

## Extracción y caracterización de aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Catalina Torres Toro<sup>1</sup>, Julián Londoño Londoño<sup>2</sup>, Sara Hincapié Ávila<sup>3</sup>, Carlos Arturo David Ruales<sup>4</sup>.

### ■ Resumen

**Introducción.** La producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia soporta el 11,36 % de la producción nacional, y Antioquia es el principal productor nacional con aproximadamente el 38 %. En el proceso de producción se generan diferentes subproductos y desechos que corresponden aproximadamente al 19 % del peso vivo (PV). Tradicionalmente los aceites de origen animal son extraídos por calentamiento de los tejidos en presencia de un solvente orgánico (Soxhlet) y dentro de los métodos modernos de fraccionamiento se encuentra el de fluidos supercríticos.

**Objetivo.** Extraer y caracterizar el aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por medio de Soxhlet y fluidos supercríticos.

**Materiales y métodos.** Vísceras y carcasas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se secaron, se molieron, se determinó humedad, valores bromatológicos y microbiológicos en todas las muestras por triplicado; se hizo extracción por el método Soxhlet y por fluidos supercríticos; al producto final se le hizo el perfil de ácidos grasos. **Resultados.** Los microbiológicos realizados a carcasas y vísceras no arrojaron presencia de *E. Coli* en ninguna de las muestras; los bromatológicos promedio fueron: humedad, 2.1 %; grasa, 34,2 %; cenizas, 17.3 %; proteína, 17.2 %; un valor calorimétrico de 5414,4141 cal/g para carcasas y un valor de 6068,0078 cal/g para las cabezas. El perfil lipídico del aceite obtenido por Soxhlet presenta 68.6 % de grasa insaturada y 27.73 % de grasa saturada; por su parte, para el aceite obtenido por fluidos supercríticos se obtuvieron 68.5 % y 29.2 % de grasa insaturada y grasa saturada, respectivamente.

**Palabras clave:** Fluidos supercríticos, peces, Soxhlet, desechos, subproductos.

1 Estudiante del Programa de Zootecnia. Corporación Universitaria Lasallista

2 QF. PhD Profesor del Programa de Ingeniería de Alimentos. Corporación Universitaria Lasallista

3 Ing. Alim. Joven Investigadora Grupo GRIAL. Corporación Universitaria Lasallista

4 Biol. Esp. MSc. Profesor del Programa de Zootecnia. Corporación Universitaria Lasallista. Correo

para correspondencia: cadavid@lasallistadocentes.edu.co



## Extraction and characterization of fish oil products derived from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

### ■ Abstract

**Introduction.** The production of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Colombia supports 11.36% of the national production and Antioquia is the leading producer, with about 38%. Several waste products are generated in the production process, corresponding to approximately 19 % of the body weight (BW). Traditionally, animal oils are extracted by heating the tissue in the presence of an organic solvent (Soxhlet) and one of the modern methods of fractionation is the supercritical fluid extraction. **Objective.** To extract and characterize the fish oil derived from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) byproducts, via the Soxhlet and supercritical fluids methods. **Materials and methods.** rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) carcasses and viscera were dried and ground. Also, the moisture and the bromatological and the microbiological values were measured for all of the samples, in triplicate. The Soxhlet and the supercritical fluids methods were used to make the extraction. A fatty acids profile was applied to the final product. **Results.** The results of the microbiological tests showed no *E. coli* in any of the samples. The average bromatologic values were: moisture: 2.1 %; fat: 34.2 %; ashes: 17.3 % and protein: 17.2 %. The carcasses had a 5414.4141 cal/g calorimetric value and the heads had a 6068.0078 cal/g value. The lipid profile of the oil obtained by the use of the Soxhlet method showed 68.6 % of unsaturated fat and 27.73 % of saturated fat. For the oil obtained by the use of the supercritical fluids method, the unsaturated fat was 68.5% and the saturated fat was 29.2 %.

