

Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*: uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite

Use of wastes of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: use of clean oil extraction technologies

Uso de residuos de trucha arco-iris *Oncorhynchus mykiss*: uso de tecnologías de extracción de óleo limpo

Carlos A. David-Ruales^{1*}; Catalina Torres-Toro^{2*}; Sara Hincapié-Ávila^{3**}; Julián Londoño-Londoño^{4**}

¹ Biologo, MSc

² Zootecnista

³ Ingeniera de Alimentos

⁴ Químico Farmacéutico, PhD

* Grupo de Investigación en Producción, Desarrollo y Transformación Agropecuaria (GIPDTA), Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, Colombia

** Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos – GRIAL, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, Colombia

Email: cadaavid@lasallistadocentes.edu.co

Recibido: octubre 30 de 2014

Aceptado: noviembre 27 de 2014

Resumen

La producción de trucha arco iris en Colombia soporta el 11,36 % de la producción nacional; los residuos del beneficio pueden ser utilizados para la extracción de aceites, ya sea por calentamiento (Soxhlet) o por Fluidos Supercríticos (FSc) (temperatura y presión crítica de los gases). Se planteó como objetivo extraer y caracterizar el aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris por medio de Soxhlet y FSc. Para ello, vísceras y carcasas de trucha arco iris se secaron, se molieron, se determinó humedad, valores bromatológicos (según la AOAC 1986) y microbiológicos (NMP para coliformes totales y fecales); a todas las muestras por triplicado se aplicó Soxhlet y FSc; al producto final se le hizo el perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa (GC). Los análisis microbiológicos realizados a carcasas y vísceras no arrojaron presencia de *E. Coli* en ninguna de las muestras; los análisis bromatológicos fueron: humedad, 2.1 %; grasa, 34.2 %; cenizas, 17.3 %; proteína, 17.2 %; un valor calorimétrico de 5414,4 cal/g para carcasas y un valor de 6068,01 cal/g para vísceras. El perfil lipídico del aceite obtenido por Soxhlet presenta 68.6 % de grasa insaturada (%GI), 27.73 % de grasa saturada y 0.85% de ácidos grasos omega 3; para el aceite obtenido por fluidos supercríticos se obtuvieron 69.14 %, 26.71 % y 4.99% de grasa insaturada, grasa saturada y ácidos grasos omega 3, respectivamente. Además, solamente por extracción con fluidos supercríticos se logró la recuperación de 2.88% de DHA (ácido docosahexanóico) y 0.67% de EPA (ácido eicosapentanóico). Se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para los valores de %GI y para los valores en % de DHA y EPA, al compararse Soxhlet vs Fluidos Supercríticos. Se evidenció que FSc es determinante para obtener una composición adecuada de ácidos grasos omega 3 (DHA y EPA).

Palabras clave: fluidos supercríticos, Soxhlet, desechos, subproductos, acuicultura.

Abstract

The production of rainbow trout in Colombia supports 11.36% of domestic production; profit residues can be used for the extraction of oil, either by heating (Soxhlet), or by Supercritical Fluids (SF) (critical temperature and pressure of the gases). It was proposed to extract and characterize fish oil-derived by-products of rainbow trout using Soxhlet and SF. For this viscera and steelhead carcasses were dried, ground and moisture, bromatological values were determined (according to AOAC 1986) and microbiological data (NMP for total and fecal coliforms); all samples in triplicate model (Soxhlet and SF) applied; the final product will be made the fatty acid profile by gas chromatography (GC). Microbiological analyzes of carcasses and viscera yielded no presence of *E. coli* in any of the samples; bromatological analysis: moisture, 2.1%; fat, 34.2%; ash, 17.3%; protein, 17.2%; calorimetric value of 5414.4 cal/g for cases and a value of 6068.01 cal / g for viscera. The lipid profile of the oil obtained by Soxhlet presents 68.6% unsaturated fat (% GI), 27.73% of saturated fat and 0.85% omega 3 fatty acids; for the oil obtained by supercritical fluids 69.14%, 26.71% and 4.99% unsaturated fat, saturated fat and omega 3 fatty acids were obtained respectively. Furthermore, only for supercritical fluid extraction recovery of 2.88% DHA (docosahexaenoic acid) and 0.67% of EPA (eicosapentaenoic acid) was achieved. Significant differences ($p < 0.05$) for GI% values and the values in% of DHA and EPA were presented, comparing Soxhlet vs. Supercritical Fluids. It was evident that SF is crucial for proper composition of omega 3 fatty acids (DHA and EPA).

