

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

“Efectos de diferentes métodos de cocción en la composición proximal y el perfil de ácidos grasos en el pez armado”

Autor: Rosa María López Hernández

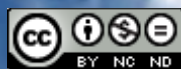
**Tesis presentada para obtener el título de:
Licenciada en Nutrición**

**Nombre del asesor:
DR. Jorge Fonseca Madrigal**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UVAQ M.R.

**UNIVERSIDAD
VASCO DE QUIROGA**

FACULTAD DE NUTRICIÓN

**“EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE
COCCIÓN EN LA COMPOSICIÓN PROXIMAL Y EL
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL PEZ ARMADO”.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN NUTRICIÓN

PRESENTA

ROSA MARÍA LÓPEZ HERNÁNDEZ

ASESOR

DR. JORGE FONSECA MADRIGAL

ACUERDO: 2004444

MORELIA, MICHOACÁN

DICIEMBRE-2009

Dedicatoria

A mis padres:

Armando López Franco

Rosa Ma. Hernández Merlos.

Por su amor, comprensión y apoyo para superarme y concluir una meta.

A mis hermanos:

Armando López Hernández.

José Luis López Hernández.

Por su cariño, apoyo y comprensión

A mis abuelos:

Armando López Marín.

Guadalupe Franco Saldivar.

Por su apoyo y sus consejos.

Agradecimientos

Al Dr. Jorge Fonseca Madrigal por darme la oportunidad de realizar este trabajo en el laboratorio de acuicultura del IIAF y el tiempo dedicado a la revisión de este documento y por la amistad brindada dentro y fuera del instituto.

A la M.C. Lidia Ambriz Cervantes por su amistad, su tiempo y su ayuda en la realización del experimento.

A la Dra. Marcela Viveros por su apoyo brindado durante la licenciatura.

A mis profesores presentes en mi formación, a mis amigos y compañeros tanto de la licenciatura como de IIAF.

ÍNDICE	Pág.
1. Introducción	
1.1 Características generales del pez armado	1
1.2 Formas de utilización	2
1.3 Lípidos	3
1.4. Ácidos grasos	4
1.5 Ácidos grasos omega 3	6
1.5.1 Efectos y beneficios de los omega 3	6
1.5.2 Durante la gestación	7
1.5.3 Durante el crecimiento	7
1.5.4 Sistema cardiovascular	7
1.5.5 Sistema nervioso	8
2. Justificación	10
3. Objetivos	11
4. Material y métodos	12
4.1 Colecta de organismos	12
4.2 Preparación de muestras.	12
4.3 Composición proximal	13
4.3.1 Humedad	13
4.3.2 Ceniza	13
4.3.3 Proteína cruda	13
4.3.4 Extracto etéreo	14
4.4 Análisis de ácidos grasos	15
4.5 Análisis estadístico	16
5. Resultados	17
5.1 Composición proximal	17
5.2 Perfil de ácidos grasos	18
6. Discusión	21
7. Conclusión	28
8. Bibliografía	30

Lista de tablas

Tabla 1	Clasificación de los ácidos grasos.	6
Tabla 2	Composición proximal	18
Tabla 3	Perfil de ácidos grasos	20

Lista de figuras

Figura 1	Método asado	12
Figura 2	Método hervido	13
Figura 3	Método al vapor	13
Figura 4	Método frito	14

1. INTRODUCCIÓN

El pez armado (*Pterygoplichthys multiradiatus*) es un pez de agua dulce perteneciente a la familia *Loricariidae* que es originario de la cuenca del Orinoco en Sudamérica. Debido a su morfología y a su comportamiento es también conocido popularmente como pez diablo, sapo, chocho, cascudo o plecos. Presenta diversas peculiaridades con respecto a su morfología, su fisiología y su comportamiento que acentúan su potencial invasivo. Ecológicamente son extremadamente adaptables, algunos son tolerantes a la salinidad, en aguas con una temperatura de 23-27°C y pH de 6.5-7.8. El pez armado representa una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales y para las pesquerías de agua dulce en México. Desde su introducción en los cuerpos de agua epicontinentales del país (ríos, lagos, lagunas, esteros), se han expandido alarmantemente en unos cuantos años. (Mendoza, *et al.*, 2007).

Esta especie fue introducida accidentalmente a la cuenca del Río Balsas en el año de 1995 (Guzmán y Barragán, 1997) proveniente de granjas de peces de ornato en el estado de Morelos. La población de este pez en la presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” ha aumentado vertiginosamente desde su introducción. Aunque los estudios para determinar el tamaño de la población están en curso, se sabe que existen al menos 15,000 toneladas de pez armado que hasta la fecha no tiene valor comercial. Debido al tamaño de la población de pez armado en la presa, algunos pescadores han decidido retirarse de esta actividad, ya que se pesca cada día más esta especie y menos tilapia.

Es posible, que esta especie este compitiendo por espacios y alimentos con la tilapia, por lo cual, el efecto real de la situación ha originado una pesca incidental del pez armado, que en cierta época del año rebasa a la especie comercialmente importante (tilapia) y con ello se han originado problemas socioeconómicos en la región, que ha favorecido la migración de los pescadores e incluso el incremento delictivo en la región (CONACYT, 2006). Actualmente, el pez armado es considerado

una plaga en la presa del Infiernillo, debido a que representa el 80% de la producción pesquera. Además, el pez armado presenta un cuerpo acorazado, que al ser pescado, daña las redes de hilo de nylon y lastiman las manos de los pescadores, quienes al no encontrarle un valor comercial, los desechan en las playas de la presa, convirtiéndolo en un foco de infección, contaminación y de malos olores.

Por tal motivo en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), realiza un proyecto de investigación, financiado por el CONACYT y SAGARPA. En dicho proyecto, se han encontrado diversas formas de utilización de este recurso para fomentar su aprovechamiento. Dentro de ellas, se considera la utilización de este recurso como alimento humano por lo que existen esfuerzos para fomentar su uso y cambiar la actitud de la gente hacia las bondades del *pez armado*.

1.1 Formas de utilización

Dentro del proyecto, se han considerado e investigado diferentes formas de utilización del pez armado como parte de la dieta de diferentes animales. Se han elaborado hidrolizados de proteína de pescado y ensilados ácidos que sirven para alimentar ganado bovino, porcino, aves y peces.

En relación con su uso para la alimentación animal, se ha observado que utilizar ensilado ácido de esta especie como alimento para ganado vacuno, se puede acelerar el crecimiento y aumentar su producción de leche hasta un 40%, debido a que la suplementación con este recurso pesquero es una excelente fuente nutritiva que cuenta hasta con 65% de proteína (Mendoza, *et al.*, 2007).

Otra alternativa para el uso y aprovechamiento de este recurso, es la elaboración de productos alimenticios para el hombre como son: salchicha y surimi, así como la utilización de la hueva para elaborar caviar (Pacheco, 2008, com. pers).

En países sudamericanos como Brasil, Colombia y Venezuela, el pez armado es un recurso pesquero con alto valor comercial. En Brasil, el pez armado (cascudo) cuenta con un precio muy elevado solo superado por el robalo. Es por eso que en el proyecto de investigación se ha pretendido promocionar este producto como alimento humano, con la finalidad de que la gente se familiarice con el sabor y formas de cocinarlo. Se han realizado varias degustaciones en distintas ciudades, las cuales han tenido gran éxito al juzgar por la aceptación de la población encuestada. La calidad de la carne de la especie es de excelente calidad y su sabor delicado fue aprobado por un grupo de niños de la region lacustre del estado, quienes consumen frecuentemente pescado pero que suelen ser muy reticentes a sabores fuertes como el que comúnmente presenta la carne de algunos pescados. Se observó una gran aceptación incluso después de haber observado el animal antes de cocinarse.