**Key words:** Supercritical fluids, fish, Soxhlet, waste byproducts.

## Extração e caracterização de óleo de peixe derivado de subprodutos de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*)

### ■ Resumo

**Introdução.** A produção de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) na Colômbia suporta 11,36% da produção nacional e Antioquia é o principal produtor nacional com aproximadamente 38%. No processo de produção se geram diferentes subprodutos e refugos que correspondem aproximadamente a 19 % do peso vivo (PV). Tradicionalmente os óleos de origem animal são extraídos por aquecimento dos tecidos em presença de um solvente orgânico (Soxhlet) e dentro dos métodos modernos de fracionamento se encontram, o de fluidos supercríticos. **Objetivo.** extrair e caracterizar o óleo de peixe derivado de subprodutos de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) por meio de Soxhlet e fluidos supercríticos. **Materiais e métodos.** vísceras e carcaças da truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) secaram-se, moeram-se, determinou-se umidade, valores bromatológicos e microbiológicos em todas as mostras por triplicado; fez-se extração pelo método Soxhlet e por Fluidos Supercríticos, ao produto final se lhe fez o perfil de ácidos gordurosos. **Resultados.** os microbiológicos realizados a carcaças e vísceras não arrojaram presença de *E. Coli* em nenhuma das mostras; os bromatológicos média foram: umidade 2.1%; gordura 34,2%; cinzas 17.3%; proteína 17.2 %; um valor calorimétrico de 5414,4141 cal/g para

carcaças e um valor de 6068,0078 cal/g para as cabeças. O perfil lipídico do óleo obtido por Soxhlet apresenta 68.6% de gordura insaturada e 27.73% de gordura saturada; por sua vez para o óleo obtido por fluidos supercríticos se obteve 68.5% e 29.2% de gordura insaturada e gordura saturada respectivamente.

**Palavras importantes:** Fluidos supercríticos, peixes, Soxhlet, refugos, subprodutos.

## ■ Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2012), 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 sustenta su producción (más del 95 %) por tres especies: tilapia roja (*Oreochromis spp*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Corporación Colombia Internacional, 2010). Hoy en día se producen aproximadamente 6795 toneladas en Colombia, y de esta producción nacional, 1836 toneladas son aportadas por el departamento de Antioquia (38 %)(CCI, 2010).

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 (Cmolíc 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).

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 carcasas, cabezas, vísceras

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; sus coordenadas geográficas son: 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 por 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 barías (bar), 45 °C, 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 (GraphPad Prism, San Diego CA, USA).

### Resultados

Al realizar las diferentes pruebas que se establecieron para la extracción y caracterización del aceite de pescado las pruebas bromatológicas arrojaron los siguientes resultados:

**Humedad:** El contenido de humedad deseado en la harina deberá ser inferior a 7 % para evitar descomposición de las muestras por contaminación microbiológica. El promedio obtenido fue 2,1 % (tabla 1).

**Cenizas:** Los resultados muestran un promedio total de 17.3 %; este valor está directamente relacionado con la cantidad de calcio contenido en la materia prima, ya que entre la mezcla de subproductos están las espinas de la carcasa; (tabla 1).

**Proteína:** Los valores proteicos promedio fueron un 17,22 %, que indican que a pesar de ser considerados desechos presentan valores interesantes en cuanto a la concentración de este macronutriente (tabla 1).

**Calorimetría:** Este proceso se le realizó para carcasas y cabezas; los resultados obtenidos fueron 5414,41 cal/g y 6068,01 cal/g (tabla 1).

