aceite en Epinephelus morio frito con diferentes tipos de aceite comercial

Se determinó el contenido de aceite a las muestras de Mero crudo y freído con aceite puro de maíz, girasol/canola, puro de soya y puro de cártamo por el método Soxhlet. 30 g de muestra se sometieron a reflujo con hexano durante 6h a 70°C. El contenido de aceite de las muestras así como el porcentaje de absorción de aceite por gramo de aceite de mero se obtuvo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Contenido de aceite (\%)} = \frac{\text{g de aceite obtenido}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\text{Aceite absorbido (\%)} = \frac{\text{g de aceite obtenido}}{\text{g de aceite mero}} \times 100$$

Perfil de ácidos grasos por Cromatografía de gases acoplado a masas (GC-MS) de Epinephelus morio frito con diferentes fuentes de aceite comercial

La hidrólisis de lípidos se realizó al reaccionar durante 12 h a temperatura ambiente 2 ml de una solución 1 M de hidróxido de potasio en 95 % de etanol y 1 ml de muestra. Después de transcurrido ese tiempo, la solución se enfrió a 4 °C y se agregó 5 ml de agua. Posteriormente, se añadieron 3 ml de hexano-dietil éter (1:1 v/v) y se agitó por 1 min. El extracto, se lavó con 3 ml de agua y se secó sobre sulfato de sodio anhidro. Se trasvasó a un matraz bola y se recuperó el solvente en un rotavapor. Finalmente, se agregaron 3 ml de hexano-dietil éter y se realizó otro lavado acidificando con 0.5 ml de una solución 6 M de ácido clorhídrico, volviéndose a secar con sulfato de sodio anhidro. Para la derivatización de extractos orgánicos de lípidos neutros y polares, se evaporó el solvente en una atmósfera de N₂ y se transmetiló la muestra con metanol/ácido sulfúrico (98:2 v/v) en exceso durante toda la noche a 50 °C. Una vez fría la solución

anterior, se agregó 1 ml de agua destilada y 2 ml de hexano. La fase orgánica superior que contenía los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) fueron los que se colectaron y analizaron por GC-MS²². Este estudio se llevó a cabo en un Cromatógrafo de gases Agilent Technologies modelo 6890N acoplado a un detector de masas de cuadrupolo Agilent Technologies 5973N. La temperatura del inyector y la interfase se mantuvo a 250 °C y se utilizó como gas portador He a flujo constante (1 ml/min). La separación se realizó con una columna capilar CP-Sil 5 CB acoplado a MS (60 m × 0.25 mm (diámetro interior) × 0.2 μm de espesor de fase estacionaria), la temperatura del horno fue programada de 80 a 170 °C a una velocidad de flujo de 30 °C/min y de 170 a 295 °C a velocidad de flujo de 3 °C/min²².

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron procesados mediante estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Los datos obtenidos del efecto del aceite en la fritura del pescado se evaluó mediante análisis de varianza y comparación de medias por el método LSD utilizando el paquete computacional Statgraphics Plus Versión 5.1 y de acuerdo a los métodos señalados por Montgomery (2007)²³.

Resultados

Composición proximal del pescado

El análisis proximal de *Epinephelus morio* en estado crudo indicó contenidos de humedad, proteína, fibra, grasa, cenizas y E.L.N. de 77.32, 17.4, 1.4, 1.68, 0.95 y 1.25%, respectivamente.

Calidad de los aceites

El análisis fisicoquímico de los aceites empleados para la fritura de *Epinephelus morio* puso de manifiesto la calidad de los mismos así como su importancia en la obtención de productos fritos (Tabla I). La densidad relativa de los aceites se registró en un rango de 0.9007 y 0.92 siendo los resultados similares a los reportados por la FAO (1996)²⁴. La determinación del índice de refracción registró valores en un rango de 1.0 a 5.0, siendo el aceite de cártamo el que presentó el menor valor y el aceite de maíz y soya los que presentaron los valores más altos. La determinación de color de los aceites empleados para la fritura indicó las lecturas Y y R que corresponden a las unidades amarillas y rojas de los mismos. Los resultados pusie-

Tabla I
Propiedades fisicoquímicas de aceites comerciales empleados en la fritura de *Epinephelus morio*

