

EFFECTO DE LA CONGELACIÓN Y LA FRITURA EN EL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS: (ALFALINOLENICO, EICOSAPENTAENOICO Y DOCOSAHEXAENOICO) EN LA ESPECIE JUREL (*CARANX HIPPOS*)

Beatriz López Marín¹, Alejandro Oviedo Castrillón², Claudia Velásquez Rodríguez³, Claudia María Ramírez Botero⁴, José Contreras Calderón⁵

¹Nutricionista Dietista. Universidad de Antioquia.

²Ingeniero de alimentos. Universidad de Antioquia

³Nutricionista Dietista. Universidad de Antioquia.

⁴Ingeniera Química y Nutricionista Dietista. Universidad de Antioquia.

⁵Ingeniero de alimentos. Universidad de Antioquia

E-mail: beatrizestella@gmail.com y beatriz.lopez@udea.edu.co

RESUMEN

La inclusión en la alimentación Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI) w3, w6 y precursores Docosahexaenoico (DHA), Eicosapentaenoico (EPA), Araquidónico (AA), por sus efectos cardioprotectores, antiinflamatorios y anticoagulantes es importante. Por tanto, se deben buscar fuentes alimenticias con estos nutrientes en especies marinas y la mejor manera de conservarlos. El objetivo de este estudio fue cuantificar los AGPI del pescado Jurel (*Caranx hippos*) y evaluar el efecto de la congelación y fritura sobre estos. Para ello se efectuó un estudio transversal en el Golfo de Urabá (Colombia), donde se analizó el contenido de AG en Jurel fresco, congelado (-20°C) y frito aceite de canola, palma y girasol. Los análisis mostraron que el ALA, el EPA y el DHA de la familia w3, el ARA y el Eicosatrienoico de la familia w6, disminuyeron durante el tiempo de almacenamiento en congelación (día 0-15-30-45-60), pero no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) con respecto al proceso de fritura. Se encontró un aumento significativo de grasa saturada ($p=0.0005$) con aceite de palma e incremento significativo de los MUFAs y los PUFAs con aceite de girasol y canola ($p=0.0005$). En conclusión, la congelación del Jurel no mostró disminución del perfil de AGPI, pero en el proceso de fritura si se presentaron cambios en el contenido de los AG. El mejor aceite para la fritura en el Jurel es el de Canola, ya que por su contenido de ALA mejora la relación w3/w6 en el pescado.

PALABRAS CLAVE: Ácidos grasos w3, ácidos grasos omega-6, congelación, fritura, ácidos grasos poliinsaturados.

ABSTRACT

The inclusion of polyunsaturated fatty acids (PUFA) w3, w6 and Docosahexaenoic precursors (DHA), Eicosapentaenoic (EPA), Arachidonic (AA), in the foods is important due to their cardioprotective, anti-inflammatory and anticoagulant effects. Therefore, it is important to look for food sources with these nutrients in marine species and the best

way to conserve them. The objective of this study was to quantify the PUFAs of the horse mackerel fish (*Caranx hippos*) and evaluate the effect of freezing and frying on these. A cross-sectional study was conducted in the Gulf of Urabá (Colombia), where the AG content was analyzed in fresh, frozen (-20°C) and fried fish in canola, palm and sunflower oil. The analysis showed that the ALA, EPA and DHA of the w3 family, the ARA and the Eicosatrienoic of the w6 family decreased during freezing storage time (day 0-15-30-45-60), but did not show significant differences ($p > 0,05$). Regarding the frying process, a significant increase in saturated fat ($p = 0,005$) was found with palm oil and a significant increase in MUFAs and PUFAs with sunflower and canola oil ($p = 0,0005$). Therefore, it can be concluded that freezing of the horse mackerel did not show a decrease in the PUFA profile, while during the frying process there were changes in the AG content. The best oil for frying the horse mackerel is Canola, because its ALA content improves the w3 / w6 ratio in fish.

KEYWORDS: Fatty acids w3, fatty acids omega-6, freezing, frying, polyunsaturated fatty acids.

I. INTRODUCCIÓN

Es muy conocido que los Ácidos Grasos (AG) son moléculas hidrofóbicas, formadas por una serie lineal hidrocarbonada de grupos metileno y según su estructura química se clasifican como: ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) o poliinsaturados (AGPI), ellos se encuentran en la naturaleza generalmente en configuración CIS. Los AGMI y AGPI son más reactivos que los saturados, los AGPI pueden ser catalogados en 12 familias dependiendo en qué lugar se encuentre el carbono que tiene el doble enlace, las familias más importantes en términos de salud son lo w3 y w6, sus precursores el Ácido Linoleico w6 (LA) y Ácido Alfa-linolénico-w3 (ALA)(Ratnayake y Galli 2009). El w3 es un AGPI de 18 carbonos con 3 enlaces dobles iniciando desde el carbono 3, el w6 es un AGPI de 18 carbonos con 2 enlaces dobles iniciando desde el carbón 6 (Rodríguez-Cruz y otros 2005).

Humanos y animales pueden sintetizar AGS y AGMI, pero carecen de las enzimas necesarias para introducir un doble enlace CIS en las posiciones w3 o

w6 de una AG y poder sintetizar ALA o LA, lo que los hace esenciales (Mozaffarian D, 2006). Del w3 y 6 se derivan los eicosanoides (prostaglandinas, tromboxanos, prostaciclina y lipoxinas), el w3 es el precursor de los AGPI EPA y DHA, el w6 es el precursor del AA (Adkins y Kelley 2010). Tanto el w3 como el w6 comparten ruta metabólica común, en la cual compiten por las enzimas necesarias para insertar insaturaciones o elongaciones para aumentar el número de carbonos de la cadena, sin embargo, estudios muestran que los humanos son poco eficientes en la síntesis de AGPI a AGPI de cadena larga como EPA y DHA, reportando valores de conversión de EPA de casi el $\approx 8\%$ y para el DHA de $< 0,1\%$ (Poudyal y otros 2011).

Los eicosanoides y los docosanooides tienen efectos sobre la salud (Ratnayake y Galli 2009), el EPA se asocia a la protección contra enfermedades cardiovasculares debido a que disminuye los triglicéridos, el colesterol sanguíneo la presión sanguínea y tiene efectos antitrombóticos y antiinflamatorios, es importante recordar que el efecto cardioprotector de los AGPI

w3 depende también de una adecuada relación entre los w3/w6 (Valenzuela y Sanhueza 2009). El DHA es importante para la formación del sistema nervioso y visual, además contribuye con la capacidad de memorizar y por ende con el aprendizaje de las personas (Endo y Arita 2016), se ha visto su efecto en el aumento del coeficiente intelectual del niño y como factor protector en los trastornos de conocimiento y enfermedades como Alzheimer, Parkinson entre otras (Valenzuela y Sanhueza 2009).