Es paradójico que el pez diablo, una especie con alto valor protéico y por lo tanto nutricional sea desperdiciado por su aspecto poco familiar y la falta de conocimiento de su sabor y formas de prepararse. Además, Fonseca-Madrigal 2008 com pers. menciona que además de los niveles altos de proteína, el pez armado del Infiernillo presenta un perfil de ácidos grasos que debe considerarse como muy bueno, ya que contiene altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados de la familia de los Omega-3 (datos no publicados).

1.2 Lípidos

La importancia de los lípidos en la nutrición y el desarrollo humano ha sido estudiada desde hace décadas. Los lípidos son constituyentes importantes de la estructura de las membranas celulares, pues cumplen funciones energéticas y de reserva metabólica, y forman la estructura básica de algunas hormonas y de las sales biliares (Sastry, 1985). Además, algunos lípidos tienen el carácter de esenciales debido a que no pueden ser sintetizados a partir de estructuras precursoras. (Spector, 1999).

Cabe mencionar, que las grasas alimentarias incluyen todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos, entre los que predominan los triacilglicéridos (triglicéridos), aunque también se puede encontrar cantidades menores de otros lípidos complejos, como los glicerofosfolípidos (fosfolípidos), los esfingolípidos, y esteroides. Concretamente el colesterol en los tejidos animales y los fitosteroides, como el sitosterol, el campesterol y el estigmasterol, en los productos vegetales (Spector, 1999).

Por otro lado, las grasas alimentarias son el vehículo de una gran variedad de componentes no glicéridos que están presentes en pequeñas concentraciones, pero que aún así, cada vez están cobrando más importancia por sus implicaciones en la salud, principalmente porque muchos de ellos presentan acciones vitamínicas y antioxidantes. Dentro de estos compuestos, se encuentran tocoferoles (vitamina E), retinol (vitamina A), vitamina D, y carotenoides junto con otras moléculas de carácter no vitamínico como son los compuestos fenólicos, por mencionar algunos: las ubiquinonas, el escualeno, los alcoholes derivados del metilesterol y del triterpeno (Spector, 1999).

1.3 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son las moléculas lipídicas con mayor interés nutricional. Forman parte de los triglicéridos, de los lípidos complejos y pueden esterificar al colesterol. Estos, están formados por una cadena lineal hidrocarbonada más o menos larga, que puede estar saturada o tener una o más insaturaciones (Spector, 1999).

Ácidos grasos saturados (AGS): Los cuales son estructuras lineales de átomos de carbono unidos por enlaces simples que abundan en los animales terrestres, especialmente en los mamíferos, así como en algunos aceites vegetales como el de coco y palma (Spector, 1999).

Ácidos grasos monoinsaturados: Son los que contienen dobles enlaces, que les proporcionan codos en sus estructuras. Dentro de los *ácidos grasos* monoinsaturados (AGMI), el principal representante es el ácido oleico (*cis* 18:1 ω -9) presente en casi todas las grasas animales y en algunos aceites vegetales, especialmente en el aceite de oliva, donde puede alcanzar hasta un 80% (Spector , 1999).

Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI): Los cuales se clasifican en función de la posición del último doble enlace respecto al metilo terminal de la molécula; según esto, existen dos familias: los AGPI ω -6 y los ω -3. La mayoría de los ácidos grasos pueden ser sintetizados por los mamíferos a partir de los hidratos de carbono de la dieta, pero hay dos de ellos: el ácido linoleico (LA, 18:2n-6) y el ácido α -linolénico (ALA, 18:3n-3) que no pueden ser sintetizados de forma endógena y, sin embargo, son necesarios como precursores de los AGPI de cadena larga y para el correcto funcionamiento del organismo (Spector, 1999).

Estos ácidos grasos se denominan “esenciales” ya que deben ser obligatoriamente ingeridos a través de los alimentos. Los AGPI ω -6 derivan del LA, ampliamente distribuido en las plantas, principalmente en los aceites de semillas vegetales como el maíz, girasol y soja. Es precursor del ácido araquidónico (ARA) sintetizado en los mamíferos, y por lo tanto, presente en los alimentos de origen animal. Por otro lado, los AGPI de la serie ω -3 derivan del ALA, que es predominante en plantas de hoja verde oscuro y en los aceites de semillas de lino, colza, nueces, grosella y en la soja. A partir de ALA, se sintetizan los ácidos eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3), que también pueden ser ingeridos a través de la dieta. Los animales que viven en el fondo del mar, al igual que las algas y el plancton marino, son ricos en estos AGPI ω -3. Se cree que una pequeña cantidad de LA (alrededor de un 2% de la energía total) y de ALA (alrededor del 0,5% de la energía total) es suficiente para cubrir las necesidades de ácidos grasos esenciales en el humano adulto (Wijendran y Hayes , 2004).

1.4 Ácidos grasos Omega-3

En los pescados, los ácidos grasos ω -3 más destacados son el ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y el ácido docosahexanoico (DHA, 22:6n-3), (Kinsella, 1999).

El interés nutricional de estos ácidos grasos ω -3, se debe a los numerosos efectos beneficiosos para el organismo como son: modificación del perfil lipídico en sangre, inhibición de la agregación plaquetaria, contribuyendo a la prevención de trombosis, reducción de la presión arterial y viscosidad sanguínea (Calder 2004; Balk *et al.* 2004). Se ha demostrado su función en la prevención de distintas enfermedades como son: la muerte súbita de origen cardíaco (Albert *et al.* 1998); las enfermedades cardiovasculares, el cáncer de colon (Roynette *et al.* 2004), desórdenes neurológicos de diferente naturaleza como impulsividad, agresividad, hostilidad (Buydens-Branch *et al.* 2003; Iribarren *et al.* 2004), trastorno bipolar (Noaghiul y Hibbeln, 2003), de depresión (Higdon *et al.* 2001), suicidio (Tanskanen, *et al.* 2001) y varias formas de demencia incluida el Alzheimer (Morris *et al.* 2003). Además, los ácidos grasos ω -3 intervienen durante la etapa embrionaria en el desarrollo cerebral (Uauy *et al.* 2001; Das 2002) y de las membranas fotorreceptoras (Herid y Lapillonne, 2005).

Tabla 1 Clasificación de ácidos grasos más comunes de origen vegetal y animal (Christie, 2003 mod.)

Nombre sistemático	Nombre común	Abreviatura
Ácidos grasos saturados		
Tetradecanoico	mirístico	14:0
Hexadecanoico	palmítico	16:0
Octadecanoico	esteárico	18:0
Eicosanoico	araquídico	20:0
Docosanoico	behenico	22:0
Ácidos grasos monoinsaturados		
Cis-9-hexadecenoico	palmitoleico	16:1(n-7)
Cis-6-octadecenoico	petrosenilico	18:1(n-12)
Cis-11-octadecenoico	cis-vaccenico	18:1(n-7)
Cis-9-octadecenoico	oleico	18:1(n-9)
Cis-13-docosenoico	erúcico	22:1(n-9)
Cis-15-tetracosenoico	nervonico	24:1(n-9)
Ácidos grasos poliinsaturados		
9,12-octadecadienoico	linoleico	18:2(n-6)
6,9,12-octadecatrienoico	γ -linolenico	18:3(n-6)
9,12,15-octadecatrienoico	alfa-linolénico	18:3(n-3)
6,9,12,15-octadecatetraenoico	estearidónico	18:4(n-3)
5,8,11,14-eicosatetraenoico	araquidónico	20:4(n-6)
5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	EPA	20:5(n-3)
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoico	DHA	22:6(n-3)

1.5 Efectos Benéficos de los Ácidos Grasos Omega-3

1.5.1 Durante la gestación

Los ácidos grasos ω -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600mg de los AGE son transferidos de la madre al feto durante una gestación a término, en una madre sana. La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya

que determina en parte el tipo de grasas que se acumularán en los tejidos del feto. La placenta transporta selectivamente ácidos araquidónico (ARA) y docosahexaenoico (DHA) de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos ácidos grasos en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (Connor, 1996).

