



PERFIL LIPÍDICO DE TRUCHAS, UNA BREVE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Received 05 30 2022

Accepted 06 26 2022

Published 06 30 2022

Vol. 39, No.2, pp. 37-43, May./Jun.2022

Revista Boliviana de Química

39(2), 37-43, May./Jun. 2022

Bolivian Journal of Chemistry

DOI: 10.34098/2078-3949.39.2.2



Short review

Peer-reviewed

Huáscar A. Bedregal Salinas Vega, Patricia Mollinedo Portugal*

Food Chemistry Laboratory, Instituto de Investigaciones Químicas IIQ, Chemical Sciences Department, Facultad de Ciencias Puras y Naturales FCPN, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, P.O. Box 303, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria Cota-Cota, phone +59122795878, La Paz, Bolivia, pamollinedo@umsa.bo; habsvjanc@gmail.com www.umsa.bo

Keywords: Trout, Oxidative degradation, PUFAs, Lipids profile, MUFA, ω -3, ω -6

Palabras clave: Trucha, Degradación oxidativa, AGPI, Perfil lipídico, AGMI, ω -3, ω -6

ABSTRACT

Due to the nutritional benefits obtained from the intake of fish meat, its consumption has been constantly increasing, a trend that is not unrelated to Bolivia, which imports approximately 30% of the fish it consumes. In addition to its mineral components, its lipid composition is very important. Polyunsaturated fatty acids or PUFAs are an important nutrient for humans because they are incorporated into cell membranes and metabolism. In addition, they are important in the development and functioning of the nervous system. The fish diet incorporates PUFAs in their tissues in both the omega 3 (ω -3) and omega 6 (ω -6) position, which, in turn, makes them a source of these lipids for humans. The quality of this source is modifiable depending on the food that is supplied to the fish, in the same way, the incorporation of fat-soluble vitamins to their food makes their lipids more resistant to oxidation. This is important since unsaturated lipids are more susceptible to oxidation due to the reactivity of the double bonds. It is important to point out the correct balance between the consumption of PUFAs, monounsaturated and saturated fatty acids because this relationship has an effect on the reduction of atherosclerosis. The nutritional quality of fish lipids is affected by multiple factors, such as climate, diet, and farming conditions..

*Correspondent autor: pamollinedo@umsa.bo

RESUMEN



Debido a los beneficios nutricionales obtenidos de la ingesta de carne de pescado, su consumo ha ido en constante aumento, tendencia que no es ajena a Bolivia que importa aproximadamente el 30% del pescado que consume. Además de sus componentes minerales, su composición lipídica es de mucha importancia. Los ácidos grasos poliinsaturados o AGPI son un nutriente importante para los humanos porque se incorporan a las membranas y metabolismo de las células. Además, son importantes en el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso. La dieta de los peces incorpora AGPIs en sus tejidos tanto en posición omega 3 (ω -3) como en omega 6 (ω -6), lo que, a su vez, los convierte en una fuente de estos lípidos para el ser humano. La calidad de esta fuente es modificable según el alimento que se suministre a los peces, de igual forma, la incorporación de vitaminas liposolubles a su alimento hace a sus lípidos más resistentes a la oxidación. Esto es importante ya que los lípidos insaturados son más susceptibles a la oxidación debido a la reactividad de los dobles enlaces. Es importante señalar el equilibrio correcto entre el consumo de AGPIs, ácidos grasos monoinsaturados y saturados porque esta relación tiene efecto en la reducción de aterosclerosis. La calidad nutricional de los lípidos del pescado se ve afectada por múltiples factores, como el clima, la dieta, y condiciones de crianza.

INTRODUCCIÓN

Los lípidos son energéticos indispensables en la dieta para la provisión de ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico y el ácido linoléico. Éstos tienen importantes funciones biológicas como la respuesta hormonal, de las células, el metabolismo de los tejidos, el transporte de señales hormonales y otras [1].

El análisis de los ácidos grasos de los peces es de gran interés debido a su importancia alimenticia por su contenido en ácidos grasos poliinsaturados, AGPI (Ácidos Grasos Poli-Insaturados), particularmente ω -3, los cuales no son sintetizados por los peces, pero son asimilados de los nutrientes en su dieta [2].