La FAO y la OMS recomiendan un consumo diario de por lo menos 500 mg/día de EPA + DHA en los adultos, en el caso de los lactantes y niños la recomendación está en torno a 150 mg/día de DHA (A.P Simopoulos y otros 1991, A.P. Simopoulos 2002), la dosis para embarazadas según el National Institute of Health es de 300 mg/día. A nivel mundial se recomienda aumentar la ingesta de EPA y DHA de fuentes marinas gracias a su Biodisponibilidad (Valenzuela y Sanhueza 2009, Sahari y otros 2014).

Por los beneficios antes mencionados y por la poca eficiencia del humano para sintetizar estos componentes tan importantes, es necesario buscar alimentos fuentes de estos AGPI. Los w3 se pueden encontrar en vegetales siendo las semillas de Chía y de Linaza las fuentes más ricas (Poudyal y otros 2011). Peces marinos como la macarela, salmón y sardinas son excelentes fuentes de EPA y DHA. El aceite de estos peces contiene hasta un 60% de EPA y DHA. Aceites de algas actualmente están siendo considerados como fuentes alternas de EPA + DHA + AA (Ratnayake y Galli 2009, Valenzuela y Sanhueza 2009, Sahari y otros 2014), por los beneficios de salud y nutricionales derivados del consumo de AG w3 de origen marino, estos son recomendados

por las autoridades de salud y nutrición en todo el mundo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997).

Suplementos a partir de aceite de pescado y la comida de mar son las principales fuentes de EPA y DHA en la dieta humana. Los peces no sintetizan AGPI de cadena larga de la serie w3, pero acumulan EPA y DHA por consumo de plancton y algas como parte de la cadena trófica marina (Guedes y otros 2011), lo que convierte a las algas marinas y de agua dulce como la principal fuente de EPA y DHA en la biosfera, ya que sintetizan AGPI de cadena larga a partir de sus precursores (Gladyshev y otros 2013). Por consiguiente la búsqueda de fuentes alimenticias de éstos nutrientes, está tomando un nuevo impulso, lo que hace importante conocer que otros alimentos entre ellos los recursos pesqueros pueden aportar estos nutrientes, para poder obtener de ellos los beneficios que ofrecen para la salud; en una de las investigaciones realizadas por los autores de este artículo, se encontró que el Jurel (*Caranx hipos*) una especie migratoria capturada en el golfo de Urabá, Caribe colombiano, es uno de los pescados más comercializados y consumidos en la zona, a nivel regional, nacional e internacional, este recurso pesquero tiene un contenido de AGPI importantes (EPA: 5.26 Y DHA 15.08) sin embargo es necesario indicar la mejor forma de conservar estos nutrientes durante su proceso de comercialización y consumo, debido a que su exposición al oxígeno, la luz o cambios de temperatura extremos pueden llevar a pérdida por oxidación lipídica (Guerrero y otros 1994), para evitar que estos se pierdan y puedan ser llevados al consumidor final logrando su máximo aporte.

La congelación es un mecanismo de conservación que ayuda a disminuir la actividad enzimática y bioquímica, reduciendo el deterioro de los alimentos y sus nutrientes, siendo el más empleado en productos de mar, además las bajas temperaturas que se emplean en la congelación generan la conversión del agua del alimento en hielo, lo que reduce la actividad acuosa y por ende la proliferación de microorganismos patógenos (Jiang y Lee 2004). En los pescados conservados por este método especialmente los grasos, se puede presentar la oxidación lipídica, una reacción bioquímica que permite el desarrollo de malos olores y deterioro de los AGPI (Jiang y Lee 2004).

Por otro lado, una de las formas más empleadas para preparar este alimento es la fritura, la cual consiste en sumergirlo totalmente en un volumen de aceite vegetal o grasa animal previamente calentado entre 160°C y 180°C, para generar una cocción uniforme, provocando una costra alrededor del producto con propiedades organolépticas deseadas (Gladyshev y otros 2013). Durante este proceso se generan cambios importantes en la composición inicial del alimento especialmente en el contenido de grasa por las características propias del aceite o grasa empleado, del proceso de fritura y de la composición inicial del alimento ya que hay una transferencia de masa de los componentes de los alimentos al aceite y viceversa (Koh y Surh 2015). Según el tipo de aceite empleado para la fritura se puede afectar el perfil de AG contenidos en el alimento, ya que cada tipo de aceite contiene distintas proporciones de los AG con los cuales se mejora o no el perfil del alimento (Neff y otros 2014).

En Colombia no se tiene información sobre el efecto que puedan tener los AGPI w3 (ALA, EPA y DHA) en el Jurel

(*Caranx hippos*) durante la congelación y como se puede afectar la relación w3/w6 al ser sometido a fritura. Por tal razón este estudio puede proporcionar información valiosa que permita mejorar las condiciones de almacenamiento y preparación, aprovechando al máximo las propiedades saludables de los AG del Jurel.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del almacenamiento en congelación y fritura con diferentes aceites sobre el contenido de ALA, EPA y DHA del Jurel (*Caranx hippos*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados fueron todos de grado analítico, Metanol, cloroformo, ácido clorhídrico (HCl), Hexano, Hidróxido de Sodio, Sulfato de Sodio anhidro (Na₂SO₄) proporcionados por Merck (Darmstadt, Alemania), estándar interno Gliceril triundecanoico C_{11:0} ≥98% proporcionado por SIGMA-ALDRICH (San Luis, MO, Estados Unidos), un estándar analítico de metil ésteres de ácidos grasos: Food Industry FAME Mix, 37 componentes comprado a Restek (Bellefonte, PA, USA), Trifluoruro de Boro (BF₃/MeOH) en metanol al 14% proporcionado por PANREAC Applichem (Gatersleben, Saxony-Anhalt, Germany), Material de Referencia Certificado (MRC) SMR 1946 Lake Superior Fish Tissue suministrado por NIST (Washington, DC, USA), atún en aceite adquirido en un supermercado local como muestra problema para la evaluación de algunos parámetros de la validación.

Muestreo. El Jurel (*Caranx hippos*), para este estudio se capturó en cuatro sectores de la zona Delta del río Atrato del Golfo de Urabá del Caribe Colombiano (Bocas del Roto, Bahía Candelaria, Bocas del Atrato y Bocas de Maryrio). Para el estudio se recolectaron 12 especies que presentaran talla

comercial (mínimo 49 cm de longitud total)(Aunap, Universidad del Magdalena, y MinAgricultura, 2013), una vez capturados estos fueron anestesiados en una solución de eugenol a una concentración de 2 ml por cada 5 L de agua para proceder a su sacrificio. Posterior a esto se transportaron en una nevera de polietileno de alta densidad con hielo hasta un laboratorio en la zona (Turbo/Antioquia). De cada muestra se obtuvo 100 g de filete mediante un muestreo por cuarteo y cada una de estas se analizó por triplicado.