Key words: Supercritical fluids, fisheries by-products, aquaculture

Resumo

A produção de truta arco-íris na Colômbia apoia 11,36% da produção nacional; resíduos de beneficiamento podem ser utilizados para a extração de óleo, através de aquecimento (Soxhlet), ou por fluidos supercríticos (FSc) (temperatura crítica e pressão dos gases). Foi proposto como alvo a extração e caracterização de produtos derivados do óleo de peixe de truta arco-íris, utilizando Soxhlet e FSc. Para isso vísceras e carcaças foram secas, moídas e umidade, os valores bromatológicos foram determinados (de acordo com a AOAC, 1986) e microbiológica (NMP de coliformes totais e fecais); todas as amostras em triplicado (Soxhlet e FSc); o produto final foi feito o perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa (GC). A análise microbiológica das carcaças e vísceras não rendeu nenhuma presença de *E. coli* em nenhuma das amostras; análises bromatológicas: umidade de 2,1%; de gordura, 34,2%; cinzas, 17,3%; proteína, 17,2%; valor calorimétrico de 5414,4 cal/g para carcaça e um valor de 6068,01 cal/g para as vísceras. O perfil lipídico do óleo obtido por Soxhlet apresenta 68,6% de gordura insaturada (%GI), 27,73% de ácidos graxos ômega 3 de gordura e 0,85% saturadas; para o óleo obtido por fluidos supercríticos 69,14%, 26,71% e 4,99% de gordura insaturada, gordura saturada e ácidos graxos ômega 3 foram obtidos, respectivamente. Além disso, apenas para a recuperação de extração de fluido supercrítico de 2,88% de DHA (ácido docosahexaenóico) e 0,67% de EPA (ácido eicosapentaenóico) foi alcançada. Diferenças significativas ($p < 0,05$) para GI% os valores e os valores em% de DHA e EPA foram apresentados, comparando Soxhlet vs. FSc. Foi evidente que o FSc é crucial para a composição adequada de ácidos graxos ômega 3 (DHA e EPA).

Palavras chave: fluidos supercríticos, Soxhlet, produtos residuais, aquicultura

Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2014), la acuicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, con un incremento promedio anual del 8 %; Colombia sigue la misma tendencia mundial y Según Merino, *et al.*, (2013), para el año 2011, la producción de la acuicultura nacional fue de 82.733 toneladas, de las cuales el 58,54 % correspondió al género *Oreochromis* (tilapias roja y negra); un 19,24 %, a los géneros *Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum* (cachamas); un 6,8 %, a *Oncorhynchus mykiss* (trucha); 10,23 % a camarón; un 0,13 % a cobia y el 5,04 % restante, a otras especies nativas y exóticas (carpa, yamú y bocachico). El departamento de Antioquia aporta el 5,49 %, con 4079 toneladas, de las cuales el 42,93 % es tilapia roja; el 36,8 %, trucha, y el 20,27 % a cachama blanca.

La producción de aceite de pescado constituye el principal método de aprovechamiento de las capturas de peces no comestibles y de los residuos procedentes de las plantas de beneficio (Rodríguez-Márquez, 1993). Los depósitos de grasa en los peces pueden estar en los músculos, en la piel y en el revestimiento de la cavidad abdominal (Bastos *et al.*, 2006); sin embargo, dentro de la misma especie el porcentaje de ácidos grasos difiere en virtud de muchos factores como sexo, tamaño, dieta, localización geográfica, temperatura del ambiente y estación del año (Gonçalves y Souza-Soares, 1988).

