

ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia del proceso térmico en las propiedades fisico-químicas y microbiológicas en conservas de recortes de caballa (*Scomber japonicus*) tratados con humo líquido

Influence of the thermal process on the physicochemical and microbiological properties in canned chunks mackerel (*Scomber japonicus*) treated with liquid smoke

Leny Rosario Ordóñez Ramos de Cano ^{1a*}, Sebastián Ángel Lozano Ayala  ^{1b}, Eloísa Rosabel Alarcón Kodzman  ^{2c}, Tito Eduardo Llerena Daza  ^{3d}, Armando Solari Godíño  ^{2e}, Saria Villanueva Pinedo  ^{3f}

¹ Instituto Tecnológico de la Producción, Lima, Perú

² Pesquera Diamante S.A., Lima, Perú

³ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

^alordonez@itp.gob.pe, ^bslozano@itp.gob.pe, ^cealarcon@diamante.com.pe, ^dtelld@lamolina.edu.pe,
^easolari@diamante.com.pe, ^fsariavillanueva2014@gmail.com

* Autor de correspondencia

| Recibido: 30/08/22 |

| Arbitrado por pares |

| Aceptado: 20/11/22 |

Resumen

Los métodos de tratamiento utilizados pueden ser determinantes en el contenido de los nutrientes de los productos consumidos. *Objetivo:* Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la composición proximal, color, perfil de ácidos grasos (EPA y DHA) e inocuidad en conservas de recortes de caballa tratadas con humo líquido, envasados en



bolsas flexibles esterilizables para estimar su calidad nutricional. *Método:* En los recortes crudos, horneados y esterilizados se determinaron por triplicado parámetros de composición proximal, bases volátiles totales (N-BVT), medición de color, perfil de ácidos grasos y análisis microbiológicos en el periodo 2019-2020. *Resultados:* los niveles de proteína, grasa, ceniza y N-BVT se incrementaron significativamente en las etapas de horneado y esterilizado, el valor L* disminuyó, a* y b* se incrementaron significativamente. Se identificaron 37 ácidos grasos, en los recortes crudos destacaron el DHA y EPA, palmitico y oleico con 0.47, 1.36, 0.49 y 0.28 g/100 g, respectivamente. Todos los ácidos grasos en general se incrementaron por el tratamiento térmico, sobresaliendo el palmitico, linoleico y oleico con 1.28, 1.23 y 1.04 g/100g, respectivamente. Los análisis microbiológicos evidenciaron el cumplimiento con los requisitos de inocuidad. El valor Fo fue de 6.3 min y el proceso programado de 38 min a 120 °C. Las proporciones n-6/n-3 y AGPI/AGS fueron de 0.13, 0.65 y 0.76; 2.45, 1.79 y 1.69, respectivamente en recortes crudos, horneados y esterilizados *Conclusiones:* El producto desarrollado a partir de recortes de caballa envasado en bolsas flexibles esterilizables, tuvo buenos atributos y características nutricionales beneficiosos para la dieta humana.

Palabras claves: Ácido graso eicosapentaenoico, ácido graso docosahexaenoico, tratamiento térmico, proporción n-6/n-3, índice de calidad nutricional

Abstract

The treatment methods used can be decisive in the nutrient content of the products consumed. *Objective:* To determine the effect of heat treatment on proximal composition, color and fatty acid profile (EPA and DHA) in canned mackerel trimmings treated with liquid smoke, packaged in retort pouches to estimate their nutritional quality. *Method:* In the raw, baked and sterilized chunks, parameters of proximal composition, total volatile bases (N-BVT), color measurement, fatty acid profile and microbiological analysis were determined in triplicate in the period 2019-2020. *Results:* the levels of protein, fat, ash and N-BVT increased significantly in the baking and sterilization stages, the L* value decreased, a* and b* increased significantly. 37 fatty acids were identified, in the raw chunks DHA and EPA, palmitic and oleic stood out with 0.47, 1.36, 0.49 and 0.28 g/100 g, respectively. All fatty acids in general increased by heat treatment, palmitic, linoleic and oleic acids standing out with 1.28, 1.23 and 1.04 g/100 g, respectively. Microbiological analyzes evidenced compliance with safety requirements. The Fo value was 6.3 min and the scheduled process was 38 min at 120°C. The proportions n-6/n-3

and PUFA/SFA were 0.13, 0.65 and 0.76; 2.45, 1.79 and 1.69, respectively in raw, baked and sterilized chunks. *Conclusions:* The product developed from mackerel chunks packaged in retort pouches, had beneficial nutritional attributes and good characteristics for the human diet.