Tratamiento de las muestras. Los peces capturados fueron evaluados por un biólogo "in situ" en el laboratorio local en cuanto a color y brillo de la piel, color de la parte comestible, firmeza y olor del pescado para determinar su frescura. Se midieron nuevamente (cm), se pesaron (g), evisceraron, también fueron cortados separando la cabeza y las espinas obteniendo filetes de más de 500 g con piel, que fueron empacados en bolsas plásticas con sello hermético y marcadas adecuadamente para ser congeladas y transportadas vía aérea en nevera portátil con adición de hielo hasta el laboratorio del grupo de investigación ubicado en la ciudad de Medellín (Antioquia), donde se realizó el estudio y el análisis de los AGPI-CL.

En el laboratorio los filetes fueron fraccionados en tamaños de 100g, empacados también en bolsas plástica resellables de polietileno de baja densidad, pero de una dimensión menor (40 cm x 30 cm), para luego ser congeladas durante dos meses a una temperatura de -20°C, tras lo cual se hizo el seguimiento de los posibles cambios en el contenido de los AGPI a los 15, 30, 45 y 60 días de almacenamiento.

Para la fritura los filetes se colocaron en una malla de alambre y se sumergieron

en aceite de girasol, aceite canola y aceite de palma en una freidora durante 5 min a 170°C con una relación aceite/muestra (7:1) para garantizar que la temperatura interna del producto fuera $\geq 70^{\circ}\text{C}$. Después de la fritura, las muestras fueron colocadas en toallas de papel absorbente (Larsen y otros 2010), tras lo cual se procedió a la cuantificación de los AGPI ALA, EPA y DHA y para el cálculo de la relación w3/w6.

Extracción de los lípidos. Se pesaron 2 g de muestra molida y homogenizada, en tubos Falcon. Se adicionó 2 mL de estándar interno C11:0 triundecanoato a 5,00 mg/mL, inmediatamente después se adicionaron 100 mg de BHT para garantizar la estabilidad de los AG durante el proceso, se adicionaron 6 mL de una mezcla metanol:cloroformo (MeOH:CHCl₃) 2:1, y se agitó en vortex por 2 min. Seguidamente se adicionaron 4 mL de CHCl₃ y 4 mL de agua desionizada y se agitó nuevamente en vortex por 2 min. Se tomó la fase orgánica (inferior) con una pipeta Pasteur y se transfirió a un Erlenmeyer 24/40 de 50 mL previamente pesado. Se realizó una segunda extracción adicionando nuevamente 4 mL de CHCl₃ y 4 mL de agua desionizada, agitada en vortex por otros 2 min. Se tomó de nuevo la fase inferior y se adicionó al Erlenmeyer que contenía la primera fase. Se evaporó el CHCl₃ en un horno a 70°C.

Cuantificación de ácidos grasos. El proceso de esterificación de los AG se realizó en Erlenmeyer con la muestra de grasa seca, se adicionaron 4 mL de solución de NaOH en metanol 0.5 M, se llevó a un calentamiento en reflujo hasta que los glóbulos de grasa desaparecieron. Seguidamente se adicionaron 5 mL de una solución de BF₃/MeOH 14% por encima del condensador y se continuó con el

calentamiento por otros 2 min. Luego se adicionaron 4 mL de Hexano por encima del condensador y se continuó con el calentamiento por 1 min. Se retiró el Erlenmeyer del calentamiento, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se adicionó solución saturada de NaCl hasta el cuello del Erlenmeyer. Se permitió la separación de las fases y la fase superior de hexano fue transferida a un tubo Eppendorf, el cual le fue adicionado previamente una poco de Na₂SO₄ anhidro-

Análisis de AG. El análisis por cromatografía de gases (CG) se realizó en un cromatógrafo Agilent 7890B (Agilent Technologies, CA, USA) equipado con auto-muestreador Agilent 7963^a, detector de ionización de llama, puerto de inyección split/splitless (Split 100:1) columna capilar de sílice, TRCN100 de 60 m x 0.25 mm (d.i). La temperatura del inyector fue de 250 °C. El programa de temperatura se inició a 100 °C subiendo hasta 145 °C a una tasa de 8 °C/min, se dejó a 145 °C por 5 min y luego se subió hasta 220 °C a una tasa de 2 °C/min. Se usó helio como gas de arrastre a un flujo de 1.4 mL/min. La temperatura del detector fue de 260 °C. El software utilizado para el tratamiento de los datos fue el Open Labs CDS Chem Station versión C.01.05.

La cuantificación de los AG fue realizada de acuerdo con el método oficial AOAC 996.06 Estándar puro Food Industry FAME MIX (RESTEK) fue usado para la identificación de los AG, el cual se basó en la comparación de los tiempos de retención entre el estándar y las muestras, de la siguiente manera, se calculó el factor de respuesta de FAME presente en el estándar interno, luego se procedió a determinar la cantidad de triglicéridos individuales en la muestra, posteriormente se calculó la cantidad total de grasa en la muestra (como la

suma total de todos los AG); expresados como triglicéridos, luego se obtuvo el peso de cada AG y por último se calcularon los porcentajes de cada tipo de grasa, saturada, monoinsaturada y poliinsaturada, con especificidad para el w3, w6, DHA, EPA y ARA.

Análisis estadístico. Se aplicó ANOVA de medidas repetidas a las variables de estudio donde se hizo la comprobación de los supuestos del modelo: supuesto de homogeneidad de varianza mediante la prueba de esfericidad de Maunchy y prueba de normalidad de residuos mediante el test de Shapiro Wilks. Las variables que no cumplieron con alguno de los supuestos fueron transformadas así: a logaritmo, elevadas al cuadrado y a raíz cuadrada. Si después de ser transformada aun no cumplía supuestos, se analizaron con la prueba no paramétrica de Friedman y aquellas cuyo valor p fue <0.05 requirieron de un análisis por parejas con la prueba de Wilcoxon para identificar en que tiempo de almacenamiento estaba la diferencia.