Algunos estudios sugieren que el consumo de pescado y el suplemento con aceite de pescado durante la gestación puede prolongarla, reduce la incidencia de partos prematuros e incrementa el peso al nacimiento. Como en los bebés la capacidad para convertir ácidos grasos esenciales a ácidos grasos poliinsaturados es muy limitada, las madres gestantes deben tratar de ingerir niveles adecuados de ω -3 para transferirlos a sus bebés (Connor *et al.*, 1996).

1.5.2 Durante el crecimiento

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha observado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Se ha observado en ellos un mejor coeficiente intelectual (Connor, 1996).

1.5.3 Sistema cardiovascular

Los ácidos grasos ω -3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de Triglicéridos en plasma, disminuyen el colesterol total y el VLDL-C (Simopoulos, 1999).

1.5.4 Sistema nervioso

1) Los ácidos grasos ω -3, son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria, función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG ω -3 (Hoffman, 2000).

2) Son precursores de compuestos hormonales como los prostanoides (prostaglandinas y tromboxanos) que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central (Simopoulos, 1999).

3) Cuando existen niveles adecuados de DHA en el cerebro se mejora la actividad cerebral (Logan, C. 2004).

4) Dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son ω -3, principalmente DHA (Hoffman, 2000).

5) Otra relación, entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del SNC y del cerebro (Connor, 1996).

6) Los ω -3 están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés (Hibbeln, 1997).

7) Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmisión serotoninérgica (Hibbeln y Salmen, 1995; Hibbeln, 1997).

2. Justificación

Actualmente en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), se está realizando un proyecto para la utilización de esta especie, el cual tiene como uno de sus objetivos promover y dar a conocer este producto pesquero como un recurso comestible de alto valor alimenticio.

En el estado de Michoacán así como en todo el país, existen diversas zonas con condiciones económicas muy bajas y con altos índices de desnutrición, por lo que es indispensable considerar esta especie como consumo humano para evitar la desnutrición en esta zona principalmente.

Por lo tanto, debido a la importancia que este recurso, hasta ahora desperdiciado, ha comenzado a tener como una opción en la alimentación humana, es de interés determinar el efecto que se produce al someterlos a diferentes métodos de cocción, así como también es importante conocer el perfil de ácidos grasos, tanto en estado crudo como cocinado.

3. Objetivos

Objetivo general

- Conocer el efecto de la cocción en la composición proximal y en el perfil de ácidos grasos de la carne de pez armado.

Objetivos particulares

- Determinar el perfil de ácidos grasos contenidos en la carne cruda y cocida del pez armado.
- Determinar la forma de cocción que permita una mayor riqueza nutricional en cuanto a la composición proximal y de ácidos grasos.

4. Materiales y método

4.1 Colecta de organismos

La colecta de organismos se realizó en la presa Adolfo López Mateos (presa del Infiernillo); posteriormente los organismos colectados fueron trasladados en hielo hasta las instalaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la UMSNH.

4.2 Preparación de las muestras

Se llevaron a cabo 4 diferentes tipos de cocción: frito, hervido, asado y al vapor. Aproximadamente, 5 filetes de pez armado fueron tomados dejando uno para el control (crudo), y los restantes fueron sometidos a los siguientes métodos:

Asado: Para realizar este tipo de cocción se utilizó una parrilla eléctrica, con una temperatura estándar de 190°C. Se tomaron las muestras del filete y se colocaron en un comal, por 10 minutos que fue el tiempo que tardaron en cocerse a una temperatura de 90°C.



Figura 1. Fotografía de la realización del método de cocción asado de carne de pez armado y la forma de la medición de la temperatura durante este proceso.

Hervido: Los filetes de pez armado se introdujeron en un recipiente con agua a una temperatura de 100°C, dejándolos hervir por 10 minutos, tiempo en el cual mostraron características de completa cocción.



Figura 2. Fotografía de la realización del método de cocción hervido de carne de pez armado.

Vapor: Para la realización de este método de cocción se utilizó una vaporera eléctrica programada a un tiempo de 15 minutos con una temperatura de 100°C. Durante el proceso de cocción se realizaron mediciones de la temperatura interna de los filetes los cuales registraron entre 80 y 90°C.



Figura 3. Fotografía de la realización del método de cocción al vapor de carne de pez armado.

Frito: Para freír la carne de pez armado se utilizó aceite comercial de girasol en una freidora de cocina, las porciones de filete fueron sumergidas en el aceite a una temperatura registrada de 170°C y el tiempo aproximado de cocción fue de 5 minutos.



Figura 4. Fotografía de la realización del método de cocción frito de carne de pez armado.

Inmediatamente después de haber terminado con el proceso de cocción, se tomaron muestras de carne de cada tratamiento y se trasladaron al laboratorio para su posterior análisis. Las muestras de músculo fueron de 50 a 70 mg cada una y se tomaron 6 muestras de cada tratamiento. Tres muestras de cada tratamiento fueron destinadas al análisis de ácidos grasos y otra tres se utilizaron para el análisis de la composición proximal.

4.3. Composición Proximal

El análisis de la composición proximal consistió en la evaluación de humedad, proteínas, lípidos totales o grasa, y cenizas (minerales). Este se realizó por triplicado utilizando el método de análisis proximal de Weende (Olvera *et al.*, 1993, A.O.A.C., 2000), a todas las muestras obtenidas antes y después de la cocción.

4.3.1 Humedad: Considerada como la cantidad de agua presente en la muestra. El contenido de humedad se determinó por desecamiento de las muestras en un horno a 105°C por 12 horas. La diferencia de pesos de la muestra antes y después de pasar por el horno a peso constante, indica su humedad (Olvera *et al.*, 1993; A.O.A.C., 2000).

Cálculos:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \{(A-B)/A\} * 100 - 100$$

Donde:

A= Peso de la muestra húmeda (g)

B= Peso de la muestra seca (g)

4.3.2 Proteína Cruda: Considerada como el contenido de proteína de la muestra, este análisis evalúa el contenido de nitrógeno total proteico en la muestra. Este se determinó a través de un auto analizador Nitrógeno/Proteína LECO FP528 por medio de la técnica de Dumas (conductividad de gases) utilizando helio como referencia y multiplicando el resultado por el factor 6.25 para conocer la concentración de proteína. (16% N), (Olvera *et al.*, 1993, A.O.A.C., 2000).

4.3.3 Extracto Etéreo: Se refiere al contenido de lípidos en los ingredientes alimenticios y se determino con el equipo Soxtec Avanti Tecator modelo 2050 (Olvera *et al.*, 1993, A.O.A.C., 2000), utilizando éter de petróleo como solvente.

Cálculos

$$\text{Contenido de Lípidos (\%)} = \{(B-A)/C\} * 100$$

Donde:

A = Peso del crisol limpio y seco (g)

B = Peso del crisol con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

4.3.4 Ceniza: Es considerada como el contenido de minerales totales o material inorgánicos de la muestra. Su determinación se realizó mediante la calcinación de la muestra a 550°C en una mufla, por 12 horas (Olvera *et al.*, 1993, A.O.A.C., 2000).