Keywords: Eicosapentaenoic fatty acid, docosahexaenoic fatty acid, heat treatment, n-6/n-3 ratio, nutritional quality index

Introducción

El pescado y los productos pesqueros se consumen ampliamente en muchas partes del mundo dado que sirven como una fuente de alta calidad de proteína en la dieta humana y son la principal fuente de los ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA, que aportan numerosos beneficios para la salud (Siriamornpun et al., 2007; Castro-González et al., 2013; Manson et al., 2019). Se ha reportado que los ácidos grasos EPA y DHA se encuentran en abundancia en la caballa fresca, siendo éstos de 14.1 y 16.3 respectivamente (Instituto del Mar del Perú [IMARPE] e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú [ITP], 1996). En el Perú esta especie es una de las de mayor importancia destinadas al congelado y a la elaboración de conservas. El pescado enlatado es una de las fuentes importantes de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 de cadena larga, tiene un contenido de AGPI n-3 equivalente al del pescado fresco (Siriamornpun et al., 2007). La técnica del enlatado es una de las formas más importantes de la conservación del pescado. En este proceso se incluyen tratamientos térmicos (precalentamiento y esterilización) que inhiben los factores de deterioro (enzimas y bacterias) (ElShehawy y Farag, 2019). El procesamiento en bolsas esterilizables está ganando popularidad frente a los envases de metal debido a diferentes ventajas como menor costo de procesamiento, perfil más delgado que las latas y frascos, tiempo de procesamiento más corto, menor pérdida de nutrientes, abertura más fácil; el producto se puede comer directamente de la bolsa o servir en los platos, ocupa menos espacio de almacenamiento y es más fácil desecharlo (Majumdar et al., 2017).

Otra técnica muy antigua de preservación de los alimentos es el ahumado, éste juega un papel importante como un elemento aromatizante y el color del ahumado distingue favorablemente el producto final. Sin embargo, los aromas de humo líquido han sido ampliamente utilizados como aditivos aromatizantes comerciales y su uso es una alternativa al ahumado tradicional (Portella et al., 2011).

Como resultado del procesamiento del pescado, se generan residuos y recortes de pescado procedentes de la industria del fileteado congelado o fresco que son con <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e004>

frecuencia destinados para la fabricación de piensos u otros productos de menor valor, que podrían generar contaminación ambiental (Blanco et al., 2007). Estos podrían emplearse para la elaboración de productos para el consumo humano, y ofrecer una ganancia comercial para la industria alimentaria, utilizando eficazmente estos subproductos y sus nutrientes disponibles (principalmente proteínas y ácidos grasos poliinsaturados omega-3) (Arvanitoyannis y Kassaveti, 2008). Sin embargo, no se han realizado investigaciones en productos enlatados de recortes de caballa -provenientes de los recortes y descartes de la industria del congelado- por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del proceso térmico en los cambios físico-químicos, perfil de ácidos grasos EPA y DHA y microbiológicos en conservas de recortes de caballa tratados con humo líquido, envasado en bolsas flexibles y esterilizados, para consumo humano directo para estimar su calidad nutricional.

Material y métodos

Materia prima

Los recortes de pescado congelado (71.7 kg) fueron proporcionados por la Empresa Pesquera Diamante S.A.C. en bloques de 20 kg, derivados del pescado capturado el 27 de febrero de 2019. El producto congelado fue recibido el 26 junio del mismo año.

Lugares de ejecución

El estudio se realizó en las instalaciones de la Planta II del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP) – Callao y los análisis físico-químicos y microbiológicos de la materia prima y del producto final fueron realizados en los laboratorios de la Empresa Certificaciones Pesqueras del Perú (CERPER) en los períodos de 2019-2020.

Preparación del pescado tratado con humo líquido

Los bloques de recortes de pescado fueron descongelados de un día a otro, se colocaron en canastillas para ser ensalmuerados en una solución de NaCl al 8%, luego fueron escurridos y colocados ordenadamente en bandejas de aluminio, con una brocha se aplicó una solución de humo líquido Smokez-oil B (diluido en aceite en una proporción de 1:2). Las bandejas fueron colocadas en un horno eléctrico a una temperatura de 180 °C por 5 minutos para ser cocinados y reducir humedad, luego de enfriados, nuevamente se aplicó la misma solución de humo líquido y fueron colocados por segunda vez al horno eléctrico por 5 minutos hasta lograr un color dorado con una cocción y humedad adecuados. Luego de enfriados se pesó y envasó 250 g por cada bolsa, los recortes ahumados horneados se acomodaron homogéneamente en cada bolsa, no se adicionó líquido de cobertura. Las bolsas se sellaron en una selladora Multivac, con una presión

de vacío de 130 milibares y se colocaron en parrillas para esterilizarlos en una autoclave a contrapresión por inmersión.