Existe un incremento significativo en la tasa de consumo mundial de estos alimentos ya que al 2018 llegaba a 20,3 Kg per cápita comparado al consumo en 1961 donde solo se consumía 9 Kg per cápita, esto, tomando en cuenta además la producción (pesca y acuicultura) de alrededor de 180 millones de toneladas de producción mundial [3]. En Bolivia, la explotación piscícola llegó a 6581 Toneladas de pescado el año 2009, de las cuales aproximadamente 800 toneladas fueron de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Estos datos hacen de los peces en general un objeto de estudio interesante desde el punto de vista alimenticio.

Los reportes de análisis de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) muestran un contenido total de lípidos entre 2 y 11.6% [4]. Según su origen, su carne puede ser considerada de medianamente grasosa a grasosa. Esta alta variabilidad se debe a la dieta de las truchas (*Oncorhynchus mykiss*), pudiendo en algunos casos llegar al 15.53% de lípidos [5].

Los lípidos de los peces, debido a su composición, pueden llegar a estar constituidos por un 40% de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de cadena larga (14 a 22 átomos de carbono). Éstos, son susceptibles a la oxidación, formando peróxidos los cuales dan al producto olor, textura y sabor poco apetecibles. Este proceso se conoce con el nombre de rancidez.

Estos procesos de oxidación se deben a la simple interacción con el oxígeno del aire y pueden realizarse en cualquier etapa del procesamiento de los peces, desde su captura hasta el consumo [6].

DESARROLLO

Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI) en peces y su importancia

Los peces son la principal fuente de AGPI (PUFA), particularmente de omega 3 (ω -3) en forma de ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Por otro lado, algunas plantas aportan omega (ω -6) en forma de ácido linoleico en la dieta de los seres humanos.

Los peces no son capaces de sintetizar por sí mismos los AGPI debido a la deficiencia genética de la enzima A-15 desaturasa. En cambio, esta enzima sí está presente en las plantas, por lo que éstas tienen la capacidad de síntesis de AGPI a diferencia de los peces. Sin embargo, los peces obtienen los AGPI únicamente a través de su alimentación consistente de algas y plancton ricos en AGPI. Una vez que estos lípidos son consumidos por los peces, éstos son sujetos a la elongación de su cadena produciéndose AGPI de cadenas largas principalmente el ácido araquidónico (20:4) a partir de los ácidos ω -6 y el ácido eicosapentaenoico (20:5) a partir de los ácidos ω -3. En estos procesos de síntesis intervienen las enzimas A-5 elongasa y A-6 desaturasa [7].

La concentración de lípidos en soston tienen un promedio de 26,2% de AGPI, 22% de Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI [MUFA]) y un 52% de Ácidos Grasos Saturados (AGS). Estos lípidos pasan a los tejidos



de reserva como la grasa de los peces que, a su vez, al ser consumidas en una dieta regular pueden llegar a ser asimilados por los seres humanos [8].

Los AGPI se caracterizan por el número y posición de sus dobles enlaces. Son moléculas con una cadena alquílica lineal, donde en uno de los extremos de la cadena presenta un grupo carboxílico ($-\text{COOH}$). De acuerdo a la nomenclatura, el carbono que contiene que el doble enlace será numerado a partir del último átomo de carbono, es decir, aquel en el extremo opuesto al grupo carboxílico. De esa manera se dan los nombres a los AGPI como ω -3 o ω -6, clasificándose así en dos grupos.

Los ácidos ω -6 tienen como precursor al ácido linoleico (18:2), que está presente en aceites vegetales, semillas carnes y huevos, y es el más abundante de los AGPI [9]. Los ácidos ω -3 tienen como su precursor el ácido linoléico (18:3), y es abundante en algunas nueces, semillas, varias legumbres y vegetales de hoja verde. Los ácidos ω -3, tienen gran importancia en el desarrollo cerebral y en las funciones cardiovasculares [10].

En Bolivia, el consumo de pescado el año 2014 fue de 2.2 Kg al año per cápita, y de acuerdo al plan nacional de desarrollo agropecuario de ese año, se planeaba alcanzar los 5.2 kg para el 2018 [11]. El consumo de pescado en Bolivia es de apenas el 2.8% del total de la proteína ingerida, de este porcentaje, el 33% es producto de importación, principalmente de sábalos argentinos y truchas peruanas [12].