Propiedad	Aceite comercial			
	Maíz	Girasol/Canola	Soya	Cártamo
Densidad relativa (δ)	0.9113 ^c	0.92 ^a	0.9007 ^d	0.917 ^b
Índice de Refracción	5.0 ^a	4.0 ^b	5.0 ^a	1.0 ^b
Color (Y, R)	36 ^a , 4 ^a	6.4 ^c , 0 ^d	12 ^b , 1.1 ^b	4.8 ^d , 0.6 ^c
Índice de acidez	0.1128 ^c	0.2256 ^b	0.282 ^a	0.2256 ^b
Índice de saponificación	191 ^a	190 ^b	190 ^b	189 ^c
Índice de peróxidos	0.8 ^c	0.8 ^c	1.6 ^a	1.2 ^b
Índice de Yodo	124 ^d	130 ^b	140 ^a	129 ^c

^{a-d}Letras diferentes en la misma fila indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

ron de manifiesto el menor y mayor valor de Y en el aceite de cártamo y maíz, respectivamente y el menor y mayor valor de R en el aceite de girasol/canola y maíz, respectivamente.

Propiedades químicas como el índice de acidez, el índice de saponificación, el índice de peróxidos y el índice de yodo también fueron determinadas en los aceites empleados para la fritura de *Epinephelus morio*. El índice de acidez o mg de KOH necesarios para saponificar los ácidos grasos libres se expresó como porcentaje de ácidos calculados en términos del ácido oleico y se registró en un rango de 0.1128 y 0.282. El índice de saponificación o mg de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa se registró en un rango de 189-191. Dicho rango fue considerado como inversamente proporcional al peso molecular promedio de los ácidos grasos. Por otro lado, el índice de peróxidos o meq de O₂ por Kg de aceite se encontró en un rango de 0.8 y 1.6 basados en la capacidad de los peróxidos de oxidar el ion yoduro del KI y producir yodo que se valora con tiosulfato. De manera general, el índice de peróxidos indicó el grado de refinación de los aceites vegetales

siendo el aceite de soya el que registró el valor mas alto. Finalmente, el índice de yodo se registró entre 124 y 140 g de I absorbidos/100g de aceite sugiriendo así el grado de insaturación de los aceites utilizado en el estudio.

Contenido de aceite en *Epinephelus morio* frito con diferentes tipos de aceite comercial

En la figura 1 se presentan los porcentajes de aceite obtenidos en muestras de *Epinephelus morio* frito con diferentes fuentes de aceite comercial. Los resultados pusieron de manifiesto un menor contenido de aceite en *Epinephelus morio* frito con aceite de cártamo (2.30%) y un mayor contenido en productos fritos con aceite de maíz (3.93%). Al calcular el porcentaje de aceite absorbido por *Epinephelus morio* frito respecto a los g de aceite presentes en el mismo en estado crudo los resultados muestran un menor y mayor nivel de absorción empleando aceite de cártamo y maíz, respectivamente.

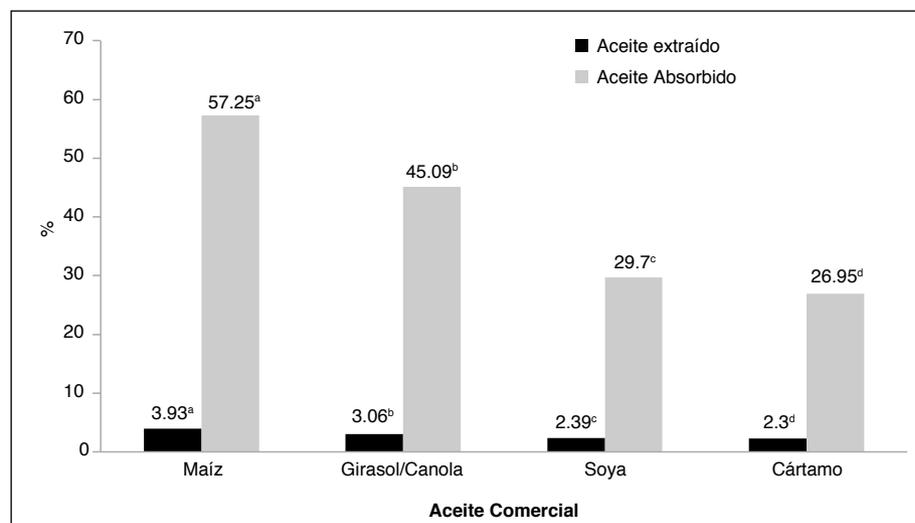


Fig. 1.—Porcentaje de aceite extraído y absorbido por *Epinephelus morio* frito con diferentes tipos de aceite comercial. ^{a-d}Letras diferentes en la misma propiedad (Aceite extraído o absorbido) indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Perfil de ácidos grasos por Cromatografía de gases acoplado a masas (GC-MS) de Epinephelus morio crudo y frito con diferentes tipos de aceite comercial