III. RESULTADOS

Efecto de la congelación sobre el contenido de ALA, EPS, DHA: En la tabla 1 se puede evidenciar que el contenido de grasa total, grasa saturada, grasa monoinsaturada y la grasa poliinsaturada presentó disminución entre el tiempo cero (t₀) y los demás tiempos de almacenamiento. Sin embargo, estadísticamente no hay diferencia significativa (p>0.0005). Con relación a los AGPI se encontró que el ALA, el EPA y el DHA de la familia w3, el ARA y el Eicosatrienoico de la familia w6, también mostraron una disminución a lo largo del tiempo de almacenamiento respecto al t₀, aunque tampoco muestran diferencias estadísticamente significativas (p>0.0005).

Tabla 1. Perfil de AG w3 y w6 en los diferentes tiempos de almacenamiento a -2

VARIABLE (g/100g)	t0	t15	t30	t45	t60	F	P
Grasa Total	3.7423 ± 2.8512	3.4868 ± 2.6256±	3.1075 1.5339	2.2809 ± 0.9340	2.4120 ± 1.0503		0.78±
Grasa Saturada	1.8681 ± 1.5094	1.7957 ± 1.4128±	1.5206 0.7969	1.1809 ± 0.4841	1.1751 ± 0.5425		0.780±
Grasa Monoinsaturada	0.9037 ± 0,8180	0.8370 ± 0.6909±	0.7159 0.4154	0.5644 ± 0.2469	0.5507 ± 0.2819	25.99 0	0.146*
Grasa Poliinsaturada	0.8067 ± 0.4090	0.7011 ± 0.4104±	0.7353 0.2815	0.5489 ± 0.1645	0.5810 ± 0.1921	2.967	0.407*
Ácido α -Linolénico (ALA) C18:3n3	0.0177 ± 0.0123	0.0168 ± 0.0110	0.0154 ±0.010 0	0.0106 ± 0.0064	0.0120 ±0.007 2	0.370	0.825*
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA) C20:5n3	0.1081 ± 0.0488	0.1012 ± 0.0493±	0.1101 0.0638	0.0752 ± 0.0372	0.0852 ± 0.0481	20.35 8	0.165*
Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA) C22:6n3	0.4405 ± 0.1909	0.3753 ± 0.2040±	0.4050 0.1411	0.3513 ± 0.0811	0.3333 ± 0.0944		0.291±
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico C20:3n6	0.0113 ± 0.0072	0.0093 ± 0.0074±	0.0090 0.0052	0.0066 ± 0.0033	0.0068 ± 0.0039	1.173	0.592*
Ácido Araquidónico (ARA) C20:4n6	0.1751 ± 0.1165	0.1505 ± 0.1126±	0.1475 0.0619	0.1059 ± 0.0413	0,1095 ± 0.0414	4.032	0.355*

*ANOVA de medidas repetidas ± Friedman

Efecto de la fritura con los diferentes aceites sobre el contenido de ALA, EPA, DHA y la relación w3/w6: El perfil de AG realizado a los tres tipos de aceites previa utilización en el proceso de fritura (Tabla 2), muestran que el principal componente de grasa del aceite de palma son las grasas monoinsaturadas con un 43,08%, seguido de las saturadas con 42,52% y un 12,98% de grasas poliinsaturadas. El aceite de canola mostró también que su principal componente son las grasas monoinsaturadas con un 58%, seguido

de las grasas poliinsaturadas con un 26,35% y un contenido muy bajo de grasas saturadas del 6,8%. Finalmente, el aceite de girasol mostró que su principal componente son las grasas poliinsaturadas con un 53%, seguido de un 32,5% de grasas monoinsaturadas y un 10,4% de grasas saturadas. En los tres aceites se encontró que el principal AG saturado fue el ácido Palmítico, en la grasa monoinsaturada el ácido Oleico y el componente mayoritario de la grasa poliinsaturada fue el ácido Linoleico.

Tabla 2. Perfil de AG de los Aceites empleados para la fritura.

ÁCIDO GRASO (g/100g)	CONTENIDO		
	CANOLA	PALMA	GIRASOL
Ácido Láurico C12:0	0	0	0
Mirístico C14:0	0	0.8692	0.0605
Palmítico C16:0	4.0579	36.3730	5.5593
Esteárico C18:0	1.7837	4.2730	3.5298
Araquídico C20:0	0.5112	0.4585	0.2639
Behénico C22:0	0.2937	0.0868	0.6991
Lignocérico C24:0	0.1644	0.0847	0.2550
Total, de grasa saturada (%)	6.8109	42.5248	10.3676
Palmitoléico C16:1	0.2022	0.1611	0.0800
Oleico C18:1n9c	56.6207	42.7617	32.2656
Cis-11- eicosenóico C20:1n9	1.0471	0.1548	0.1532
Nervónico C24:1n9	0.1345	0	0
Total, de grasa Monoinsaturada (%)	58.0045	43.0776	32.4988
Linoleico C18:2n6c	19.1866	12.5752	52.9002
A-Linolénico (ALA) C18:3n3	7.1635	0.4026	0.2637
Total, de grasa Poliinsaturada (%)	26.3500	12.9778	53.1639
Grasa Total (%)	91.1654	98.5803	96.0303

El perfil de Ácidos Grasos de las muestras antes y después de las frituras se muestra en la tabla 3. Los resultados indican que el contenido de grasa total aumentó significativamente ($p=0.002$) con respecto al contenido basal, sin embargo, este incremento entre los tres aceites no mostró diferencia significativa. El contenido de grasa saturada presentó un aumento significativo ($p=0.0005$) luego de la fritura con aceite de Palma y aceite de Girasol. Con respecto al contenido de grasa monoinsaturada se observó un aumento significativo ($p=0.0005$) luego de la fritura en Canola y Palma, con relación al contenido basal. En lo que respecta al contenido de grasa poliinsaturada, está también fue significativamente mayor después de la fritura en los 3 aceites ($p=0.0005$), siendo el aceite de Girasol el de mayor efecto.

La grasa saturada, se incrementó en las muestras fritas en aceite de Palma y Girasol, donde se observó además que el AG Palmítico tiene el mayor aporte (Tabla 3).

Lo anterior se debe a que estos dos aceites tienen un buen contenido de este AG, respectivamente de 36,37 y 5,55 g/100g, seguidos del Esteárico el cual muestra un contenido de 4,27 y 3,53 g/en 100g de aceite (Tabla 2). Con la grasa monoinsaturada su aumento con aceite de Canola y Palma está representado principalmente por el AG Oleico el cual es el principal componente de esta grasa en estos aceites, con un contenido de 56,62 g/100g en Canola, 42,76 g/100g en Palma y 32,27 g/100g en Girasol (Tabla 3), lo que afectó considerablemente el perfil de AG inicial del pescado.

Tabla 3. Perfil AG del Jurel, antes y después de la fritura en los 3 aceites.