Perfil lipídico de las truchas (*Oncorhynchus mykiss*)

El perfil lipídico de los peces varía dentro de una misma especie debido las condiciones medioambientales como la alimentación o la temporada. El tamaño o el estado reproductivo también tienen efecto en el perfil lipídico.

La diferencia por hábitat implica que los peces de aguadulce requieran principalmente ácidos linoléico y/o linoleico, mientras que los peces de mar requieren principalmente ácidos eicosapentaenoico y/o docosahexaenoico, estos últimos, presentes en algas y plancton marítimos.

En el caso de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), su requerimiento de ácidos grasos altamente insaturados es de 0.4 a 0.5 % mientras que su requerimiento de ácido alfa-linolénico (18:3, ω -3) es de 0.7 a 1% en términos de porcentaje en comida seca.

En general, los estudios reportan que las especies de peces con hábitos carnívoros residentes de aguas frías, son buenas fuentes de ácidos Eicosapentaenoicos y docosahexaenoicos.

Si bien, las truchas *Oncorhynchus mykiss*, requieren para su alimentación ácido alfa-linolénico para sintetizar los ácidos EPA y DHA (ambos ω -3), éstos también pueden ser sintetizados por las mismas truchas, en abundancia de ácido gamma-linolénico (ω -6) y deficiencia de EPA y DHA. Sin embargo, en algunos casos esta síntesis podría ser insuficiente [2].

El consumo de una cantidad balanceada de ambos, EPA y DHA, es importante para la salud humana. Entre varios efectos que presentan en el cuerpo humano, se conocen los efectos antagónicos que éstos poseen. El EPA inhibe la formación de lípidos de baja densidad (LDL) los cuales son responsables de la aterosclerosis. Por otro lado, los DHA pueden incrementar la formación de los LDL. Por tanto, es importante una dieta balanceada de ambos. Además, ambos, el EPA y DHA, son importantes por sus funciones tisulares [13].

De la misma manera, hay una importante diferencia en el contenido lipídico en las truchas en estado silvestre o salvajes, con respecto a las de granja, siendo estas últimas las más ricas y consistentes en cuanto a su composición de lípidos. En un experimento con trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), se determinó que el contenido de EPA, DHA y la suma total de ω -3 fue de 6.16, 19.04 y 31.1 % (% de los lípidos totales), respectivamente, y su relación ω -3/ ω -6 fue de 4.54. Comparando truchas salvajes y criadas se encontró que el mayor valor de EPA se encuentra en peces salvajes. Sin embargo, éstos también poseen el menor valor de DHA por lo que su relación ω -3/ ω -6 es la más baja de 2.71 en comparación con los peces criados.

Según el estudio de Rosado-Puccini et al. [14], los huevos de Trucha (*Oncorhynchus Mykiss*) tienen contenidos de ácidos grasos saturados, mono insaturados y poliinsaturados de 29.96, 25.66 y 2.52%, respectivamente. El porcentaje de ácidos ω -3 agrupados está alrededor de 32% y de ω -6 con un valor de 11.1%. Por tanto, tienen una relación ω -3/ ω -6 de 2.9.

Los peces cambian su composición lipídica según la dieta que les es suministrada. En un estudio realizado en Serbia [15] con 3 dietas diferentes, los contenidos de ácidos grasos para truchas adultas fueron:

La dieta 1 estuvo compuesta por: 17% de harina de pez, 13% de harina de sangre, aceite de pescado (10%) y otros. La dieta 2 por 27% de harina de pescado y productos derivados de soya. La dieta 3 por una mezcla de harina de pescado, derivados de soya, maíz, trigo, minerales y vitaminas.