**Tabla 1.** Valores obtenidos de las pruebas bromatológicas

	Muestras	% Humedad	% Grasa	% Minerales	% Proteína	Cal/g Calorimetría
CARCASAS	1	1,31	31,49	18,14	18,13	
	2	1,50	35,45	18,29	18,13	5414,41
	3	N.D	37,42	17,91	18,13	
	Promedio	1,41 <sup>a</sup>	34,79 <sup>a</sup>	18,11 <sup>b</sup>	18,13 <sup>a</sup>	
CABEZAS	1	2,18	2,04	16,44	17,50	
	2	2,18	2,04	16,82	18,13	
	3	N.D	28,84	16,88	17,50	6068,01
	Promedio:	2,18 <sup>b</sup>	35,94 <sup>b</sup>	16,71 <sup>a</sup>	17,71 <sup>a</sup>	
VÍSCERAS	1	2,67	44,68	16,70	15,63	
	2	2,68	40,46	16,83	15,00	
	3	N.D	41,83	17,64	16,88	
	Promedio	2,68 <sup>c</sup>	31,74 <sup>a</sup>	17,05 <sup>a</sup>	15,83 <sup>b</sup>	
<b>Promedios Totales</b>		<b>2,09</b>	<b>34,16</b>	<b>17,29</b>	<b>17,22</b>	

**N.D:** No Determinado

Superíndices diferentes en promedios de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.5$ )

**Perfil lipídico.** Los resultados para los contenidos de grasa estuvieron por encima del 31 % para todas las materias primas utilizadas, explicables por el hecho de que la especie como tal presenta altos niveles de grasas asociados principalmente a su dieta y al tipo de subproducto utilizado para el ensayo. El promedio del contenido de grasa entre todas las materias primas fue 34.2 %. Se analizaron y se caracterizaron los componentes de los aceites obtenidos por los dos métodos de extracción.

Por el método Soxhlet se obtuvo una cantidad de grasa insaturada de 68,6 %; grasa monoinsaturada de 51,58 %; grasa polinsaturada de 17,01 %; grasa saturada de 27,73; para un

valor de grasa total de 99,64%. El cromatograma arrojó lo siguiente: contenido de omega-3: 0.84 %; omega-6: 16.16 %; Omega-9: 38.17 %, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Perfil lipídico para el extracto oleoso por medio de Soxhlet

Cromatografía	%
GRASA SATURADA	27,72
GRASA INSATURADA	68,59
GRASA MONOINSATURADA	51,58
GRASA POLINSATURADA	17,01
OMEGA 3 (ÁCIDO LINOLÉNICO)	0,85
OMEGA 6 (ÁCIDO LINOLEICO)	16,16
OMEGA 9 (ÁCIDO OLEICO)	38,17



Por su parte, el aceite obtenido con el método de extracción por fluidos supercríticos mostró un contenido de grasa insaturada de 68.5 %; grasa monoinsaturada, 50.82 %; grasa poliinsaturada, 17.69 %; grasa saturada, 29.20 %; grasa total, 99,65 %. Contenidos de omega-3, 0.90 %; omega-6, 16.78 %; omega-9, 36.79 % (tabla3).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.5$ ) al comparar cada uno de los parámetros del perfil lipídico entre el aceite obtenido por Soxhlet y el obtenido por fluidos supercríticos.

## ■ 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 ( $\omega$ -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, Tapia, González y Valenzuela (2011) reportan valores de ácido eicosapentanoico y de ácido docosahexaenoico (EPA y DHA, respectivamente) de 4,5 % y 6,8 %, respectivamente para la misma especie, pero

**Tabla 3.** Perfil lipídico para el extracto oleoso obtenido de la extracción por fluidos supercríticos

Cromatografía	%
GRASA SATURADA	29,20
GRASA INSATURADA	68,50
GRASA MONOINSATURADA	50,82
GRASA POLINSATURADA	17,68
OMEGA 3 (ÁCIDO LINOLÉNICO)	0,90
OMEGA 6 (ÁCIDO LINOLEICO)	16,78
OMEGA 9 (ÁCIDO OLEICO)	36,79

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 eurihalino, 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, Prinyawiwatkul, Grimmb, Kingay Lloyd (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 mozambicus*), porcentajes de 0,4 % de EPA y 0,35 % de DHA. En el presente estudio no se encontraron estos dos ácidos grasos; 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 los sistemas de extracción empleados; por ejemplo, en el caso de fluidos supercríticos, las condiciones de presión y temperatura podrían modularse para orientar la extracción hacia este tipo de sustancias (Sihvonen et al., 1999).