ÁCIDO GRASO	BASAL	CANOLA	PALMA	GIRASOL	<i>p</i>
Mirístico C14:0 *	0.0770± 0.0517	0.0664± 0.0562	0.1496 ± 0.0966	0.0853± 0.0698	0.279*

<i>Pentadecanóico C15:0 *</i>	0.0330± 0.0266	0.0229± 0.0172	0.0354 ± 0.0262	0.0289± 0.0197	0.834*
<i>Palmitico C16:0 *</i>	1.1489± 1.1082 ^a	0.8892± 0.3504 ^a	3.2277± 0.8173 ^b	1.2607 ± 0.3660 ^a	0.0005*
<i>Heptadecanóico C17:0 *</i>	0.0794± 0.07366	0.0480± 0.0266	0.0716 ± 0.0407	0.0597± 0.0302	0.731*
<i>Esteárico C18:0 †</i>	0.2679 (0.6608)	0.3178 (0.1752)	0.5307 (0.3502)	0.6713 (0.1992)	0.138†
<i>Araquidónico C20:0 †</i>	0.0040 (0.0284)	0.0428 (0.0316) ^a	0.0405 (0.0194) ^a	0.0346 (0.0071) ^a	0.023†
<i>Heneicosanoico C21:0 *</i>	0.0112 ±0.0066	0.0112± 0.0080	0.0172 ± 0.0126	0.0155± 0.0092	0.650*
<i>Behénico C22:0 *</i>	0.0144 ±0.0109 ^a	0.0321± 0.0085 ^b	0.0181± 0.0064 ^{ab}	0.0709± 0.0075	0.0005*
<i>Lignosérico C24:0 †</i>	0.0102 (0.0158) ^a	0.0156 (0.0093) ^{ab}	0.0115 (0.0103) ^a	0.0261 (0.0058) ^b	0.015†
<i>Grasa Saturada *</i>	1.7895± 1.6392 ^a	1.4956 ± 0.5646 ^a	4.2251± 1.1791 ^b	2.2738± 0.6152 ^{ab}	0.0005*
<i>Palmitoléico C16:1 *</i>	0.1811± 0.1559	0.1288± 0.0864	0.1872 ± 0.1329	0.1430± 0.1094	0,849*
<i>Oleico C18:1n9c *</i>	0.6750± 0.7016	4.1316± 1.0359 ^a	3.2178± 0.8061 ^{ab}	2.1812± 0.2460 ^b	0.0005*
<i>cis-11-eicosenoico C20:1n9 *</i>	0.0246± 0.0223 ^a	0.0926± 0.0236	0.0247± 0.0070 ^a	0.0222± 0.0049 ^a	0.0005*
<i>Grasa monoinsaturada *</i>	0.8758± 0.8788 ^a	4.3617± 1.0957 ^b	3.4314± 0.8746 ^{bc}	2.3483± 0.3262 ^{ac}	0.0005*
<i>Linoleico C18:2n6c *</i>	0.0374± 0.0311	1.1902± 0.3269 ^a	0.9289± 0.2890 ^a	4.6539± 0.6716	0.0005*
<i>A-Linolénico (ALA) C18:3n3 *</i>	0.0169± 0.0138 ^a	0.4810± 0.1495	0.0500± 0.0195 ^a	0.0254± 0.0110 ^a	0.0005*
<i>Cis-11,14-eicosadienoico C20:2 †</i>	0.0066 (0.0261)	0.0110 (0.0065)	0.0111 (0.0034)	0.0102 (0.0019)	0.762†
<i>Cis-8,11,14-eicosatrienoico C20:3n6 †</i>	0.0078 (0.0160)	0.0077 (0.0048)	0.0107 (0.0079)	0,0094 (0,0034)	0,457†
<i>Araquidónico (ARA) C20:4n6 *</i>	0.1667± 0.1304	0.1169± 0.0310	0.1430 ± 0.0544	0.1358± 0.0431	0.787*
<i>Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA) C20:5n3 †</i>	0.0182 (0.1054)	0.0491 (0.0994)	0.0589 (0.1742)	0.056 (0.1398)	0.902±
<i>Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA) C22:6n3 †</i>	0.3920 (0.4479)	0.2926 (0.1927)	0.3276 (0.3463)	0.3604 (0.2462)	0.891±
<i>Grasa Poliinsaturada *</i>	0.7535± 0.4758 ^a	2.2433± 0.6310 ^b	1.6967± 0.5274 ^{ab}	5.3286± 0.6875	0.0005*
<i>Grasa Saturada/ Grasa Total (%) †</i>	46.8533 (8.0046) ^a	18.4525 (6.2486) ^b	43.8949 (2.0559) ^a	23.1138 (6.6234) ^b	0.0001±
<i>Grasa Monoinsaturada / Grasa Total (%) *t</i>	20.5211±6 .0907 ^a	51.5852± 3.5584	35.1909± 2.1841	22.5715± 0.2243 ^a	0.0005*

<i>Grasa Poliinsaturada/ Grasa Total (%) *</i>	27.9401± 10.7994a	26.3703± 0.9358 ^{ab}	17.2112± 0.8573 ^b	51.3707± 4.0616	0.0005*
<i>Total, Grasa *</i>	3.5754± 3.1257	8.4659 ± 2.1731 ^a	9.7864 ± 2.6557 ^a	10.4009 ± 1.4171 ^a	0.0002*
<i>Total, w3*</i>	0.5252± 0.2952	0.9161± 0.3239	0.6023 ± 0.3158	0.5196± 0.2258	0.148*
<i>Total, w6*</i>	0.2141± 0.1697	0.1255± 0.0431	0.1559 ± 0.0649	0.1466± 0.0493	0.528*
<i>Relación w3/w6†</i>	3.5241 (1.4937) ^a	7.8012 (4.3340)	4.4046 (2.0135) ^a	4.3196 (1.8416) ^a	0.0006±
<i>Relación SAT/INS†</i>	0.9599 (0.3245) ^a	0.2389 (0.0955) ^b	0.8494 (0.0696) ^a	0.3185 (0.1129) ^b	0.0001±

*ANOVA de medidas repetidas ±Friedman

Para la Grasa poliinsaturada el incremento en las muestras fritas se debe al contenido del AG Linoleico el cual está presente en los 3 aceites en un contenido de 19,19 g/100g de Canola, 12,58 g/100g de Palma y 52,90 g/100g de Girasol (Tabla 2), siendo este el AG de mayor contenido en el aceite de girasol lo que explica por qué las muestras fritas con este aceite fueron las más afectadas en su composición de AG. También se presentó un incremento significativo en el ALA únicamente luego de la fritura con el aceite de Canola, este AG está presente en los tres aceites, reportando un contenido de 7,16 g/100g en Canola, 0,40 g/100g en Palma y 0,26 g/100g en Girasol (Tabla 2).