**Tabla 1.** Composición lipídica de truchas según varias dietas (% de lípidos totales)

Fuente: Extraído de [15]

%	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
SFA	22.17	28.63	35.63
MUFA	43.50	40.36	35.00
AGPI	34.33	31.04	29.38
ω -3	21.12	18.75	28.08
ω -6	13.21	12.29	12.30
ω -3/ ω -6	1.60	1.52	1.39

Según trabajos realizados en Estonia [4], los contenidos lipídicos de truchas en diferentes criaderos de truchas en Estonia (A), y muestras finlandesas (B) y noruegas (C) obtenidas en supermercados de Estonia son los siguientes:

Tabla 2. Composición lipídica de diferentes fuentes de truchas (% en peso de lípidos totales). Valores promedios calculados para (A), (B) y valores de (C) obtenidos de Timbergl et al. [4]

%	Estonia, (A)	Finlandia, (B)	Noruega, (C)
AGS	24.2 ± 1.4	22.6	20.5
AGMI	35.8 ± 2.8	39.2	41.6
AGPI	40.0 ± 2.5	38.1	37.9
ω -3	29.5 ± 3.2	25.8	24.3
ω -6	10.6 ± 1.1	12.2	13.6
ω -3/ ω -6	2.8 ± 0.6	1.8	1.8

De forma similar, la composición de los Ácidos Grasos de los peces varía según la condición en la que viven, sea ésta libre o en criaderos como nos indica el trabajo de Dal Bosco et al. [16]. Las truchas marrones (*Salmo trutta fario*) procedentes del río Nero en Italia y otra criada en cautiverio con dieta comercial por el centro de estudios ícticos de la provincia de Perugia tienen la composición lipídica siguiente:

Tabla 3. Composición Lipídica de truchas Italianas silvestre y criadas (mg/100g filete).

Fuente: Extraído de Dal Bosco et al. [16]

*Datos Calculados en base al trabajo fuente

mg/100g filete	Criada	Salvaje	DE
AGS	761.5	862.7	73.5
AGMI	433.9	555.2	92.1
AGPI	1560.6	1118.8	256.3
ω -3*	1234.9*	800.9*	
ω -6*	157.8*	159.2*	
ω -3/ ω -6*	7.8*	5.03*	

En un contexto más próximo a Bolivia, podemos tomar como referencia el siguiente trabajo para considerar la posible composición lipídica de los peces consumidos en Bolivia como es el caso de la caracterización de lípidos en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) del Perú.

Tabla 4. Contenido de ácidos grasos en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) del Perú

Fuente: Extracto de Rodriguez et al. [17]

	%
AGS	25.7 a 26.5
AGMI	23.9 a 26
AGPI	42.3 a 45.6

Oxidación de lípidos



La Oxidación de lípidos es una importante fuente de energía para los animales en el normal desarrollo de su metabolismo. Sin embargo, la oxidación causada por el oxígeno del aire u otras radiaciones, así como los radicales libres que se generan, puede conducir a resultados no deseables en la industria alimentaria. La oxidación de los lípidos está bien estudiada. Los mecanismos que la involucran requieren la presencia de oxígeno o la aparición de peróxidos, lo que es conocido como el valor de peróxidos expresado como ácido tiobarbitúrico.

La peroxidación lipídica tiene 3 etapas que son, iniciación, propagación y conclusión. Comienza cuando un radical libre toma un hidrógeno (o este es desprendido por factores como luz o calor) de un carbono adyacente al doble enlace del lípido, formando un radical libre graso, el cual, toma un oxígeno y forma un radical libre peroxidado. Este radical peroxidado continúa con la reacción dando finalmente lípidos peroxidados, aldehídos y algunos compuestos citotóxicos [17].

Los ácidos grasos de los peces son de cadena larga y poseen varios enlaces no saturados, lo cual es poco frecuente en mamíferos, por tanto, son una importante fuente de AGPI. Sin embargo, esto mismo los hace muy susceptibles a su degradación, lo que conduce a la pérdida de su valor nutritivo, sabor, olor e incluso puede producir anti-nutrientes.

En el caso de las truchas, la concentración de carotenoides procedentes de su dieta y responsables del color característico de la carne de trucha, actúan como inhibidor endógeno para la oxidación de los lípidos al menos en los primeros días de almacenaje [17].

Algunas enzimas como superóxido-dismutasas, glutatión-peroxidasa, catalasa o glutatión-reductasa proporcionan defensa tanto de lípidos como de ADN contra la peroxidación [17].

Las Superóxido dismutasas o SODs catalizan el cambio de 2 radicales superóxidos a peróxido de hidrógeno, el cual, es finalmente transformado en agua por otras enzimas como catalasa o glutatión-peroxidasa GPx.