Cálculos

$$\text{Contenido de Ceniza (\%)} = \{(A-B)/C\} * 100$$

Donde:

A= Peso del crisol con muestra

B= Peso del crisol con ceniza

C= Peso de la muestra

4.4 Análisis de ácidos grasos

El análisis de las muestras se inició extrayendo los lípidos totales con una solución Folch (cloroformo: metanol, 2:1) y se procesaron utilizando la técnica de "Derivatización de lípidos totales (Palacios, *et al.*, 2007)(Anexo 1).

Los ácidos grasos (FAME) se analizaron por medio de un cromatógrafo de gases (Agilent modelo CG6850); se utilizó una columna capilar de sílica fundida de 30 m de longitud por 0.25 μm (espesor de película) x 0.25 mm (diámetro interno), fase de poli-etilen-glicol con helio como gas acarreador a un flujo de 0.7 ml/min y una rampa de temperatura de 110-220 $^{\circ}\text{C}$.

4.5 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA de una vía, con un nivel de significancia ($p < 0.05$), el cual se hizo mediante una múltiple comparación de los diferentes métodos de cocción a través de una prueba Tukey (SigmaPlot 11.0). Todos los valores se expresan como la media \pm la desviación estándar de la media.

8. Resultados

5.1 Composición proximal

Los resultados de los análisis de la composición proximal del filete del pez armado, crudo y cocinado (asado, hervido, vapor y frito), expresado porcentaje de peso orgánico (peso seco), se muestran en la tabla 1.

En su estado crudo, el filete del pez armado presentó 81.02% de humedad. El contenido de humedad del filete en todos los tratamientos de cocción fue significativamente menor al encontrado en el filete crudo. De estos, los métodos de cocción en los que se utilizó agua fueron los que más humedad presentaron: el hervido y el cocinado con vapor (78% y 77% respectivamente). En contraste, el contenido de humedad encontrado mediante el método frito y el asado fueron, estadísticamente los más bajos (68.17% y 72.64% respectivamente).

En relación al contenido de proteínas, el filete del pez armado hervido presentó el valor más elevado (98.97%), siendo significativamente diferente incluso que el valor encontrado en estado crudo. El valor de porcentaje de proteína encontrado en el filete frito fue significativamente más bajo (82.46%) que los demás tratamientos.

Como era de esperarse, los resultados de análisis de grasa indican que el filete de pez armado frito es significativamente mayor (15.49%) a los otros tratamientos y al filete crudo (4.59%). Los métodos de cocción que menos grasa registraron fueron el asado y el hervido (1% y 1.5% respectivamente).

En cuanto a la cantidad de ceniza, el filete asado mostró el porcentaje más alto (14.1%), significativamente diferente a los demás tratamientos y al filete crudo (11.76%). Tanto el crudo como el asado, registraron porcentajes de cenizas más altos que los otros tratamientos. El filete hervido, al vapor y frito presentaron porcentajes de ceniza bajos y sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla 2. Composición proximal del filete del pez armado, sometido a diferentes métodos de cocción.

Muestra	Humedad (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lípidos (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Crudo	81.02±0.82 ^a	93.32±0.31 ^a	4.59±0.16 ^a	11.76±0.60 ^a
Asado	72.64±5.01 ^{bc}	87.61±0.39 ^b	1.09±0.20 ^b	14.1±0.41 ^b
Hervido	78.73±2.12 ^{ab}	98.97±0.02 ^c	1.51±0.23 ^b	3.23±0.10 ^c
Vapor	77.18±0.88 ^{ab}	92.98±4.1 ^a	1.72±0.18 ^b	4.08±0.10 ^c
Frito	68.17±0.86 ^c	82.46±1.23 ^d	15.49±1.18 ^c	3.68±0.09 ^c

Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre muestras en crudo y cocinadas. Los valores están expresados en peso seco.

5.2 Perfil de ácidos grasos

En la tabla 2 se muestran valores promedio, expresados en términos de porcentaje, del contenido de ácidos grasos del filete del pez armado crudo y sometido a diferentes métodos de cocción, (asado, hervido, vapor y frito).

En cuanto a los ácidos grasos saturados totales, se distingue el tratamiento de cocción frito, que tuvo los valores más bajos entre todos los tratamientos. Dentro de los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico (16:0) destaca por estar en mayor porcentaje en los filetes asados, hervidos y al vapor, siendo significativamente más alto que el crudo y frito (Tabla 2). Estos dos últimos métodos registraron los porcentajes más alto y más bajo de ácido esteárico (18:0) respectivamente.

De todos los tratamientos el filete frito fue el que mayor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados presentó. Los asados, al vapor, hervidos y en estado crudo presentaron cantidades muy similares. Estas diferencias en ácidos grasos monoinsaturados se deben principalmente a las diferentes cantidades de ácido oleico 18:1n-9 que se registraron en cada uno de los tratamientos.

Respecto a los ácidos grasos poliinsaturados de la familia ω -6, el filete crudo y el cocinado al vapor fueron los que presentaron el mayor y el menor porcentaje respectivamente. De todos los ácidos grasos de esta familia destacaron el ácido linoleico 18:2n-6, que en el filete frito registró un porcentaje muy alto con respecto a los valores encontrados en los demás tratamientos, y el ácido araquidónico 20:4n-6 que en el filete crudo registró los porcentajes más elevados; por el contrario este ácido graso en el filete frito no pudo ser detectado.

En relación a la familia ω -3, los tratamientos que registraron mayor y menor porcentaje fueron el asado y frito respectivamente. Los principales ácidos grasos de esta familia son: el ácido docosahexaenoico 22:6n-3 (DHA), el cual en el filete en estado crudo registró un porcentaje elevado. En contraste, el método en el cual se determinó el valor más bajo fue en el filete frito. De igual manera, en relación al ácido eicosapentaenoico, 20:5n-3 (EPA), el valor más alto se encontró en el filete asado, superando al registrado en el filete crudo, reportando a su vez, el valor más bajo en el filete frito.

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos (g/100g de grasa) del filete del pez armado cocinado con diferentes métodos.

ACIDO GRASO	CRUDO	ASADO	HERVIDO	VAPOR	FRITO	ACEITE
14:0	2.88±1.64 ^a	2.45±0.39 ^a	2.88±0.25 ^a	2.90±0.02 ^a	0.19±0.06 ^a	0.05±0.04
15:0	0.13±0.01 ^a	0.70±0.03 ^b	0.69±0.06 ^b	0.75±0.10 ^b	n.d.	0.03±0.03
16:0	6.44±0.07 ^a	17.04±1.16 ^b	20.00±0.28 ^{bc}	20.92±1.16 ^c	7.55±0.07 ^a	6.33±0.04
17:0	2.27±0.02 ^a	3.02±0.32 ^a	2.65±0.32 ^a	3.79±0.26 ^a	0.18±0.09 ^b	0.02±0.03
18:0	21.38±0.36 ^a	12.73±0.37 ^b	15.89±0.22 ^c	14.35±0.54 ^c	3.40±0.01 ^d	1.70±1.47
20:0	0.39±0.39 ^a	0.44±0.03 ^{ac}	n.d.	0.11±0.11 ^b	0.38±0.15 ^{ac}	0.60±1.03
Total Saturados	33.52±1.17	36.39±0.14	42.13±0.13	42.85±1.26	11.73±0.24	8.73±1.44
16:1n-9	0.88±0.03 ^a	7.47±0.63 ^{bc}	6.59±0.19 ^b	7.94±0.15 ^c	0.74±0.20 ^a	0.20±0.09
16:1n-7	n.d.	0.73±1.05 ^a	1.02±0.17 ^a	1.04±0.20 ^a	n.d.	0.02±0.03
18:1n-9	21.38±0.36 ^a	12.69±0.13 ^b	12.63±0.49 ^b	13.26±0.30 ^b	52.06±1.02 ^c	52.46±1.48
20:1n-9 (n-11)	0.02±0 ^a	0.54±0.05 ^a	n.d.	0.15±0.23 ^a	0.95±0 ^a	1.05±0.09
20:1n-7	0.89±0.01 ^a	0.62±0.06 ^a	n.d.	0.00±0.01 ^c	n.d.	n.d.
22:1n-9 (n-11)	n.d.	0.47±0.05 ^a	0.13±0.20 ^a	0.19±0.28 ^a	0.48±0.50 ^a	0.04±0.06
24:1n-9	0.60±0.02 ^a	1.28±0.13 ^a	1.03±0.96 ^a	0.34±0.07 ^a	n.d.	0.18±0.09