Tradicionalmente los aceites de origen animal son extraídos por calentamiento de los tejidos, lo que permite su separación de las proteínas y de otros componentes como ácidos grasos libres y agua, que deben ser separados por otros procesos como desgomado, refinación, blanqueamiento o fraccionamiento (Cmollic y Pokorny, 2000); dentro de los métodos modernos

de fraccionamiento se encuentra, entre otros, el de fluidos supercríticos, el cual puede usar como solvente dióxido de carbono a un punto crítico de 72,8atm, con varias ventajas, ya que al comportarse como un líquido facilita la disolución de los solutos, a la vez que su comportamiento como gas permite una fácil separación de la matriz; estas características conllevan un proceso de extracción más rápido, eficiente y selectivo comparado con el método de la extracción líquido-líquido, además de amigable en vista del uso de “disolventes verdes” como el dióxido de carbono, para evitar el uso de los habituales disolventes clorados de las extracciones líquido-líquido (Sihvonen, Järvenpää, Hietaniemi y Huopalahti, 1999). Así, la región en la cual una sustancia existe como fluido supercrítico está definida por la presión y temperatura crítica; algunos gases como el CO₂, presentan propiedades solventes selectivas deseables cuando se les incrementa su presión por encima de su valor crítico, por el orden de los 1000 a 2000 psig, estas propiedades relacionadas con la viscosidad y la difusión son más efectivas en comparación con la separación por solventes líquidos, por lo tanto se convierten en una buena elección para la extracción y fraccionamiento de una gran variedad de materias primas. Por ejemplo para la industria de alimentos el CO₂ es escogido por su moderada presión y temperatura crítica (1070psig - 31.1°C), por ser inerte, poco costoso, no inflamable, ambientalmente aceptado, de fácil consecución y de uso seguro. De esta manera la separación de ácidos grasos poliinsaturados depende de su tamaño molecular más que de su grado de insaturaciones (Sihvonen, *et al.*, 1999)

Este trabajo buscó extraer y caracterizar el aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por medio de extracción Soxhlet y fluidos supercríticos.

Materiales y métodos

Recolección de residuos del beneficio de trucha arco iris

Las vísceras y las carcasas de trucha arco iris fueron suministradas por la empresa Truchas del Jardín, localizada en el municipio de Jardín, a 114 kilómetros de la ciudad de Caldas, a 1750 M.S.N.M, con una temperatura promedio de 19°C, con coordenadas geográficas: Latitud Norte 5°35'58" y Longitud Oeste 75°50'05".

Pruebas bromatológicas

Las materias primas fueron secadas en un horno eléctrico, a una temperatura de 65 °C; el contenido de

humedad fue determinado en un horno eléctrico MEMMERT®; el contenido de grasa, por el método Soxhlet. (Brum, Arruda, Regitano-D'arce, 2009). El contenido de cenizas fue determinado en una MuflaBorel® a 500 °C. El nitrógeno(N) proteico fue determinado por el método de Kjeldahl, según la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1997) (equipo VELP-Scientific®-UDK 142-Automatic Distillation-Unit). El valor calorimétrico se determinó en una bomba calorimétrica de tipo isoperibolParr 6200®.

Extracción de aceite

Soxhlet

Se utilizó el método planteado por Brum *et al.*, (2009), utilizando n-hexano como solvente a una temperatura de 68-70 °C durante 4 horas. Finalmente, el solvente fue removido por evaporación a presión reducida.

Extracción por fluidos supercríticos

El equipo que se utilizó para la extracción a escala de laboratorio tiene las siguientes especificaciones: extractor Tharcon® tanque de extracción de 1 litro, bomba neumática con potencia máxima de 10.000 libras por pulgada cuadrada (psi), sistema de calentamiento por resistencias con temperatura máxima de 120 °C y dos tanques separadores. Se determinaron las mejores condiciones de extracción en el equipo, mediante la evaluación de un intervalo de presiones y temperaturas; otras variables como el tiempo de extracción, el tamaño de partícula, la humedad del material y el flujo de solvente se fijaron de antemano. Las condiciones finales de extracción fueron 250 barias (bar), 45 °C, por 60 minutos.

Perfil de ácidos grasos

Las muestras de aceite obtenidas de cada una de las extracciones fueron analizadas mediante cromatografía gaseosa con detección de ionización de llama (GC-FID) (Shimadzu® MFCG-003). Las muestras se prepararon de acuerdo con el método oficial AOCS-Ce-1c-89.

Análisis estadístico

Las medias obtenidas de las mediciones por triplicado se compararon utilizando pruebas t-student (análisis de pares) o ANOVA (análisis de grupos), con un test de comparación múltiple de Newmal-Keuls, considerando estadísticamente significativas diferencias con valor

p < 0.5. Se empleó el paquete estadístico Prisma 5.0 for Windows (GraphPadPrism, San Diego CA, USA).