Estas enzimas varían en cuanto al metal que compone su sitio activo, y con él, varían en su ubicación dentro de las células. Las enzimas que contienen Cobre/Zinc se encuentran en el citoplasma, núcleo, membrana externa, y peroxisomas de la célula, pero también de forma extracelular. En cambio, las que tienen Manganeso se encuentran en la membrana interna de la mitocondria [19].

Catalasa está presente en los peroxisomas, su función es transformar 2 moléculas de peróxido de hidrógeno a 2 moléculas de agua y una de oxígeno.

Las Glutatión-Peroxidasas, catalizan la reducción de los hidroperóxidos pero también puede reaccionar con los hidroperóxidos lipídicos empleando al glutatión reducido. Existen 3 variedades, intracelular, extracelular y una forma específica para los fosfolipoperóxidos [20].

Glutatión s-transferasa son enzimas con actividad desintoxicante, tanto contra compuestos endógenos como exógenos. Reaccionan con compuestos hidrofóbicos que contengan átomos nucleofílicos como Nitrógeno, azufre u oxígeno formando compuestos más fácilmente excretables.

También se ha visto que las moléculas o enzimas antioxidantes podrían prolongar el tiempo de vida útil para los productos y los derivados de pescado y se los puede emplear como conservantes.

Los principales antioxidantes no enzimáticos son la Vitamina C, la cual, debido a su estructura puede ser oxidada por muchas especies que reciben electrones y a la vez son reducidas por la vitamina C. Algunos ejemplos de estas especies que pueden ser reducidas son los radicales (con electrones no apareados) relacionados al oxígeno como superóxido, hidróxido y peróxido [21].

La Vitamina A y carotenoides tienen función antioxidante en los lípidos inhibiendo la proliferación de radicales libres presentes que puedan reaccionar con los ácidos grasos. Estas moléculas funcionan oxidándose a sí mismas a formas estables e impidiendo la propagación de la oxidación [22].

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los trabajos revisados, es notoria la influencia de la alimentación de los peces en la relación de las especies ω -3/ ω -6 que puede variar desde 1.8 hasta 4.3. La relación en las proporciones de ácidos grasos es fácil de controlar a través de la alimentación de los peces en criaderos. No obstante, es también evidente que los peces silvestres tienen una relación ω -3/ ω -6 menor a la de los peces criados y alimentados de forma controlada. Por tanto, los peces criados son una fuente de lípidos insaturados en una relación ω -3/ ω -6 apropiada, con una idoneidad alimenticia mejor a la de los peces salvajes en cuanto a su calidad de ácidos grasos insaturados.

Existe una diferencia en la calidad de los lípidos contenidos en los peces criados y salvajes. Los peces salvajes tienen más ácidos grasos saturados y menos monoinsaturados o poliinsaturados que los peces de criaderos. Esto también evidencia que la calidad de los lípidos de los peces de criaderos es cualitativamente mejor que la de los peces silvestres. No obstante, es necesario profundizar estos estudios ya que la información disponible en este aspecto es limitada.