Total Monoinsaturados	23.80±0.31	23.84±0.11	21.42±0.08	22.96±0.25	54.26±0.63	53.95±1.29
18:2n-6	10.63±0.16 ^a	3.37±0.04 ^b	3.45±0.09 ^b	2.41±0.30 ^b	26.21±0.48 ^c	28.29±0.37
18:3n-6	0.81±0 ^a	0.94±0.01 ^a	0.68±0.42 ^a	0.32±0.46 ^a	0.77±0 ^a	0.35±0.59
20:2n-6	0.87±0.01 ^a	0.69±0.04 ^{abc}	0.17±0.25 ^b	0.14±0.21 ^b	n.d.	n.d
20:3n-6	n.d.	1.30±0.01 ^a	0.47±0.67 ^a	0.68±0.08 ^a	0.45±0 ^a	0.03±0.02
20:4n-6	9.70±0.18 ^a	7.56±0.040 ^b	8.86±0.45 ^c	8.26±0.21 ^{bc}	n.d.	0.01±0.02
22:5n-6	6.31±0.16 ^a	5.89±0.18 ^a	6.36±0.27 ^a	5.08±0.02 ^b	n.d.	0.03±0.05
Total n-6 PUFA	28.34±0.53	19.78±0.50	20.01±0.58	16.92±0.85	27.44±0.39	28.68±0.44
18:3n-3	0.07±0 ^a	2.05±0 ^{bc}	1.39±0.33 ^b	2.28±0.21 ^c	6.66±0.03 ^d	7.93±0.04
18:4n-3	n.d.	0.37±0.02 ^b	n.d.	0.02±0.04 ^a	n.d.	n.d
20:3n-3	0.34±0.01 ^a	0.34±0.02 ^a	n.d.	0.24±0.34 ^a	0.33±0 ^a	0.37±0.54
20:4n-3	0.35±0.01 ^a	0.95±0.07 ^b	0.05±0.07 ^a	0.31±0.24 ^a	n.d.	n.d
20:5n-3	1.99±0.02 ^a	3.39±0.11 ^b	2.60±0.22 ^c	3.32±0.01 ^b	0.06±0 ^c	n.d
22:5n-3	0.62±0.01 ^a	4.50±0.44 ^b	4.34±0.02 ^b	3.57±0.29 ^b	0.26±0 ^a	0.17±0.15
22:6n-3	10.93±0.26 ^a	8.34±0.15 ^b	8.03±0.03 ^{bc}	7.48±0.33 ^c	0.64±0.03 ^d	0.17±0.14
Total n-3 PUFA	14.33±0.32	19.97±0.47	16.42±0.53	17.25±0.20	7.98±0	8.63±0.60

*Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) entre muestras en crudo y cocinadas.

6.- Discusión

En los últimos años se ha generado un mayor conocimiento sobre la función nutricional de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ω -3. Estos ácidos grasos son esenciales en muchas funciones bioquímicas y aunque se requieren en pequeñas cantidades, los seres humanos tienen muchas limitaciones para biosintetizarlos a partir de precursores más simples, por lo que deben obtenerse de la dieta. Los recién nacidos y los adultos con predisposición al desarrollo de enfermedades cardiovasculares constituyen los grupos más vulnerables a la deficiencia de estos ácidos grasos (Valenzuela y Garrido. 1998).

Coenders en 1996, observó que la cocción de la carne, ya sea de mamíferos, aves o pescados, tiene diferentes efectos al momento de la misma, algunos de estos cambios son: La desnaturalización de las proteínas y al mismo tiempo la alteración de su solubilidad; cambio de color; aumento de la palatabilidad influyendo de tal manera que intensifica su sabor y altera su textura. De igual manera, destruye un número considerable de microorganismos y aumenta la vida útil del producto: así como previene la formación de olores desagradables y disminuye el contenido de agua de la superficie del corte.

Cabe mencionar que para poder determinar el contenido nutricional de cada alimento debemos realizar un análisis en cada una de sus preparaciones para determinar la composición proximal del alimento y otro similar para determinar la composición de ácidos grasos. Por lo tanto, al realizar dicho análisis a la muestra estudiada en el presente trabajo, pudimos observar que la muestra en estado crudo, fue la que reportó el valor más elevado en relación a la humedad, debido a que el componente más abundante fue el agua, el cual es similar al reportado en otras especies de pescado como armadillo (*Hypostomus watwata*), corvina (*Cynoscion maracaiboensis*), trucha (*Oncorhynchus myskiss*), (Izquierdo, et al. 2000), y esto a su vez, puede favorecer el crecimiento microbiano, y las reacciones enzimáticas que conllevan al rápido deterioro del alimento si no se almacena en condiciones adecuadas (Izquierdo, et al. 1999). En cuanto a la humedad registrada en los distintos métodos de

coCCIÓN, se puede observar que en el método hervido y al vapor la humedad no varió en comparación con el filete en estado crudo; esto probablemente se debe a que en el medio en que se realizó la coCCIÓN, agua, no hubo concentración de ninguno de los otros componentes. (Fennema, 1982). Por lo contrario en el método frito la disminución de humedad puede deberse a la intensa deshidratación que se lleva a cabo en el interior del filete, debido a la elevación de la temperatura, (Borgeois, Le Roux, 1986).

Respecto al porcentaje de ceniza encontrado en el filete asado, cabe mencionar que no se puede atribuir a minerales naturales de la carne, si no a la adición de sal en el momento de la coCCIÓN. La adición de sal se realizó con la finalidad de evitar el que la carne de pescado se adhiera o “pegue” al comal y es una técnica que se emplea en las regiones donde se consume pescado, añadiendo a su vez un mejor sabor al producto. Así mismo el porcentaje estimado en los tratamientos restantes fue similar a los valores encontrados en otros alimentos ricos en proteínas que forman parte de la dieta humana, tales como huevos, leche, carne de bovino, pollo y cerdo (Izquierdo, *et al.* 2000) .

De igual forma, el método en el cual se reporto el valor más elevado en relación al contenido de proteínas fue en el filete hervido, superando al porcentaje reportado del filete en estado crudo, este incremento podría explicarse por el efecto del calor que produce la deshidratación de la carne y concentración de sus constituyentes. El aumento del porcentaje de proteínas pueden atribuirse a la pérdida general de humedad experimentada y al efecto de dilución de los lípidos absorbidos (Fontanarrosa, Espindola, Del Barco, 2004). Cabe mencionar que estos valores han superado, a los reportados en la carne de pollo, cerdo y bovino (Cervera, *et al.* 1993), lo que posiciona a este recurso como una importante fuente de proteína que puede ser aprovechada en alimentación humana.