Previa determinación del perfil de ácidos grasos en muestras de *E. morio* crudo y frito se determinó el perfil lipídico de los aceites comerciales crudos y empleados durante la fritura del mero (Tabla II). De manera general, el aceite de maíz mostró una disminución de los ácidos grasos C12:00 (0.16-0.09%), C14:00 (2.20-1.95%), C16:00 (18.68-16.12%), C14:1 (1.24-0.47%), C18:1n9c (37.82-34.43%), C18:3n3 (0.07-0.03%) C20:3n6 (0.04-0.0%), C20:4n6 (4.05-3.95%), C20:5n3 (0.07-0.0%) y C22:6n3 (2.0-0.0%) así como un incremento de C18:0 (5.51-12.66%), C16:1 (2.20-3.55%), C18:1n9t (1.26-1.29%) y C18:3n6 (3.08-3.95%) por efecto de la temperatura de freído. Sin embargo, el aceite de maíz no registró los ácidos grasos C13:0, C17:0, C22:0, C17:1, C18:2n6t, C20:2 y C22:2. El aceite de girasol/canola registró el incremento del ácido elaidico (C18:1n9t: 2.88-4.93%) por efecto de la temperatura y la disminución de los ácidos grasos C12:0 (0.05-0.04%), C14:0 (2.09-1.88%), C16:0 (6.09-5.23%), C18:0 (4.66-4.39%), C22:0 (0.05-0.0%), C14:1 (1.41-0.0%), C16:1 (4.90-4.0%), C18:1n9c (17.49-17.35%) y C18:2n6c (55.40-55.01%). No se encontró registro de C13:0, C17:0, C17:1, C18:2n6t, C18:3n6, C18:3n3, C20:2, C20:3n6, C22:2, C20:5n3 y C22:6n3. Respecto al aceite de soya, la temperatura de freído disminuyó el contenido de residuos grasos como C14:0 (0.21-0.16%), C16:0 (7.38-6.58%), C18:0 (3.69-3.25%), C14:1 (1.13-0.75%), C16:1 (1.34-0.69%), C17:1 (1.28-1.08%), C18:1n9c (21.43-20.99%), C18:2n6c (42.78-41.04%), C18:3n6 (4.70-4.10%), C18:3n3 (2.15-1.75%), C20:3n6 (1.12-0.89%), C20:4n6 (3.58-3.27%), C22:2 (1.12-0.0%), C20:5n3 (2.66-2.05%) y C22:6n3 (3.27-2.84%). Sin embargo, incrementó el contenido de C18:1n9t (1.96-6.71%), generó el ácido graso C18:2n6t (0.0-3.87%) y no registró los residuos grasos C12:0, C13:0, C17:0, C22:0 y C20:2. Finalmente, la temperatura de freído provocó que el aceite de cártamo registrara un incremento de C14:0 (0.10-0.11%), C18:1n9t (0.99-8.26%) y C20:3n6 (0.04.83%) así como un reducción de residuos grasos como C16:0 (3.43-3.28%), C18:0 (1.48-1.34%), C14:1 (0.71-0.56%), C16:1 (0.90-0.76%), C18:1n9c (65.88-65.39%), C18:2n6c (11.66-7.86%), C18:3n6 (8.24-3.67%), C18:3n3 (0.29-0.26%), C20:2 (0.13-0.0%), C20:4n6 (2.05-0.07%), C22:2 (0.07-0.04%), C20:5n3 (1.89-1.57%) y C22:6n3 (2.18-2.02%). No se encontraron los residuos grasos C12:0, C13:0, C17:0, C22:0, C17:1 y C18:2n6t.