La relación w3/w6 aumentó significativamente ($p=0.006$) después de la fritura específicamente con el aceite de Canola, aproximadamente en un 121% con respecto a la relación reportada en condiciones basales.

IV. DISCUSIÓN

Los valores reportados por la United States Department of Agriculture Agricultural Research Service (USDA), para el aceite de palma difieren de los encontrados para el presente estudio

debido a que la USDA reporta que el principal componente de este tipo de aceite es la grasa saturada con un 49,3%, seguida de la grasa monoinsaturada con un 37% y de la grasa poliinsaturada con un 9,3% , para la Canola y Girasol encontramos que los componentes de estos dos tipos de aceites son similares a los reportados por la USDA (Tabla 2) (US Department of Agriculture, 2015).

Los resultados sobre el contenido de AGPI del Jurel (Carnax Hippos), Tabla 3, indican que el mayor contenido de AGPI es el DHA (0,39g/100) seguido del ARA (0,168 g/100) y del EPA (0,018g/100), lo cual lo hace una especie fuente de w3 según la normatividad internacional del Codex Alimentarius, el cual indica un consumo para varones y mujeres adultas de 0,250g diarios de EPA+DHA es decir 250 mg/día entre los dos. Este nivel parece ser suficiente para la prevención primaria de las enfermedades cardiovasculares (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997) y al sumar el DHA y EPA de esta especie se reporta 0,408 g/100 g o sea 408mg/100g, aspecto favorable que se debe conservar al máximo reconociendo la importancia de estos ácidos grasos en la salud.

El Jurel almacenado durante 2 meses bajo las condiciones de congelación (-20°C) a las cuales se sometió, no mostró disminución del contenido de ALA, EPA y DHA de manera significativa, aunque si se observó una tendencia a una disminución en el contenido de grasa total y AG que evidencian que bajo estas condiciones, aunque se retrasa la oxidación lipídica, es inevitable detenerla totalmente, por lo que se estima que hasta los 2 meses a esta temperatura de congelación se conserva el alimento y sus propiedades (Sahari y otros 2014). En dicho estudio se evaluó el efecto de la congelación a -18°C en la composición de AG en Jurel español (*Scomberomorus commerson*), atún (*Thunnus tonggol*), kawakawa (*Euthynnus affinis*), Jurel rey (*Scomberomorus guttatus*) y sardina arcoíris (*Dussumieria acuta*) capturados en el Golfo Pérsico. Los resultados mostraron que las especies estudiadas tuvieron una disminución estadísticamente significativa a lo largo del tiempo de almacenamiento (12 meses) en el contenido de grasa saturada, monoinsaturada y poliinsaturada, lo que indica que los AG ARA, ALA, EPA y DHA también disminuyeron significativamente durante el almacenamiento.

Sin embargo, el estudio de Karlsdottir y otros (2014), en el cual se evaluó el efecto del almacenamiento en congelación en la descomposición lipídica en Carbonero (*Pollachius virens*) a -25°C por 18 meses, en músculo claro y oscuro, los resultados reportan que el almacenamiento no tuvo efecto significativo en el contenido de lípidos totales. En músculo claro, no se encontró efecto en la grasa total saturada, ni poliinsaturada entre los 0 y los 6 meses de almacenamiento; no obstante, el estudio reportó una disminución del contenido de la grasa Monoinsaturada y el EPA del Carbonero. Para músculo

oscuro no se observó una disminución significativa en el contenido de grasa saturada, monoinsaturada, poliinsaturada (ALA, DHA y ARA), pero se reportó una reducción en el EPA. Estos resultados son comparables con lo observado en Jurel, el cual mostró que a -20°C no tuvo ningún efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de AGPCL. Únicamente como ya se ha dicho anteriormente se evidenció una disminución en cuanto a los contenidos iniciales, pero sin diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). Estas discrepancias en los datos obtenidas en los diferentes estudios pueden ser debidas en primer lugar a las temperaturas de congelación empleadas en cada estudio (Sahari a -18°C, Karlsdottir a -25°C y en este trabajo a -20°C) indicando que a más baja temperatura de congelación menor actividad enzimática, por ende, menos cambios en el contenido AG.

El estudio de (Ferreira de Castro y otros 2007), también evaluó el efecto de la congelación en las siguientes especies: carpa común (*Cyprinus carpio*), tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y Tambacu, un híbrido del Tambaqui (*Colossoma macropomum*), a -20°C, encontrando que el período de almacenamiento no influyó en el perfil de AG de manera significativa. Sin embargo, un hecho de relevancia que el estudio reporta son los incrementos en la carpa común, en la tilapia y en el tambacu en diferentes fracciones lipídicas o de AG durante el tiempo de almacenamiento, pero que no son estadísticamente representativos.

Los hallazgos de Ferreira pueden llevar a hipotetizar que después de la muerte del pescado se continúa presentando actividad enzimática específicamente de las enzimas elongasas y desaturasas Delta (Δ) Δ 6D y la Δ 5D y la malonil

coenzima A (CoA) (Ferreira de Castro y otros 2007), las cuales llevan a cabo el proceso de formación de DHA, EPA y ARA a partir de sus precursores (W3 y W6). Sin embargo, las evidencias de esta biosíntesis de AGPI muestran una pobre conversión a partir de los precursores en especies marinas donde se ha estudiado *in vivo* (Tocher 2010). Por el contrario, otros estudios (Kaneniwa y otros 2000, Rodríguez 2005), reportan que la actividad enzimática que se da durante su almacenamiento en los pescados tiene como mecanismos principales la hidrólisis y la oxidación lipídica como principales factores para el daño los cuales ejercerían un efecto de disminución de los contenidos de los AG estudiados. Estos factores estudiados en otras especies han mostrado actividad de enzimas endógenas bajo condiciones de congelación a -18°C (Sahari y otros 2014). En consecuencia, se requieren de estudios de actividad enzimática *post mortem* para dilucidar si existe o no la posibilidad de que se generen incrementos en los contenidos de AG como el EPA y el DHA y específicamente durante el almacenamiento a temperaturas de congelación, pues de ser validada la hipótesis propuesta en este artículo, daría como ventaja el poder brindar indicaciones sobre temperaturas y tiempos de almacenamiento a temperaturas de congelación que permitan incrementar en algo el contenido de estos ácidos grasos de gran importancia en la salud.

Los resultados de esta investigación y los reportados por los otros autores citados indican que durante la congelación el efecto sobre el contenido de AG de las especies estudiadas, no presentan un cambio significativo. Se puede pensar entonces que la congelación es un buen método para conservar estos nutrientes en este alimento. Además si se puede considerar

una buena barrera contra el oxígeno combinada con temperaturas de congelación como la evaluada en este estudio y las reportadas por otros autores, posiblemente se puede dar una mejor conservación de todas las características físico-químicas y sensoriales del producto (Tolstorebrov y otros 2016).