Otra variable estimada, fue el porcentaje de grasa, el cual determina si los productos cárnicos son grasos, cuando contienen más del 10% de grasa; intermedios, cuando contienen de 2 a 6%; o magros cuando contienen menos de 2% de grasa en

músculo y grasa perivisceral (Mataix, Gil, 2004). El pez armado en estado crudo registró 4.59% de grasa en músculo, lo que lo clasifica como una especie de pescado intermedio, con porcentajes menores en comparación con otras especies de pescado como anguila (*Anguilla anguilla*) 24.5%, merluza de Alaska (*Anoplopoma fimbria*) 15.2%, salmón del Atlántico (*Salmo salar*), 13.6%, entre otras (Izquierdo, *et al.* 2000) y por encima de otros como el bacalao (*Gadus morhua*). Sin embargo, en los métodos utilizados como son el asado, hervido y al vapor el porcentaje de grasa reportada disminuyó, por lo que se puede considerar que después de este proceso de cocción se ingiere como un tipo de carne magra (Zamil, *et al.* 1992). En contraste, con el uso del método de cocción frito, el porcentaje de grasa aumentó debido a que la muestra fue sumergida en aceite. Este método de cocción es muy popular a nivel mundial y también en México, sin embargo se ha reportado que cuando la grasa se calienta a muy alta temperatura y por tiempo prolongado, se forma peróxido, o bien cuando el aceite se ha utilizado, enfriado y vuelto a calentar para la fritura, se forman sustancias tóxicas como polímeros o derivados indeseados como ácidos, alcoholes, lactonas, éteres, aldehídos, cetonas, etc.; como todas estas sustancias son difíciles de absorber generan alteraciones en el aparato digestivo (Guerrero, 2001). Existe una recomendación dietética de utilizar solo una vez las grasas para la fritura. Sin embargo, el aceite se usa como medio de calentamiento de alimentos desde hace muchos siglos. Las altas temperaturas provocan la deshidratación de los alimentos, parcial en el caso de carnes, lo que ocasiona la absorción de aceite en los espacios que deja el agua (en las papas puede llegar hasta un 40%). El vapor generado favorece la hidrólisis. Con la inclusión de oxígeno por efecto de la aireación se forman hidroperóxidos muy reactivos que provocan la síntesis de aldehídos, cetonas, ácidos, etc., con olores característicos de rancidez. El aceite, al ser un disolvente no polar, extrae los pigmentos y las vitaminas liposolubles y los vuelve más sensibles al calor y al oxígeno. Todos estos cambios se reflejan en un incremento de la viscosidad y de los ácidos grasos libres (Badui, 2006).

Es importante tener en cuenta que, no todos los alimentos absorben la misma cantidad de grasa o aceite durante la fritura; la absorción depende de varios factores

como el contenido de agua del alimento, tamaño o superficie de contacto, cobertura que presente el alimento. La principal teoría que sustenta las diferencias en la absorción de grasa de un alimento es explicada como el reemplazo del agua del alimento que se evapora durante el proceso por el aceite o grasa de cocción (Saguy y Dana. 2003). Makinson *et al.*, en 1987, compararon la absorción de grasa de alimentos de origen vegetal con alimentos de origen animal fritos en abundante grasa a 175°C, concluyendo que los alimentos de origen vegetal que inicialmente contenían mayor cantidad de agua y bajo contenido de grasa, absorben más grasa de fritura, que los alimentos de origen animal. Otros estudios han confirmado que los alimentos de origen animal no ganan mucha grasa durante la fritura, independientemente del tipo y cantidad de grasa o aceite utilizado (Al-Saghir. *et al.* 2004). La explicación que se da para sustentar la poca ganancia de grasa de los alimentos de origen animal durante la fritura es que el espacio intracelular del tejido animal está lleno de fluidos que no permiten retener grasa, mientras que el espacio intracelular de los tejidos vegetales es lleno de aire, lo que le da gran capacidad para retener la grasa absorbida (Fillion, Henry. 1998). Sin embargo, existen diferencias en la ganancia de grasa entre los mismos alimentos de origen animal. En otras investigaciones se ha reportado un aumento en el contenido de grasa total en pescados como salmón y sardina, lo cual se debió al tipo de grasa o aceite utilizado, observándose una mayor absorción de manteca de cerdo que de aceites vegetales (Sánchez-Muñoz, 1992; Echarte, 2001; Sioen, *et al.* 2006),

Como se mencionó anteriormente los ácidos grasos son de vital importancia, que se basa principalmente en que los lípidos son constituyentes importantes de la estructura de las membranas celulares, puesto que cumplen funciones energéticas, de reserva metabólica y forman la estructura básica de algunas hormonas y de las sales biliares (Sastry, 1985).

Algunos lípidos tienen el carácter de esenciales debido a que no pueden ser sintetizados a partir de estructuras precursoras (Spector, 1999). Dentro de la gran diversidad estructural que caracteriza a los lípidos, los ácidos grasos son las

estructuras de mayor relevancia (Giovannini et al., 1991). Se ha reportado, que el consumo de alimentos en los que predominan los ácidos grasos insaturados ha sido relacionado con la disminución de los accidentes cardiovasculares (Clawson et al., 1991), de allí la importancia en la detección y cuantificación de los ácidos grasos en los alimentos, ya que cada clase de ácido graso está involucrado en reacciones metabólicas específicas. Los ácidos grasos de cadena corta actúan como combustible de reserva metabólica preferido por la mucosa del colon; estos ácidos grasos pueden proporcionar hasta un 70% de energía al colón distal, favoreciendo el flujo sanguíneo (Mataix, Gil, 2004), los ácidos grasos saturados de cadena media y larga son buena fuente de energía; los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga están involucrados en la regulación metabólica; y los ácidos grasos de cadena muy larga son componentes estructurales importantes de membranas (Clawson et al., 1991).

Así mismo, en relación al perfil de ácidos grasos, se han realizado investigaciones las cuales sugieren que la composición de la grasa de los alimentos fritos tiende a ser similar a la grasa de la fritura sin importar el tipo de alimento, por lo tanto, si un alimento es frito en un aceite o en una grasa con alto contenido de ácidos grasos saturados o compuestos tóxicos, el alimento frito tenderá a tener un alto contenido de estos compuestos aunque naturalmente no los contenga (Sánchez y Medina, 1992). De igual forma, el porcentaje de ácidos grasos saturados en el filete sometido al método frito resultó con una elevada concentración de ácidos grasos saturados, pudiendo deberse a que el aceite que se utilizó para cocinar mediante este método fue el aceite comercial de girasol, el cual al ser analizado, registró valores elevados de este tipo de ácidos grasos. Estudios epidemiológicos sugieren que los ácidos grasos saturados elevan el colesterol sérico y los niveles de LDL, e incrementan la incidencia de cardiopatías coronarias (Arlin y Mahan, 1995) por lo que se ha sugerido que el mejor aceite para freír es el aceite de oliva porque resiste mejor que otras grasas las altas temperaturas, es más estable y menos absorbente para los alimentos, además de que puede proporcionar un mejor sabor (Vel Sid en el 2008).

Los porcentajes de encontrados en relación a los ácidos grasos poliinsaturados son similares a los reportados en otras especies como son jurel, sardina, salmón y atún (Izquierdo, *et al.* 2000), lo cual coloca a esta especie dentro del grupo de peces más importantes nutricionalmente por su calidad de ácidos grasos.

Se ha reportado que los ácidos grasos insaturados de los aceites de pescado son inestables al calentamiento y que pueden sufrir un proceso de oxidación (Belitz y Grosch. 1997) afectando así los niveles de ácidos grasos insaturados presentes en el alimento antes de ser sometido al tratamiento térmico. Por lo tanto, el incremento en la proporción de ácidos grasos saturados en el pez armado pudo deberse a una alteración en la relación porcentual por efecto de la oxidación de ácidos grasos insaturados.