La fritura de *E. morio* con aceite de maíz incrementó los niveles de C12:0 (0.21-0.23%), C14:0 (4.53-7.03%), C16:0 (26.83-27.09%), C18:0 (13.89-15.61%), C14:1 (2.90-3.03%), C16:1 (5.86-6.17%), C18:1n9t (2.48-5.11%), C20:2 (0.12-0.34%) y C20:5n3 (0.08-1.26%) (Tabla 3). Sin embargo, la temperatura redujo en *E. morio* frito con dicho aceite el contenido de

C17:0 (1.38-1.33%), C22:0 (0.51-0.0%), C17:1 (1.27-0.0%), C18:1n9c (23.87-22.21%), C18:2n6c (3.29-1.12%), C18:3n6 (2.0-1.31%), C18:3n3 (1.77-0.91%), C20:3n6 (0.45-0.0%), C20:4n6 (5.07-4.63%), C22:2 (0.09-0.08%), C22:6n3 (3.26-2.41%). No se registró modificación en el contenido de C13:0 y C18:2n6t. En el producto frito con aceite de girasol, la temperatura incrementó el contenido de C12:0 (0.21-0.36%), C14:0 (4.53-5.46%), C18:0 (13.89-18.38%), C18:1n9t (2.48-4.43%), C18:2n6c (3.29-37.54%) y C18:2n6t (0.0-2.66%); sin embargo se redujeron los niveles de C13:0 (0.13-0.0%), C16:0 (26.83-15.79%), C17:0 (1.38-0.0%), C22:0 (0.51-0.0%), C14:1 (2.90-0.71%), C16:1 (5.86-2.51%), C17:1 (1.27-0.0%), C18:1n9c (23.87-10.97%), C18:3n6 (2.0-0.04%), C18:3n3 (1.77-0.0%), C20:2 (0.12-0.0%), C20:3n6 (0.45-0.0%), C20:4n6 (5.07-1.14%), C22:2 (0.09-0.0%), C20:5n3 (0.08-0.0%) y C22:6n3 (3.26-0.0%). Por otro lado, la temperatura de freído dio como resultado el incremento de residuos grasos en *E. morio* frito con aceite de soya tales como C14:0 (4.53-8.42%), C16:0 (26.83-28.15%), C18 (13.89-15.61%), C14:1 (2.90-3.82%), C18:1n9t (2.48-4.87%), C18:1n9c (23.87-25.08%), C18:2n6c (3.29-3.93%) y C18:2n6t (0.0.3.46%) así como la pérdida de los residuos C12:0 (0.21-0.0%), C13:0 (0.13-0.0%), C17:0 (1.38-0.0%), C22:0 (0.51-0.0%), C16:1 (5.86-3.70%), C17:1 (1.27-0.0%), C18:3n6 (2.0-1.19%), C18:3n3 (1.77-0.0%), C20:2 (0.12-0.0%), C20:3n6 (0.45-0.0%), C20:4n6 (5.07-1.75%), C22:2 (0.09-0.0%), C20:5n3 (0.08-0.0%) y C22:6n3 (3.26-0.04%). Finalmente, la temperatura incrementó en *E. morio* frito con aceite de cártamo el contenido de C14:0 (4.53-4.85%), C22:0 (0.51-0.68%), C18:1n9t (2.48-3.76%), C18:1n9c (23.87-49.62%), C18:2n6c (3.29-7.54%), C20:5n3 (0.08-0.09%) y C22:6n3 (3.26-3.76%) y no registró nivel alguno de C18:2n6t por efecto de isomerización. Sin embargo, la temperatura redujo en el producto los niveles de C12:0 (0.21-0.03%), C13:0 (0.13-0.0%), C16:0 (26.83-15.42%), C17:0 (1.38-1.20%), C18:0 (13.89-6.17%), C14:1 (2.90-1.04%), C16:1 (5.86-2.15%), C17:1 (1.27-0.0%), C18:3n6 (2.0-1.71%), C18:3n3 (1.77-0.0%), C20:2 (0.12-0.0%), C20:3n6 (0.45-0.0%), C20:4n6 (5.07-2.99%) y C22:2 (0.09-0.0%).

Discusión

La composición proximal de *Epinephelus morio* en estado crudo fue similar a la reportada por Izquierdo-Corsér y colaboradores (2000)²⁵ quienes registraron valores de humedad de 77.97% y niveles de proteína, grasa y cenizas de 21.71, 0.88 y 1.2%, respectivamente.