Con relación a los hallazgos con el proceso de fritura, (Bansal y otros 2009) en su estudio de análisis de AG Trans con 3 aceites para un proceso de fritura profunda, analizó el perfil de AG del aceite de Palma y Girasol. El estudio reporta datos con grandes similitudes en lo que respecta a los perfiles de AG obtenidos en el presente trabajo (Tabla 2), a excepción del AG Láurico el cual no fue detectado en los aceites utilizados para esta investigación. Sin embargo, el AG Lignosérico se reporta en este estudio y no fue reportado por Bansal, además que se encontraron diferencias en el contenido de Araquídico en el aceite de Palma y de Palmitoléico y Oleico en el aceite de Girasol. Estas diferencias pueden deberse a los procesos de manufactura para la obtención de los aceites, además de las materias primas y mezclas empleadas en las mismas.

En el estudio realizado por Michail y otros (2007), se evalúa el efecto que tiene la fritura con aceite de girasol y la cocción con vapor en el contenido de AG poliinsaturados esenciales en músculo de 4 especies de pescado. Ellos encontraron que la fritura no afectaba estadísticamente el contenido de AG específicamente del EPA y DHA, en 3 de las especies estudiadas, con excepción de la trucha proveniente de Noruega donde hay una reducción significativa en el contenido de estos, debida probablemente a que el proceso de fritura empleado pudo ser excesivo (tiempo de fritura de 15 a 20 minutos) lo

que pudo afectar el contenido de dichos AG. Los datos reportados por Michail (2007) fueron similares a los obtenidos en este estudio, donde no se ven afectados significativamente estos AG, pero los resultados en este trabajo se deben posiblemente a que los aceites empleados no presentaban en su composición estos ácidos grasos, más que al proceso de la fritura, el cual se realizó bajo las condiciones antes descritas, con el objeto de velar por el valor nutricional del pescado. Con respecto a la relación w3/w6 estos autores reportan que esta es muy específica de cada especie, para el caso del Jurel del presente estudio esta relación aumentó con la fritura en aceite de girasol debido a su mayor contenido de estos AG.

Türkkan y otros (2008) en su estudio de los efectos de la fritura con aceite de Girasol a una temperatura de 180°C en la composición bromatológica y AG en el Seabass (*Dicentrarchus labrax*) muestra que el contenido de grasa total incrementa significativamente, con un aumento en el contenido de grasa poliinsaturada y específicamente el contenido de los AG w6 Linoleico y ARA, pero con una disminución de otras grasas poliinsaturadas. Estos resultados son comparables con los reportados por el Jurel frito con aceite de girasol, donde también incrementó significativamente el total de grasa y el total de grasas poliinsaturada debida al gran aporte del AG Linoleico en este aceite, pero no se presentó una disminución en los contenidos de EPA, DHA, grasa saturada, ni monoinsaturada.

Larsen y otros (2010) en su investigación del efecto del proceso de cocción sobre el perfil de AG del Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) de Nueva Zelanda, incluyó la fritura con aceite de girasol a 180°C por 5 min, reportando que en general no se presentaron

diferencias significativas, con excepción de los AGPI Linoleico, EPA y DHA, lo que afectó la relación w3/w6, especialmente por el alto contenido de ácido Linoleico presente en este aceite, con una disminución significativa de EPA, DHA lo que conlleva a que se disminuya los w3 y aumenten los w6. Estos resultados mostraron algunas similitudes con los datos obtenidos en este estudio, ya que el aceite de girasol influyó en el aumento de la grasa poliinsaturada con un mayor aporte en el ácido Linoleico. A pesar de este incremento, se presentó un aumento significativo en la relación w3/w6 y por el contrario no influyó en el contenido de EPA, ni en el del DHA, por lo que podemos sugerir que el Jurel de alguna manera conserva más los AGPI de la familia w3 cuando son sometidos a procesos a altas temperaturas. Hay muchos factores o mecanismos que pueden influenciar que esta especie sea más estable al calor como son, la pérdida de agua, la lixiviación de moléculas solubles en grasa o las reacciones de oxidación que pueden verse disminuidas si el Jurel como otras especies contiene antioxidantes naturales como tocoferoles, astaxantinas, etc.

Neff y otros (2014) en su investigación sobre el efecto de los métodos de cocción en el perfil de AG de 4 especies de río de la región de los grandes lagos en Norte América, donde uno de los métodos de cocción estudiados fue la fritura en aceite de canola a 175°C por 10 min, obtuvo que este método de cocción con este aceite aumenta significativamente el contenido de grasa total, la grasa saturada, la monoinsaturada y la poliinsaturada en todas las especies estudiadas. Con respecto a los AG Linoleico y ALA son los dos AG con un aumento más representativo. Sin embargo, los w6 son los que más aumentaron, puesto que la relación w3/w6 para todas las especies disminuyó significativamente. Estos

hallazgos son semejantes a los obtenidos para el Jurel pues la fritura con aceite de Canola aumentó el contenido de grasas monoinsaturada, poliinsaturadas, ALA y ácido Linoleico, pero no semejantes a lo obtenido para la relación w3/w6, ya que en este caso aumentó. Esto muestra que el aceite de canola, con un buen contenido de este ácido graso, mejora notablemente este indicador nutricional y que es la mejor opción para fritura en el Jurel. No está de más recordar la importancia de un adecuado consumo de w3 para el mantenimiento y/o mejoramiento de la salud y que la relación w3/w6 ejerce una variada gama de beneficios para la salud como resultado de sus acciones moleculares, celulares y fisiológicas. Se afirma que su papel es importante en el crecimiento, el desarrollo, la función óptima y el mantenimiento de la salud y el bienestar en todo el curso de la vida (Calder, 2014).

Es importante aclarar que en este estudio no se encontraron AG trans ni en las muestras ni en los aceites empleados, pues las frituras fueron realizadas siempre con aceites nuevos para evitar al máximo la producción de AG trans, productos primarios como los dienos conjugados, trienos conjugados y peróxidos, y de productos secundarios como los malonaldehidos que son producidos en altas cantidades debido a que los aceites son sometidos a reusos, largos períodos de calentamiento o también a la composición del alimento que se frita (Neff y otros 2014, Bansal y otros 2009).