Resultados

Las pruebas bromatológicas que se hicieron sobre las materias primas arrojaron los siguientes resultados que se indican por muestra y por promedio en la tabla 1: el contenido de humedad para huesos y músculo intercostal fue de 1,41%, para cabezas, 2,18% y para vísceras 2,68%; se encontraron diferencias estadísticas entre los tres promedios (p<0,05). El mayor contenido de grasa en porcentaje fue para las vísceras con el 42,32%, seguido por huesos y músculo con 34,79% y en menor porcentaje, las cabezas con un 28,57%; se encontraron diferencias estadísticas significativas (p<0,05) para este valor entre las materias primas. El porcentaje de minerales fue mayor en los huesos y músculo intercostal con el 18,11%; el cual fue significativamente mayor (p<0,05) con respecto a los otros dos resultados para vísceras y cabezas (17,05% y 16,71% respectivamente), no hubo diferencias entre estos últimos datos. En cuanto al porcentaje de proteína, el mayor valor fue para huesos y músculo intercostal, seguido por las cabezas y por último las vísceras (18,13%, 17,71% y 15,83% respectivamente), no se presentaron diferencias estadísticas entre los dos primeros datos, pero si entre estos y el porcentaje de proteína de las vísceras (p<0,05). Para el valor de energía se agrupó cabezas y huesos-músculo intercostal en una sola muestra y aparte la

materia prima vísceras, los valores obtenidos fueron 5414,41cal/g y 6068,01cal/g, respectivamente.

Con los resultados obtenidos del análisis proximal de las diferentes materias primas se decidió trabajar con las vísceras en vista de su mayor contenido de extracto etéreo (42,32%). La tabla 2, resume los hallazgos del perfil lipídico obtenido por Soxhlet y por FSc., a través de cromatografía gaseosa. Por el método Soxhlet se obtuvo una cantidad de grasa insaturada del 68,6%, grasa mono-insaturada de 51,58%, grasa poli-insaturada de 17,01%; grasa saturada de 27,73%; para un valor de grasa total de 99,64%. A su vez el contenido de omega-3 fue de 0.85%, omega-6 de 16.16% y Omega-9: 38.17%; no se obtuvo por este método ni DHA, ni EPA.

Por su parte, el aceite obtenido con el método de extracción por fluidos supercríticos mostró un contenido de grasa insaturada de 69.14%, grasa mono-insaturada 50.82%, grasa poli-insaturada, 17.69%, grasa saturada de 29.20%; grasa total de 99,65%. Los contenidos de omega-3 de 0.90%, omega-6 de 16.78% y omega-9, 36.79%. Por FSc, se pudo obtener un porcentaje de 2,88% para DHA y 0,67% para EPA, lo que indica que la técnica es más apropiada para determinar la composición y concentraciones del perfil lipídico de este tipo de materias primas. Se observaron diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) en los porcentajes de grasa insaturada y en los porcentajes de DHA y EPA para Soxhlet y FSc, en los otros ítems no se observaron diferencias.

Tabla 1. Composición proximal de las materias primas utilizadas para la obtención de aceite

	Muestras	% humedad	% grasa	% minerales	% proteín	Cal/g
Huesos-músculo	1	1,31	31,49	18,14	18,13	5414,41
	2	1,5	35,45	18,29	18,13	
	3	N.D.	37,42	17,91	18,13	
	Promedio	1,41A	34,79±3,02B	18,11±0,19B	18,13A	
Cabezas	1	2,18	27,57	16,44	17,5	6068,01
	2	2,18	29,3	16,82	18,13	
	3	N.D.	28,84	16,88	17,5	
	Promedio	2,18B	28,57 ± 0,89C	16,71 ± 0,23A	17,71 ± 0,36A	
Vísceras	1	2,67	44,68	16,7	15,63	6068,01
	2	2,68	40,46	16,83	15	
	3	N.D.	41,83	17,64	16,88	
	Promedio	2,68C	42,32±2,15A	17,05±0,5A	15,83±0,95B	

N.D: No Determinado, promedios con letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

Tabla 2. Perfil lipídico por cromatografía de gases para el aceite obtenido por medio de Soxhlet y por FSc