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.

Aunque la determinación de los contenidos de EPA y DHA no fueron determinados por el método Soxhlet, 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.

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 separación. 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). Por lo tanto, 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.

## ■ 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. y Kutyrev, I. (2011). Perspectives on the use of marine and freshwater hydrobiont oils for development of drug delivery systems. *Biotechnol Adv.* Vol. 5 pp. 548-557

Bastos A. y Baish A. (2006). Perfil de ácidos grasos da pele e músculo de *Balistes caprisucus* e *Menticirrhus litoralis*, pescados na região sul do Brasil. *Rev. Inst. Adolfo*, v. 65, pp. 94-99.

Blanco, M., Sotelo, C., Chapela, M. y Pérez-Martín, R. (2007). Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, v. 18, pp. 29-36.

Brum, A., Arruda, L. y Regitano-D'arce, M. (2009). Método de extração e qualidade da fração lipídica de materias-primas de origem vegetal e animal, *Rev. Química Nova*. Vol. 32, pp. 849-854.

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



CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2010A. Sistema de Información de la oferta agropecuaria. Encuesta Nacional Piscícola. Pp. 1-13.

Gonçalves, A y Souza-Soares, L. (1998). Lipídios em Peixes. Vetor, FURG, Rio Grande, Vol. 8, pp. 35-53.

Jabeen, F. y Chaudhry, A.S. (2011). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. Food Chemistry, Vol. 125, pp. 991-996.

Sihvonen, M., Järvenpää, E., Hietaniemi, V. y Huopalahti, R. (1999). Advances in supercritical carbon dioxide technologies. Trends in Food Science & Technology, Vol. 10, pp. 217-222.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de pesca y Acuicultura de la FAO. Roma: FAO.

Özogul, Y., Özogul, F. y Alagoz, S. (2007) Fatty acid profiles and fat contents of commercially seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chemistry, Vol. 103, pp. 217-223

Rodríguez-Márquez, G. (1993). 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, Vol. 20, pp. 31-40.

Sargent, J. R., Tocher, D. R. y Gordon-Bell, J. (2002) The Lipids. Fish Nutrition, Third Edition, pp. 181-257, Elsevier Science (USA).

Sathivel, S., Prinyawiwatkula, W., Grimmb, C.C., Kinga, J.M. y Lloyd, S. (2002). FA Composition of Crude Oil Recovered from Catfish Viscera. JAOCS, Vol. 79, n.º 10

Shahidi, Fereidoon, Wanasundara and Udaya. (1998). Omega-3 fatty acid concentrates: nutritional aspects and production technologies, Trends in Food Science & Technology, Vol. 9, pp. 230-240.

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

Sihvonen, M., Järvenpää, E., Hietaniemi, V. and Huopalahti, R. (1999). Advances in supercritical carbon dioxide technologies. Trends in Food Science & Technology Vol. 10, pp. 217-222.

Sun, T., Xu, Z. y Prinyawiwatkul, W. (2006) FA Composition of the Oil Extracted from Farmed Atlantic Salmon (*Salmosalar L.*) Viscera. Journal of the American Oil Chemists Society (JAOCS), Vol. 83, n.º 7, pp. 615-619.

Valenzuela, A., Tapia, O. G., González, E. y Valenzuela, B.A. (2011). Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. Rev Chil Nutr, Vol. 38, N.º 3. Pp. 356-367

Velásquez, A. (2008). La tecnología de fluidos supercríticos, un proceso limpio para el sector industrial. Revista Producción + Limpia. Vol. 3, pp. 98-104.