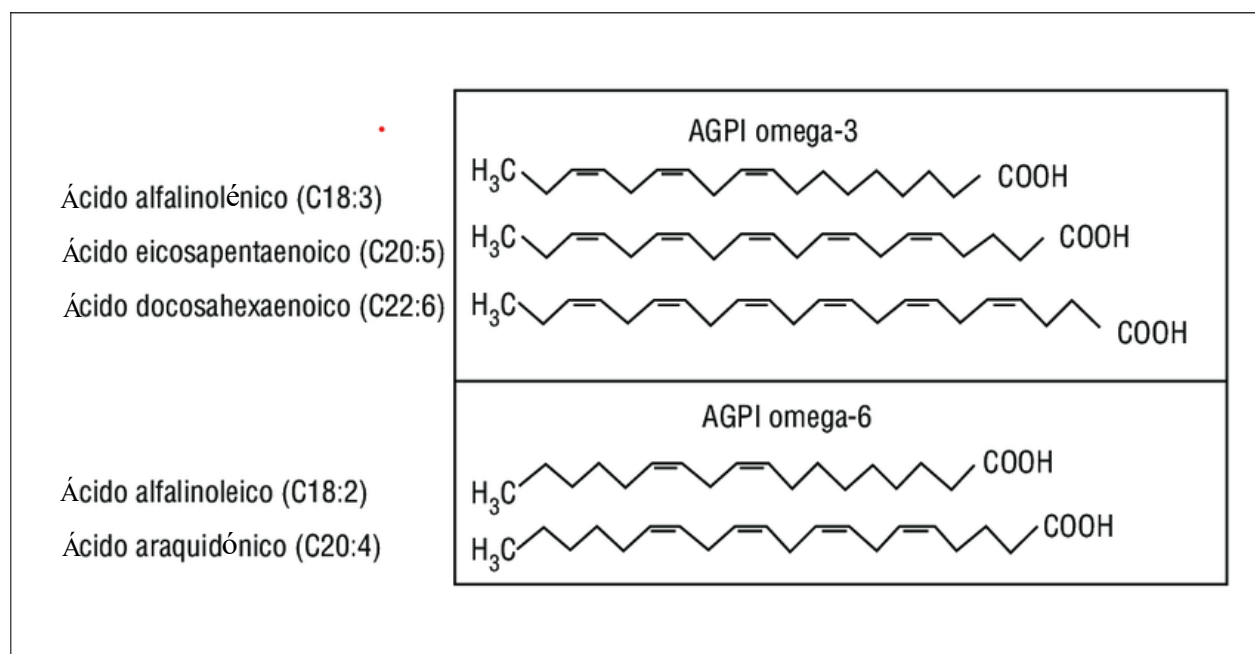


Debido a que los peces se alimentan de seston y de esta manera incorporan los AGPI a sus lípidos, los peces son una fuente atractiva considerando que el seston no es una fuente de alimentos para los humanos.

El contenido de carotenoides en los tejidos de los peces, particularmente en lípidos, los hace menos susceptibles a la oxidación que otros lípidos, sin embargo, es importante manejar una cadena de frío para conservar la frescura de la carne.

APÉNDICE

Estructuras de AGPI omega-3 y omega-6



REFERENCIAS

- Zárate, R., Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J.A., Rodríguez, C. **2017**, Significance of Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids in Human Health, *Clinical and Translational Medicine* 6(25), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0153-6>
- Taşbozan, O., Gökçe, M.A., Fatty Acids, *Fatty acids in fish*, In: *Fatty Acids*, ed by Catalá, A., **2017**, IntechOpen Ltd. London, U.K., 143-159. DOI: <https://doi.org/10.5772/68048>
- FAO. El estado del mundo de la pesca y la acuicultura, FAO, **2020**, Roma, Italia, pp. 1-243. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Timbergl, L., Kuldjarvi, R., Koppell, K., Paalme, T. **2011**, Rainbow Trout Composition and Fatty Acid Content in Estonia, *Agronomy Research*. 9(2), 495-500. https://www.researchgate.net/publication/253327269_Rainbow_Trout_Composition_and_Fatty_Acid_Content_in_Estonia
- Olgunoglu, İ.A. **2017**, Review on Omega-3 (n-3) Fatty Acids in Fish and Seafood, *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 7(12), 37-45. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/37433/38514>
- Secci, G., Parisi, G. **2016**, From farm to Fork: Lipid Oxidation in Fish Products. A Review, *Italian Journal of Animal Science*, 15(1), 124-136. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2015.1128687>
- Robertson, R., Guihéneuf, F., Schmid, M., Stengel, D.B., Fitzgerald, G., Ross, P., Stanton, C. **2013**, *Algae-derived Polyunsaturated Fatty Acids: Implications for Human Health*, In: *Polyunsaturated Fatty Acids: Sources, Antioxidant Properties and Health Benefits*, ed by Catalá, A., **2013**, Nova Science Publishers, New York, U.S.A., pp. 143-159. <https://novapublishers.com/shop/polyunsaturated-fatty-acids-sources-antioxidant-properties-and-health-benefits/>
- Bermúdez, J.R., Winder, M., Stühr, A., Almén, A.K., Engström-Öst, J., Riebesell, U. **2016**, Effect of Ocean Acidification on the Structure and Fatty Acid Composition of a Natural Plankton Community in the Baltic Sea, *Journal Biogeosciences*, 13(24), 6625-6635. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-13-6625-2016>
- Whelan, J., Fritsche, K. **2013**, Linoleic Acid, *Advances in Nutrition*, 4(3), 311-312. DOI:10.3945/an.113.003772
- Stark, A.H., Crawford, M.A., Reifen, R. **2008**, Update on alpha linolenic acid, *Nutrition Reviews*, 66(6), 326-332. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2008.00040.x>
- Flores Mamani, M.N. **2017**, Evaluación Económica de la Producción de Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus Mykiss*) en Jaulas en el Municipio de San Pedro de Tiquina, del Lago Titicaca La Paz, (MSc. Tesis), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, recuperado de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/18378>
- ProChile, **2016**, Estudio de Mercado de Producto Fresco y Congelado de Pescados y Mariscos en Bolivia, pp.1-39. <https://acceso.prochile.cl/documento-biblioteca/estudio-de-mercado-pescados-y-mariscos-frescos-y-congelados-bolivia/>