Los resultados del perfil de ácidos grasos insaturados de *Epinephelus morio* crudo y frito sugieren que la temperatura de freído generó la formación de ácidos grasos como el *trans* elaidico y linoleáidico por la isomerización del ácido oleico y linoléico; la

Tabla II
Perfil de ácidos grasos de aceites comerciales en estado crudo y empleados durante la fritura de Mero (E. Morio)

Ácido graso	Aceite comercial crudo (A) (%)				Aceite comercial después de la fritura de E. Morio (AF) (%)			
	A Maíz	A Girasol	A Soya	A Cártamo	AF Maíz	AF Girasol	AF Soya	AF Cártamo
Láurico	0.16 ± 0.03	0.05 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Tridecanoico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Mirístico	2.20 ± 0.04	2.09 ± 0.03	0.21 ± 0.03	0.10 ± 0.04	1.95 ± 0.02	1.88 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.11 ± 0.02
Palmitico	18.68 ± 0.43	6.09 ± 0.15	7.38 ± 0.33	3.43 ± 0.05	16.12 ± 0.03	5.23 ± 0.02	6.58 ± 0.03	3.28 ± 0.02
Heptadecanoico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Estearico	5.51 ± 0.13	4.66 ± 0.08	3.69 ± 0.21	1.48 ± 0.04	12.66 ± 0.03	4.39 ± 0.02	3.25 ± 0.02	1.34 ± 0.02
Behénico	0.00 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Miristoleico	1.24 ± 0.05	1.41 ± 0.08	1.13 ± 0.10	0.71 ± 0.05	0.47 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.75 ± 0.02	0.56 ± 0.02
Palmitoleico	2.20 ± 0.05	4.90 ± 0.01	1.34 ± 0.05	0.90 ± 0.04	3.55 ± 0.03	4.00 ± 0.08	0.69 ± 0.03	0.76 ± 0.03
cis-10 heptadecenoico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.28 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.08 ± 0.02	0.00 ± 0.00
Elaídico	1.26 ± 0.05	2.88 ± 0.04	1.96 ± 0.14	0.99 ± 0.04	1.29 ± 0.02	4.93 ± 0.03	6.71 ± 0.02	8.26 ± 0.02
Oleico	37.82 ± 0.44	17.49 ± 0.05	21.43 ± 0.52	65.88 ± 0.14	34.43 ± 0.04	17.35 ± 0.02	20.99 ± 0.02	65.39 ± 0.02
Linoleico	21.63 ± 0.07	55.40 ± 0.54	42.78 ± 0.21	11.66 ± 0.32	21.60 ± 0.04	55.01 ± 0.06	41.04 ± 0.04	7.86 ± 0.02
Linolelaídico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	3.87 ± 0.04	0.00 ± 0.00
Linolenico	3.08 ± 0.04	0.00 ± 0.00	4.70 ± 0.15	8.24 ± 0.11	3.95 ± 0.03	0.00 ± 0.00	4.10 ± 0.04	3.67 ± 0.04
α-linolenico	0.07 ± 0.02	0.00 ± 0.00	2.15 ± 0.10	0.29 ± 0.06	0.03 ± 0.02	0.00 ± 0.00	1.75 ± 0.04	0.26 ± 0.02
Cis-11,14 eicosadienoico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Cis-11,14,17 eicosatrienoico	0.04 ± 0.01	0.00 ± 0.00	1.12 ± 0.08	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.89 ± 0.02	4.83 ± 0.02
Araquidónico	4.05 ± 0.04	4.94 ± 0.52	3.58 ± 0.13	2.05 ± 0.06	3.95 ± 0.04	4.99 ± 0.08	3.27 ± 0.02	0.07 ± 0.02
Cis-13,16 docosadienoico	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.12 ± 0.07	0.07 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.02
Eicosapentanoico	0.07 ± 0.05	0.00 ± 0.00	2.66 ± 0.07	1.89 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.05 ± 0.05	1.57 ± 0.02
Docosahexanoico	2.00 ± 0.16	0.00 ± 0.00	3.27 ± 0.04	2.18 ± 0.10	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.84 ± 0.05	2.02 ± 0.04

Tabla III
Perfil de ácidos grasos del aceite de Mero (Ephinephelus morio) en estado crudo y sometido a fritura con aceites comerciales (%)