Además del aumento en el contenido de grasa total y de la tendencia de los alimentos fritos a presentar un perfil de ácidos grasos similar al del medio de cocción, otros investigadores han descrito el comportamiento de los ácidos grasos omega 3 (EPA y DHA) en los pescados porque son alimentos fuente de estos compuestos y normalmente se consumen fritos. Pescados como el salmón, el lenguado, el arenque, y la trucha, presentaron una disminución menor en el contenido de EPA + DHA por fritura, a excepción de la trucha, la cual mostró una modesta pero no significativa reducción en estos ácidos grasos (Gladyshev, *et al.* 2006).

El presente trabajo tiene como objetivo proporcionar información acerca de la calidad nutritiva del pez armado de la presa del Infiernillo para contribuir con bases científicas a su promoción como alimento humano. La carne de pez armado resultó una fuente rica de proteína y de ácidos grasos altamente insaturados de importancia para la salud humana como el DHA y el EPA.

La evaluación de los diferentes métodos de cocción (frito, hervido, asado y al vapor) demostró que no todos ellos tienen un efecto similar en la calidad de la carne para el consumo humano. El método frito resultó ser el método con mayores efectos

negativos en el perfil de ácidos grasos del filete, siendo los métodos hervido y al vapor los que permitieron la cocción del filete sin efectos desfavorables en la calidad nutricional de este producto.

Por lo tanto, la carne del pez armado puede ser considerada como un alimento de gran valor nutricional que debe ser considerada como de gran interés para el consumo humano; y por otro lado, debe considerarse como importante seguir con las campañas de información y promoción de este recurso, hasta ahora menospreciado, para mejorar la nutrición de la región y de los estados circundantes a la presa “El Infiernillo”.

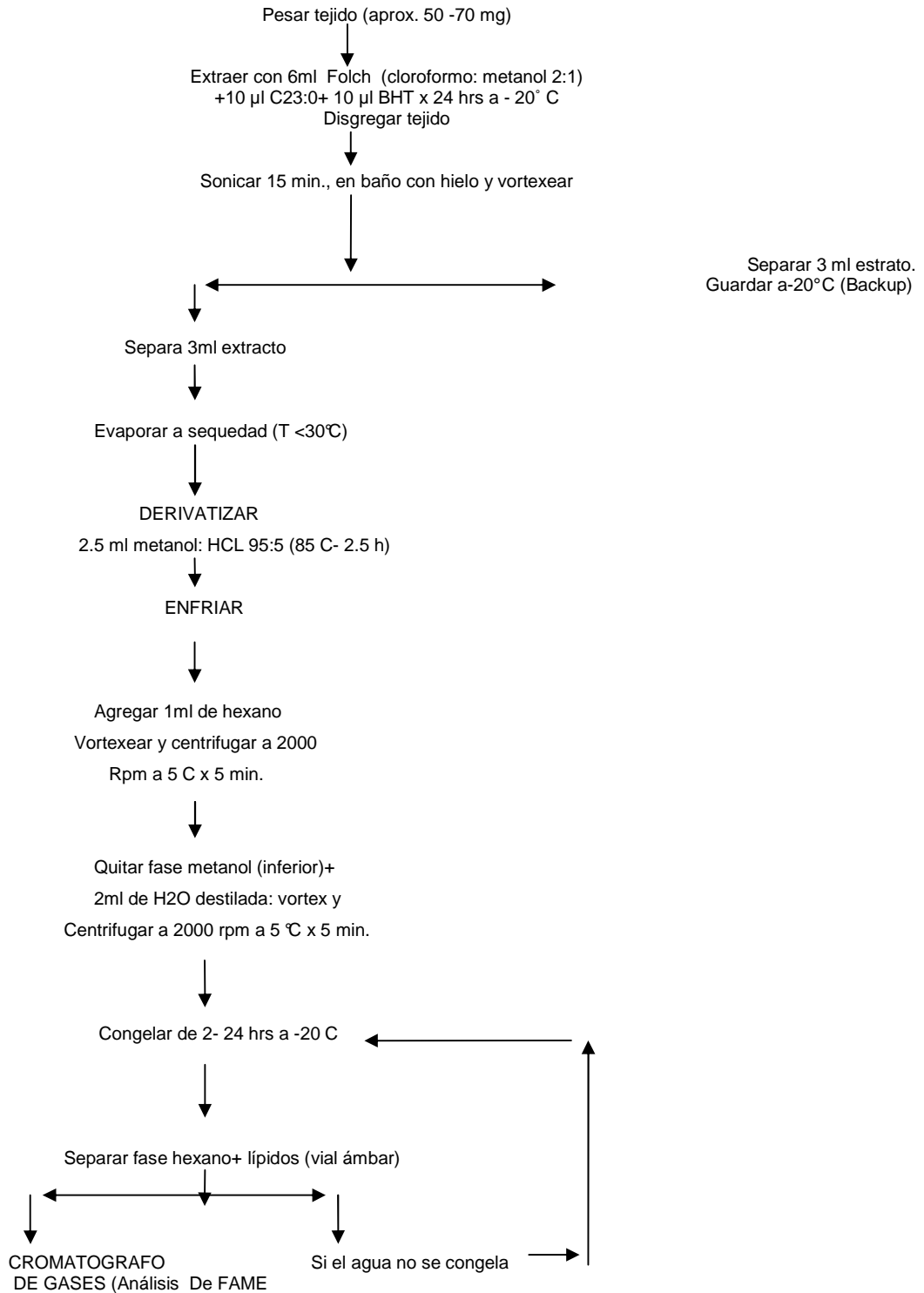
7.- CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que:

- La carne de pez armado resultó una fuente rica de proteína y de ácidos grasos altamente insaturados de importancia para la salud humana como el DHA y el EPA.
- La evaluación de los diferentes métodos de cocción (frito, hervido, asado y al vapor) demostró que no todos ellos tienen un efecto similar en la calidad de la carne para el consumo humano. El método frito resultó ser el método con mayores efectos negativos en el perfil de ácidos grasos del filete, siendo los métodos hervido y al vapor los que permitieron la cocción del filete sin efectos desfavorables en la calidad nutricional de este producto.

(Anexo 1)

Derivatización directa de lípidos totales.



7. Bibliografía

- Albert C, Hennecrends C, O'Donnelli C. (1998). Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *I am med assoc.*;279;23:28.
- Al-Saghir S, Thurner K, Wagner Kh, Frisch G, Luf W. (2004). Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *J Agric Food Chem.*; 52:5290-6.
- Arlin, M., Mahan, L. *Nutrición y Dietética de Krause*. 8va Ed. México. Interamericana. Mc Graw-Hill: 45-48,58-59,362-398.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson Educación de Mexico. Cuarta edición. Pag. 281
- Balk, E., Chung, M., Lichtenstein, A., Chew, P., Kupelnick, B.(2004). Effects of omega-3 fatty acids on cardiovascular disease risk factors and intermediate markers of cardiovascular disease. *Evid. Rep. Technol. Assess.*
- Belitz, H., Grosch, W. (1997). *Lípidos. Química de los Alimentos*. Edit. Acribia SA. 2da Ed. Zaragoza, España. 175-269.
- Borgeois, C., Le Roux, P.(1986). *Proteínas animales*. Editorial El Cuaderno Moderno, México. Pp 346.
- Brenner, R., Peluffo, R. (1969). Regulation of unsaturated fatty acid biosynthesis. *Biochim Biophys Acta*; 176: 471-9.
- Buydens-Branch J., Branche M., McMakin, D., Hibbeln, J.(2003). Polyunsaturated fatty acid status and aggression in cocaine addicts. *Drug Alcohol Depend.* 71:319-23