13. Valenzuela, R.B., Tapia, O.G., Gonzales, E.M., Valenzuela, B.A. **2011**, Ácidos Grasos Omega-3 (EPA Y DHA) y su Aplicación en Diversas Situaciones Clínicas, *Revista Chilena de nutrición*, 38(3), 356-367. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0717-75182011000300011>
14. Rosado-Puccini, R., Landines-Parra, M.Á., Valbuena-Villarreal, R.D. **2014**, Comparación entre Perfiles de Ácidos Grasos en Huevos de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y tilapia roja (*Oreochromis sp.*), *Orinoquia*, 18(2), 260-268. www.scielo.org.co/pdf/rori/v18s1a14.pdf
15. Trbović, D., Vranić, D., Djinovic-Stojanović, J., Matekalo-Sverak, V., Djordjević, V., Spirić, D., Babić, J., Petronijević, R., Spirić, A. **2012**, Fatty Acid Profile in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) as Influenced by Diet, *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(3), 563-573. DOI: <https://doi.org/10.2298/BAH1203563T>
16. Dal Bosco, A., Mugnai, C., Roscini, V., Castellini, C. **2013**, Fillet Fatty Acid Composition, Estimated Index of Lipid Metabolism and Oxidative Status of Wild and Farmed Brown Trout (*Salmo Trutta L.*), *Italian Journal of Food Science*, 25(1), 83-89.
17. Rodríguez, P.H., Rojas, M.S. **2014**, Efecto de Dietas Enriquecidas con Vitamina E y Selenio Orgánico en el Comportamiento Productivo y Calidad Funcional de la Carne de Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 213-225. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v25i2.8494>
18. Zambrano, N.J.A. **2011**, Ingestión de lípidos oxidados: Efecto sobre la Actividad Enzimática Antioxidativa en Trucha Arcoiris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), (MSc Tesis), Universidad Nacional, Colombia, recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9367>
19. Gómez Quiroz, L.E., Cuevas Bahena, D.B. Superóxido dismutasa, In: Radicales Libres y estrés oxidativo, Aplicaciones Médicas, ed by Martínez Moreno, M., **2008**, Manual Moderno, Colombia.
20. Cisnero Prego, E., Pupo Balboa, J., Céspedes Miranda, E. **1997**, Enzimas que participan como barreras fisiológicas para eliminar los radicales libres: III, Glutación peroxidasa, *Revista Cubana de Investigación Biomédica*, 16(1), 10-15.
21. Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J-H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K., Levine, M. **2003**, Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention, *Journal of the American College of Nutrition*, 22(1), 18-35. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719272>
22. McDowell, L.R., Wilkinson, N., Madison, R., Felix, T. **2007**, Vitamins and Minerals Functioning as Antioxidants with Supplementation Considerations, Department of Animal Science, University of Florida. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.489.8085&rep=rep1&type=pdf>
23. Valenzuela Chavira, I. **2014**, Caracterización de la Enzima Glutación S-Transferasa Clase Tau (GSTU) de Mango y su Función en el Transporte de Antocianinas, (MSc Tesis), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México, recuperado de <http://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/397>
24. Ortiz, J., Palma, Ó., González, N., Aubourg, S.P. **2008**, Lipid Damage in Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) after slaughtering and chilling Storage, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(12), 1127-1135. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800131>
25. Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R., Calvani, M. **2004**, Polyunsaturated Fatty Acids: Biochemical, Nutritional and Epigenetic Properties, *Journal of the American College of Nutrition*, 23(4), 281-302. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719371>