Método	Soxhlet	FSc
Cromatografía gaseosa	%	%
Grasa saturada	27,73	26,71
Grasa insaturada	68,6A	69,14B
Grasa monoinsaturada	51,58	50,82
Grasa polinsaturada	17,01	
EPA (ácido eicosapentanoico)	0 B	0,67A
DHA (ácido docosahexanoico)	0 B	2,88A
Omega 3 (ácido linoléico)	0,85	0,9
Omega 6 (ácido linoleico)	16,16	16,78
Omega 9 (ácido oleico)	38,17	36,79

* Promedios con letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Discusión

Según Averina y Kuttyrev (2011), el perfil de ácidos grasos en los peces varía en función de varios factores tales como temperatura del agua, edad, sexo, especie, tipo de pez y, principalmente, en función del perfil de los ácidos grasos presentes en la cadena alimenticia que pueden ser los del medio natural o de los diversos sistemas de cultivo, y que un perfil lipídico ideal es característico de cada especie, la cual mediante su propio metabolismo absorbe o puede modificar el perfil de los ácidos grasos de la dieta (Bastos, et al., 2006 y Blanco, et al., 2007); de esta manera algunos peces de agua dulce podrían ser considerados como una fuente alternativa de ácidos grasos polinsaturados de la familia omega 3 (ω -3), en vista de su mayor capacidad de alargar y desaturar los ácidos grasos cortos sintetizados por las algas y plantas, como lo indican Sargent, Tochery Gordon-Bell (2002) en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Valenzuela, et al., (2011) reportan valores de ácido eicosapentanoico y de ácido docosahexanoico (EPA y DHA, respectivamente) de 4,5 % y 6,8 %, respectivamente para la misma especie, pero extraídos por hidrogenación; Averina et al., (2011) reportan un contenido porcentual en músculo de trucha arco iris del 5 % de EPA, y del 19 % de DHA; en otra especie de salmónido eurialino, Sun, Xu y Prinyawiwatkul (2006) reportan contenidos muy altos en comparación con otros aceites, 1,64 g/100g de EPA y 1,47/100g de DHA; Sathivel, et al., (2002) reportan en vísceras del bagre del canal (*Ictalurus punctatus*), contenidos de 4,2

mg/g en base seca de DHA; Özogul, Özogul y Alagoz (2006), reportan para el bagre africano (*Clarias gariepinus*), porcentajes de 2,1 % de EPA y 6,72% de DHA, y para la carpa común (*Ciprinus carpio*), porcentajes de 5,9 % de EPA y 8,21 % de DHA; Jabeen y Chaudhry (2011), realizando estudios en grasa, reportan para la carpa común (*Ciprinus carpio*), porcentajes de EPA de 0,3 % y DHA de 0,36 %; para la carpa mayor de la India (*Labeo rohita*), porcentajes de 0,6 % de EPA y 1,27 % de DHA, y para tilapia mozambica (*Oreochromis mossambicus*), porcentajes de 0,4 % de EPA y 0,35 % de DHA. En el presente estudio los porcentajes obtenidos para DHA y EPA por FSc, fueron menores en la mayoría de los casos comparados con las referencias, probablemente se deba a condiciones diferentes en el tipo de secado y/o en las condiciones de extracción; por ejemplo, es conocido que las condiciones de presión y temperatura podrían modularse para orientar la extracción hacia este tipo de sustancias (Sihvonen et al., 1999). Para la ausencia de DHA y EPA a través de Soxhlet; probablemente estos resultados se puedan explicar por la degradación de los mismos durante el secado, ya que son altamente inestables (Valenzuela et al., 2011) o bien por el largo tiempo de extracción que supone este método; de todas maneras el uso de esta metodología permitió determinar el rendimiento de grasa de las muestras; además, suministró la materia prima para determinar el perfil de ácidos grasos de las mismas. Esto deja expuesta la posibilidad de que con unos parámetros más adecuados en la extracción y almacenamiento se pueden lograr unos resultados óptimos.

Guerra-Segura (2012) reporta que el aceite obtenido de manera tradicional de vísceras trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) presenta un bajo porcentaje total de omega-3 (1,34 %). En el presente estudio se reportan valores similares de 0,8 % y 0,9 % para Soxhlet y fluidos supercríticos, respectivamente; a pesar que los valores mencionados se relacionan con los reportados, es posible estandarizar los procesos y realizar nuevamente la caracterización de los componentes, ya que estos valores pueden aumentarse si se mejoran las condiciones de secado y extracción.