Acido Graso		E. morio		E. morio después de freído con aceites comerciales				
		Crudo		Maíz	Girasol/canola	Soya	Cártamo	
Láurico	C12:0	0.21 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.36 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.02		
Tridecanoico	C13:0	0.13 ± 0.03	0.13 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Mirístico	C14:0	4.53 ± 0.25	7.03 ± 0.02	5.46 ± 0.03	8.42 ± 0.02	4.85 ± 0.05		
Palmitico	C16:0	26.83 ± 0.13	27.09 ± 0.03	15.79 ± 0.02	28.15 ± 0.02	15.42 ± 0.06		
Heptadecanoico	C17:0	1.38 ± 0.06	1.33 ± 0.07	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.20 ± 0.06		
Estearico	C18:0	13.89 ± 0.15	15.61 ± 0.06	18.38 ± 0.03	15.61 ± 0.06	6.17 ± 0.05		
Benéhico	C22:0	0.51 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.68 ± 0.09		
Miristoleico	C14:1	2.90 ± 0.04	3.03 ± 0.02	0.71 ± 0.02	3.82 ± 0.06	1.04 ± 0.03		
Palmitoleico	C16:1	5.86 ± 0.08	6.17 ± 0.02	2.51 ± 0.02	3.70 ± 0.04	2.15 ± 0.04		
cis-10 heptadecenoico	C17:1	1.27 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Elaidico	C18:1n9t	2.48 ± 0.05	5.11 ± 0.02	4.43 ± 0.04	4.87 ± 0.02	3.76 ± 0.06		
Oleico	C18:1n9c	23.87 ± 0.44	22.21 ± 0.03	10.97 ± 0.06	25.08 ± 0.03	49.62 ± 0.03		
Linoleico	C18:2n6c	3.29 ± 0.47	1.12 ± 0.04	37.54 ± 0.02	3.93 ± 0.04	7.54 ± 0.03		
Linolelaidico	C18:2n6t	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.66 ± 0.04	3.46 ± 0.02	0.00 ± 0.00		
Linolenico	C18:3n6	2.00 ± 0.48	1.31 ± 0.02	0.04 ± 0.02	1.19 ± 0.04	0.71 ± 0.02		
α -λινολενιχο	C18:3n3	1.77 ± 0.17	0.91 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Cis-11,14 eicosadienoico	C20:2	0.12 ± 0.06	0.34 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Cis-11,14,17 eicosatrienoico	C20:3n6	0.45 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Araquidónico	C20:4n6	5.07 ± 0.14	4.63 ± 0.02	1.14 ± 0.06	1.75 ± 0.02	2.99 ± 0.04		
Cis-13,16 docosadienoico	C22:2	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00		
Eicosapentanoico	C20:5n3	0.08 ± 0.01	1.26 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.09 ± 0.02		
Docosahexanoico	C22:6n3	3.26 ± 0.12	2.41 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.02	3.76 ± 0.05		

reducción de ciertos residuos grasos por la generación de compuestos volátiles así como el incremento de ciertos residuos por posible pérdida de los mismos de *E. morio*.

De manera general, los resultados sugieren la absorción en *E. morio* de residuos grasos de importancia fisiológica como el ácido oleico y linoleico en los productos fritos con aceite de girasol y cártamo, y girasol/canola, soya y cártamo, respectivamente. Sin embargo, ácidos *trans* grasos generados por efecto de la temperatura tales como, el elaidico generado en los productos fritos con los cuatro aceites comerciales y el linolelaidico generado en los productos fritos con girasol/canola y soya principalmente, pone de manifiesto la importancia de la fuente de aceite a utilizar durante la elaboración de productos fritos y del efecto de la temperatura sobre el perfil graso del aceite de origen y del producto alimenticio en cuestion.

Conclusiones

Se evaluó el perfil de ácidos grasos insaturados de *Ephinephelus morio* crudo y procesado con diferentes tipos de aceite comercial que fue capturado en la Península de Yucatán en México. Los resultados mostraron un contenido graso en *E. morio* crudo de 1.68%. El porcentaje de aceite extraído y absorbido por el producto al ser frito con aceite de maíz, girasol/canola, soya y cártamo fue de 3.93, 3.06, 2.39 y 2.3, y 57.25, 45.09, 29.7 y 26.95%, respectivamente. El perfil lipídico de los aceites comerciales obtenido por CG-MS sugirió la formación de ácidos grasos *trans* por isomerización y efecto de la temperatura de freído así como la reducción e incremento de cierto compuestos grasos por volatilización y pérdida de *E. morio*, respectivamente. La fritura de Mero con aceites comerciales incrementó los niveles de ácidos *trans* grasos en el producto sin embargo ácidos grasos esenciales como el

oleico y linoleico fueron absorbidos por *E. morio* al ser frito con aceite de cártamo y girasol/canola, respectivamente.