- Calder, P. (2004). n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: evidence explained and mechanisms explored. *Clin. Sci.* (Londres) 107:1-11.
- Cervera, P., Clapes, J., Rigolfas, R. (1993). Alimentacion y dietoterapia. 2da Ed. España Interamericana. Mc Graw- Hill: 178.182-183, 189-192, 371-372.
- Clawson, A. Garlich, J. Coffey, M. Pond, W. (1991) Nutritional, Physiological, genetic, sex, and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish, and mammalian species. A review. *J Anim Sci*: 69.3617-44
- Coenders, A. (1996). Química culinaria. Editorial Acribia, España.
- CONACYT, (2006).
- Connor, W. (1996). Omega-3 essential fatty acids in infant neurological development *Backgrounder 1*: 1-6.
- Connor, W., Lowensohn, R., Hatcher, L. (1996). Increased docosahexaenoic acid levels in human newborn infants by administration of sardines and fish oil during pregnancy. *Lipids 31*: S183-S187.
- Christie, W. (2003). Lipid Analysis. Isolation, Separation, Identification and Structural Analysis of Lipids, 3^a ed. Bridgwater, Inglaterra: The Oily Press.
- Echarte M, Zulet MA, Astiasaran I. (2001). Oxidation process affecting fatty acids and cholesterol in fried and roasted salmon. *J Agric Food Chem.*;49:5662-7.
- Fennema, O. (1982). Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Parte 1. 2da Ed. España. Editorial Reverte. Pp 217.
- Fillion, L., Henry, C. (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *Inter J Food Scien Nutr.*;49:157-268.

- Fontanarrosa, M., Espindola, B., Del Barco, D. (2004). Estudio de los cambios producidos por diferentes formas de cocción sobre el contenido de micronutrientes de siete especies de pescado del Río Parana. Rev. FABICIB. Vol 8. Pags 183-191.
- Giovannini, M., Angostoni, C., Salari, P. (1991). The role lipids in nutrition during the first months of life. J Int. Med. Res; 19(5):351-62
- Gladyshev, M., Sushchik, N., Gubanenko, G., Demirchieva, S., Kalachova, G.(2006). Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). Food Chem.;96:446-51.
- Guerrero, C. (2001). Administración de alimentos a colectividades y servicios de la salud. McGraw-Hill Interamericana Editores. Pag 73
- Guzmán, A.F. y Barragán, J. (1997). Presencia de bagre sudamericano (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. Vertebrata Mexicana (3): 1-4
- Herid, W., Lapillonne, A. (2005). The role of Essential Fatty Acids in development. Annual Review of Nutrition. 25:549-571.
- Hibbeln, JR. (1997). Essential fatty acids predict biomarkers of aggression and depression. *Pufa Newslett.* 1: 2.
- Hibbeln, JR., Salem, N. (1995). Dietary polyunsaturated fatty acids and depression: when cholesterol does not satisfy. *Am. J. Clin. Nutr.* 62: 1-9.
- Higdon, JV., Du S.H., Lee Y.S., Wu T., Wander R.C. (2001). Supplementation of postmenopausal women with fish oil does not increase overall oxidation of LDL ex vivo compared to dietary oils rich in oleate and linoleate. *J. Lipid Res.* 42: 407-18.
- Hoffman, S. Locke, K. Wheaton, D. Fish, G. Spencer, R. Birch, D.(2004). A randomized clinical trial of docosahexaenoic acid supplementation for X-linked retinitis pigmentosa. American Journal of Ophthalmology 137. No. 4:704-18.

- Iribarren, C., Markovitz, J., Jacobs, D., Schreiner, P., Daviglius, M., Hibblen, J., (2004). Dietary intake of n-3, n-6 fatty acids and fish relationship with hostility in young adults- the cardia study. *European Journal of clinical nutrition* 58. No.1:24-31.
- Izquierdo, P. Torres, G. Barboza, Y. Márquez, E. Allara, M. (2000) Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. Vol. 50 N^o2.
- Izquierdo, P., Torres, G., Gonzalez, E., Barboza, Y., Marquez, E., Allara, M. (1999). Efecto de dos tipos de cocción sobre la composición química y perfil de ácidos grasos de filetes de corvina. *Rev. Científica. FCV- LUZ- Vol. IX, No. 5, 367-371.*
- Kinsella, J.E. (1999). Sources of omega-3 fatty acids in human diets. En: *Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease*, Eds: RS Lees, M Karel, pp. 157–200. New York: Marcel Dekker
- Logan, C. (2003). Neurobehavioral aspects of omega-3 fatty acids: possible mechanisms and therapeutic value in major depression. *Alternative medicine review* 8. No. 4:410-25.
- Makinson, J., Greenfield, M., Wong M., Wills, R. (1987). Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods. *J Food Comps Anal.* 1:93-101.
- Mataix, J., Gil, Angel. (2004). Libro blanco de los omegas-3. Los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud. Ed. Medica panamericana.
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P., Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto.

- Morris, M., Evans, D., Bienias, J., Tangney, C., Bennett, D., Wilson, R., Aggawai, N., Schneider, J., (2003). Consumption of fish and n-3 fatty acids and risk of incident Alzheimer disease. *Archives of Neurology* 60. No. 7:940-6.
- Noaghiul, S., Hibbeln, J. (2003). Cross-national comparisons of seafood consumption and rates of bipolar disorders. *Am. J. Psychiatry* 160: 2222–27.
- Olvera-Novoa, M.A; Martínez-Palacios, C.A. y Real de León E. (1993). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Programa cooperativo gubernamental FAO-Italia. Documento de campo No. 7. México. 104 p.
- Palacios-Metchenov E., Racotta, S., Aparicio, B., Arjona, O., Martínez Palacios C. (2007). Lipid clases and fatty acids during embryogenesis of captive and wild silverside (*Christoma estor estor*) from Pátzcuaro Lake. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)*, 33:81-91.
- Roynette, C., Calder, P., Dupertuis, Y., Pichard, C. (2004). n-3 Polyunsaturated fatty acids and colon cancer prevention. *Clinical nutrition*.23:139-151.
- Saguy, I., Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Engin.*;56:143-52.
- Sánchez-Muniz FJ., Viejo, J., Medina, R. (1992). Deep-frying of sardines in different culinary fats: changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. *J Agric Food Chem.*;40:2252-6.
- Sastry, P. (1985). Lipids in the nervous tissue: composition and metabolism. *Prog Lipid Res*; 24: 69-176.
- Simopoulos, A. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr*; 54: 438-63.

- Simopoulos, A. (1999) Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 560-569.
- Sioen I, Haak L, Raes K, Hermans C, De Henauw S, De Smet S, et al. (2006). Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chem.*;98:609-17.
- Spector, A. (1999). Essentiality of fatty acids. *Lipids*; 34: 1-3.
- Tanskanen, A., Hibbeln, J., Hintikka, J., Haatainen, K., Honkalampi, K., Viinamaki, H. (2001). Fish consumption, depression, and suicidality in a general population. *Arch. Gen. Psychiatry* 58: 512-13.
- Uauy, R., Hoffman, D., Peirano, P., Birch, D., Birch, E. (2001). Essential fatty acids in visual and brain development. *Lipids* 36:885- 95.
- Valenzuela A, Garrido A. (1998). Importancia nutricional de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga: El beneficio de su suplementación. *Rev Chil Nutr*; 25 (3):21-29.
- Vel, Sid (2008). *Gastronomiaycia*. El aceite de olive en el listado de los alimentos saludables.
- Wijendran, V., Hayes, K. (2004). Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu Rev Nutr*; 24:597-615.
- Zamil, M., Rawdah, T., Attar, K., Aarab, M. (1992). Mineral and proximate composition of some commercially important fish of the Arabian Gulf. *Food Chem* 45: 95-98.