Según Velásquez (2008), muchos factores han incrementado la necesidad de desarrollar nuevas técnicas para la obtención de diferentes productos con varios propósitos, entre ellas, el elevado precio de solventes orgánicos, restricciones medioambientales y el requerimiento de productos con extremada pureza por parte de las industrias médicas y alimenticias (Shahidi et al., 1988). La extracción por fluidos supercríticos es un proceso que puede evitar algunos de los problemas que presentan los métodos tradicionales de se-

paración. En este caso, por ejemplo, la tecnología de extracción por fluidos supercríticos logró la obtención de un aceite de similar calidad al obtenido por Soxhlet, pero empleando una cuarta parte del tiempo (1 hora contra 4 horas), menor temperatura (45 °C contra 80 °C) y sin utilizar solventes orgánicos (Dióxido de carbono presurizado contra n-hexano). Las perspectivas son grandes, se espera seguir trabajando para poder alcanzar la estandarización del proceso, en vista de que existen reportes de que la técnica de fluidos supercríticos podría ser más efectiva hacia cierto tipo de ácidos grasos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema de Investigación La-sallista por la financiación del proyecto que dio origen a este trabajo.

Referencias

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). (1997) Official Methods of Analysis of AOAC: MÉTODO AOAC 954.01 (coeficiente 6.25) Método Micro kjeldhal.

Averina E, Kutyrev I. Perspectives on the use of marine and freshwater hydrobiont oils for development of drug delivery systems. *Biotechnol Adv.* 2011;5:548-557

Bastos A, Baish A. Perfil de ácidos grasos da pele e músculo de *Balistes caprisus* e *Menticirrhus litoralis*, pescados na região sul do Brasil *Rev Inst Adolfo.* 2006;65:94-99.

Blanco M, Sotelo C, Chapela M, Pérez-Martín R. Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. *Trends Food Sci Technol.* 2007;18:29-36.

Brum A, Arruda L, Regitano-D'arce M. Método de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal, *Rev Química Nova.* 2009;32:849-854.

Cmolik J, Pokorny J. Physical refining of edible oils. *Eur J Lipid Scien Technol.* 2000; 102: 472-85.

Gonçalves A, Souza-Soares L. Lipídios em Peixes. *Vetor, FURG, Rio Grande.* 1998;8:35-53.

Jabeen F, Chaudhry AS. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chem.* 2011;125:991-996.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de pesca y Acuicultura de la FAO. Roma: FAO.

Özogul Y, Özogul F, Alagoz S. Fatty acid profiles and fat contents of commercially seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparaty study. *Food Chem.* 2007;103:217-223

Rodríguez-Márquez G. La industria de los pequeños pelágicos y la industria de la harina y el aceite de pescado en América Latina. FAO/Programa de Investigación de GLOBEFISH. 1993;20:31-40.

Sargent JR, Tocher DR, Gordon-Bell J. 2002. The Lipids. *Fish Nutrition, Third Edition*, pp. 181-257, Elsevier Science (USA).

Sathivel S, Prinyawiwatkula W, Grimmb CC, Kinga JM, Lloyd S. FA Composition of Crude Oil Recovered from Catfish Viscera. *JAACS.* 2002;79(10):989-992.

Shahidi F, Wanasundara UN. Omega-3 fatty acid concentrates: nutritional aspects and production technologies. *Food Sci Technol.* 1998; 9:230-240

Guerra-Segura J. 2012. Extração e caracterização de óleos de resíduos de peixes de água doce. Tese de Dissertação de Mestrado de Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidad de São Paulo, Pirassununga.

Sihvonen M, Jäärvenpää E, Hietaniemi V, Huopalahti R. Advances in supercritical carbon dioxide technologies. *Trends Food Sci Technol.* 1999;10:217-222.

Sun T, Xu Z, Prinyawiwatkul W. FA Composition of the Oil Extracted from Farmed Atlantic Salmon (*Salmosalar L.*) Viscera. *Journal of the American Oil Chemists Society (JAACS).* 2006;83(7):615-619.

Valenzuela A, Tapia OG, González E, Valenzuela BA. Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Rev Chil Nutr.* 2011;38(3):356-367.

Velásquez A. La tecnología de fluidos supercríticos, un proceso limpio para el sector industrial. *Revista Producción + Limpia.* 2008;3:98-104.