Referencias

1. WHO. 2008. Global Health Atlas, <http://apps.who.int/globalatlas>. Acceso: 3 julio 2014.
2. Carrero JJ, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza JJ y López-Huerta E. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutr Hosp* 2005; 20(1):63-69.
3. Williams TG. Fatty acids: Essential... Therapeutic. *The Standard* 2000; 3(2):1-8.
4. Kris-Etherton PM, Harris WS y Appel LJ. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease; New recommendations from the American Heart Association. *J Am Heart Assoc* 2003; 23:151-152.
5. Sanchez-Villegas A, Henríquez P, Figueiras A, Ortuó F, Lahortiga F y Martínez-González MA. Long chain omega-3 fatty acids intake, fish consumption and mental disorders in the SUN cohort study. *Eur J Nutr* 2007; 46:337-343.
6. Sanchez-Gómez De Berrazueta JM y De Berrazueta JR. Consumo de pescado, omega-3 y factores de riesgo cardiovascular. *Revista Med* 2007; 15(2):218-224.
7. Schwalfernberg G. Omega-3 fatty acids: Their beneficial role in cardiovascular health. *Can Fam Phys* 2006; 52:734-740.
8. Van Gelder BM, Tijhuis M, Kalmijn S y Kromhout D. Fish consumption, n-3 fatty acids, and subsequent 5-y cognitive decline in elderly men: the Zutphen Elderly study. *The Am J Clin Nutr* 2007; 85:1142-1147.
9. Huang Z, Wang B, Pace RD y Oh JH. Trans fatty acid content of selected foods in an african-american community. *J Food Sci* 2006; 71(6):322-327.
10. Martín CA, Milinsk MC, Visentainer JV, Matsushita M y De-Souza NE. Trans fatty acid-forming processes in foods: A review. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 2007; 79(2):343-350.
11. Burgos R y Defeo O. Un marco de manejo precautorio para la pesquería de mero (*Ephinephelus morio*) del Banco de Campeche, México. *Oceánides* 2000; 15(2):129-140.
12. Giménez-Hurtado E, Moreno-C.-García V, Burgos-Rosas R, y Chiroldes S.A. Reproducción y fecundación de la cherna americana (*Ephinephelus morio*) en el Banco de Campeche, México. *Oceánides* 2003; 18(1):13-21.
13. Castro-González MI, Ojeda A, Silencio JL, Cassis L, Ledesma H y Pérez-Gil F. Perfil lipídico de 25 pescados marinos mexicanos con especial énfasis en sus ácidos grasos n-3 como componentes nutraceuticos. *Archivos Latinoamericano de Nutrición* 2004; 54(3):1-10.
14. AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 1997. 20th ed. Washington, D.C. USA.
15. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-75-1987. Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de la densidad relativa. México; 1987.
16. Kirk R, Sawyer R y Egan H. *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. 2ª. Ed. México: Compañía Editorial Continental. 1996.
17. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-116- SCFI-2006. Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de color. México; 2006.
18. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-101-1987. Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de acidez. México; 1987.
19. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-174-S-1981. Alimentos para humanos. Determinación del índice de saponificación en aceites y grasas vegetales o animales. México; 1981.
20. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-152-S-1981. Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de yodo por el método de wijs. México; 1981.
21. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-154-1987. Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxido. México; 1987.
22. Néchet CA, Dubois N, Gouygou JP y Bergé, J. Lipid Composition of the Liver Oil of the Ray, *Himantura bleekeri*. *Food Chem* 2007; 104: 559-564
23. Montgomery D C. *Diseño y análisis de experimentos*. 2da Ed. (pp 21-141). México, D.F: Editorial Limusa S.A. de C.V. 2007.
24. FAO. Anteproyecto de Norma Para Aceites Vegetales Especificados. 1996. Londres, Reino Unido.
25. Izquierdo-Córser, P., Torres-Ferrari, G., y Barboza-De-Martínez, Y. Análisis Proximal. Perfil de Ácidos Grasos, Aminoácidos Esenciales y Contenido de Minerales en Doce Especies de Pescado de Importancia Comercial en Venezuela. *Arch. Latinoam. Nutr.* 2000; 50(2):187-94.