En este estudio, no se obtuvo cambios significativos en AG como el ARA, EPA y DHA después de la fritura, debido a que estos AG no están presentes en los aceites empleados. Sin embargo, se puede evidenciar que el tipo de aceite empleado influye en la modificación del perfil de AG de los alimentos y este

efecto puede ser favorable o desfavorable dependiendo del tipo de aceite empleado y del cómo se realice el proceso de la fritura. Es decir, altas temperatura por tiempos muy prolongados podrían llevar a un incremento de compuestos como peróxidos en el pescado, que afectan la calidad nutricional del mismo. Por lo tanto, el proceso de fritura debe ser muy preciso si se desea obtener un producto con un mejor contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga.

V. CONCLUSIONES

La congelación del Jurel como se realiza comercialmente a -20°C en un empaque plástico comercial, por 60 días, no mostró una disminución estadísticamente significativa en su perfil de ácidos grasos, conservándose así su valor nutricional, específicamente de los Ácidos Grasos Poliinsaturados de Cadena Larga - AGPCL (EPA, DHA y AA), lo que indica que el consumidor está recibiendo estos nutrientes de manera casi completa en pescado congelado.

El mejor aceite para la fritura en el Jurel es el de Canola, ya que por su contenido de ALA mejora la relación w3/w6 en el pescado, un ácido graso importante por ser precursor del EPA y el DHA. Además, se puede concluir que el perfil de ácidos grasos del aceite empleado en la fritura afecta el contenido y la calidad de la grasa del Jurel.

VI. AGRADECIMIENTOS

A la Oficina del Gobernador de Antioquia - Secretaría de Agricultura, Universidad de Antioquia y el sistema general de regalías como entidades de financiación. Así mismo, cada institución, equipo de investigación y persona que apoyó este proyecto en un momento dado: equipos GISMAC y ELICE; AUNAP; Dr.

Alexander Taborda Marín; Alejandro Sandoval, M.Sc.; y la Dra. Jenny Leal.

VII. REFERENCIAS

Adkins Y, Kelley DS. 2010. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21(9), 781–792. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.12.004>

AUNAP, Universidad del Magdalena, Min Agricultura. 2013. Tallas mínimas de captura para el aprovechamiento sostenible de las principales especies de peces, crustáceos y moluscos comerciales de Colombia., 1–58. Retrieved from [http://sepec.unimagdalena.edu.co/Archivos/Cartilla - TALLAS MINIMAS. Digital \(2\).pdf](http://sepec.unimagdalena.edu.co/Archivos/Cartilla - TALLAS MINIMAS. Digital (2).pdf)

Bansal G, Zhou W, Tan TW, Neo FL, Lo HL. 2009. Analysis of trans fatty acids in deep frying oils by three different approaches. *Food Chemistry*, 116(2), 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.083>

Calder PC. 2014. Very long chain omega-3 (n-3) fatty acids and human health. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(10), 1280–1300.

Endo J, Arita M. 2016. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Cardiology*, 67(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2015.08.002>

Ferreira de Castro FA, Pinheiro Sant'Ana HM, Campos FM, Brunoro Costa NM, Coelho Silva MT, Salaro AL, Castro Franceschini SDC. 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes

under different storage and cooking processes. *Food Chemistry*, 103(4), 1080–1090. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.002>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1997. Codex Alimentarius Commission Procedural Manual. JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME CODEX COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS Thirty-first. <https://doi.org/10.1007/BF02582346>

Gladyshev MI, Sushchik NN, Makhutova ON. 2013. Production of EPA and DHA in aquatic ecosystems and their transfer to the land. *Prostaglandins and Other Lipid Mediators*, 107, 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.prostaglandins.2013.03.002>

Guedes, AC, Amaro HM, Barbosa CR, Pereira RD, Malcata FX. 2011. Fatty acid composition of several wild microalgae and cyanobacteria, with a focus on eicosapentaenoic, docosahexaenoic and α -linolenic acids for eventual dietary uses. *Food Research International*, 44(9), 2721–2729. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.020>

Jiang ST, Lee TC. 2004. Freezing Seafood and Seafood Products: Principles and Applications. In YH Hui, P Cornillon, I Guerrero L, M Lim, KD Murrell, WK Nip (Eds.), *Handbook of Frozen Food* (pp. 245–294).

Karlsdottir M G, Sveinsdottir K, Kristinsson HG, Villot D, Craft BD, Arason S. 2014. Effect of thermal treatment and frozen storage on lipid decomposition of light and dark muscles of saithe (*Pollachius virens*). *Food Chemistry*, 164, 476–484.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.068>

Koh E, Surh J. 2015. Food types and frying frequency affect the lipid oxidation of deep frying oil for the preparation of school meals in Korea. *Food Chemistry*, 174, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.087>

Larsen D, Quek SY, Eyres L. 2010. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chemistry*, 119(2), 785–790. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.037>

Mozaffarian DRE. 2006. Fish Intake, Contaminants, and Human Health: Evaluating the Risks and the Benefits. *Jama*, 296:1885-9(15), 1885–1900. <https://doi.org/10.1001/jama.296.15.1885>

Neff MR, Bhavsar SP, Braekevelt E, Arts MT. 2014. Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry*, 164, 544–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.104>

Poudyal H, Panchal SK, Diwan V, Brown L. 2011. Omega-3 fatty acids and metabolic syndrome: Effects and emerging mechanisms of action. *Progress in Lipid Research*, 50(4), 372–387. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2011.06.003>

Ratnayake W, Galli C. 2009. Fat and fatty acid terminology, methods of analysis and fat digestion and metabolism: A background review paper. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1–3), 8–43. <https://doi.org/10.1159/000228994>

Rodríguez-Cruz M, Tovar AR, Del Prado M, Torres N, Salvador N. 2005. Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Rev Invest Clin Revista de Investigación Clínica*, 57(3), 457–472. Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/revinvcli/nn-2005/nn053j.pdf>

Sahari MA, Farahani F, Soleimanian Y, Javadi A. 2014. Effect of frozen storage on fatty acid composition of the different tissues of four scombrid and one dussumeriid species. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(2), 381–391. <https://doi.org/10.1111/jai.12400>

Simopoulos A. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(3), 438–63. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1908631>

Simopoulos AP. 2002. The importance of the ratio of omega-6 / omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56, 365–379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)

Tocher DR. 2010. Reviews in Fisheries Science Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish, (December 2012), 37–41.

Tolstorebrov I, Eikevik TM, Bantle T. 2016. Review: Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish. *International Journal of Refrigeration*, 63, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003>

Türkkan AU, Cakli S, Kilinc B. 2008. Effects of cooking methods on the

proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, 86(3), 163–166. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2007.10.004>

US Department of Agriculture, A. R. S. 2015. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28.

Valenzuela A, Sanhueza J. 2009. Aceites de origen marino; Su importancia en la nutrición y en la ciencia de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(1), 246–257. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182009000300007>