Material de empaque

Se utilizaron bolsas flexibles transparentes esterilizables, de 133 μ de espesor, 300 g de capacidad, de tamaño 180 mm x 265 mm y tuvieron una composición de HB PET 12 μ /D-L/NY 15 μ /D-L/CPP 100 μ .

Tratamiento térmico

Para el esterilizado se utilizó una autoclave a sobrepresión, horizontal, estacionaria, tipo HTST, marca Kamigaki de capacidad 360 bolsas. Para los estudios de Fo, se utilizó un equipo Ellab Modelo E-Val Suite de 16 canales, con 12 termocuplas en producto y 4 en autoclave, luego de dos repeticiones, se estableció el proceso programado a 121°C x 38 min.

Métodos analíticos

Análisis físico-químicos

La composición proximal (humedad, proteína, grasa total, cenizas, carbohidratos) nitrógeno amoniacial, histamina y el perfil de ácidos grasos fueron determinados en la materia prima (cruda), muestras precocidas (horneadas) y producto final (esterilizado), por triplicado siguiendo la metodología estandarizada por el Laboratorio acreditado CERPER.

Humedad: Por gravimetría luego de ser secadas en una estufa a 105°C según el método NTP ISO 1442.2006 (revisada el 2015) utilizando una balanza modelo AB204-S marca Mettler Toledo.

Proteína total: Por el método de Kjeldahl según la NTP 201.021.2002 (revisada el 2015) utilizando un destilador de marca Labconco.

Grasa: Por el método de Soxhlet según NTP 201.016.2002 (revisada el 2017), en un equipo Electromantle de marca HNG.

Ceniza: Por vía seca mediante incineración en Mufla a 500°C según NTP 201.022.2002, en una Mufla de Marca Tecmavent E.I.R.L.

Carbohidratos: Cálculo (no incluye fibra cruda).

Nitrógeno amoniacial: Por el método NCH 2668 2001, el método se basó en la destilación al vapor y la extracción de hidrógeno base volátil. Los resultados se expresaron como mg TVB-N por 100 g de músculo, utilizando un destilador de marca Labconco.

Histamina: Por cromatografía, según el método AOAC 977.13.c35, 21st.ed 2019, utilizando un fluorómetro, modelo LS-30 de marca Perkin Elmer.

Composición de ácidos grasos: Método AOAC-996.06, c41, 21st ed. 2019. Fat (total, saturated and unsaturated) in foods hydrolytic extraction gas chromatographic method, utilizando un cromatógrafo de gases: Ultra, un injector 1:SSL/Less, un injector 2:PTV, un detector 11: FID y detector 2: NPD y un automuestreador Tiplus RSH de marca Thermo Fisher.

Grasas trans: Según método AOAC-996.06, c41, 21st ed. 2019. Fat (total, saturated and unsaturated) in foods hydrolytic extraction gas chromatographic method, un cromatógrafo de gases:Ultra, un Injector 1:SSL/Less, un injector 2:PTV, un Detector 11: FID y Detector 2: NPD y un automuestreador Tiplus RSH de marca Thermo Fisher.

Análisis microbiológico

Se determinaron en la materia prima 4 principales análisis y en producto terminado:

Numeración de microorganismos aerobios mesófilos Viables (UFC/g) por el Método ICMSF 2da Ed. 1983 Vol 1 parte II. Recuento estándar en placa.

Numeración de Escherichia coli (UFC/g), por el método AOAC 991,14, c17, 20 Ed 2016. Coliform and escherichia coli counts in foods. Dry rehydratable film (Petrifilm E. coli Count Plate and Petrifilm Coliform Count Plate) Methods.

Numeración de staphylococcus aureus (NMP/g) ICMSF 2da Ed. 1983 vol 1 parte II. Técnica del NMP con caldo telurito manitol glicina).

Detección de Salmonella spp. Ausencia en 25g. ISO 6579:2002. Technical Corrigendum 1:2004. Microbiology of foods and animal feeding stuffs-Horizontal method for the detection of *Salmonella spp.*

Control de esterilidad. Según NTP 204.009:1986 (Revisada el 2010). Conservas de productos de la pesca en envases herméticos. Control de esterilidad. Las muestras esterilizadas fueron incubadas a 30-35°C por 14 días y a 52-55°C por 7 días.

Otros análisis

Medición de color. Según método de la fotometría de parpadeo, que maneja una fuente de luz, a través de una lámpara halógena 12 V 2 A, se utilizó un medidor de color marca Nippon Denshoku, modelo ZE2000, calibrado con blanco y negro estándar. Las coordenadas de color se determinaron mediante escala CIELab: L* luminosidad (0 negro a 100 blanco); a*, verde/rojo (-60 a +60) y b* azul/amarillo (-60 a +60).

Análisis estadístico

El estudio fue experimental, analítico y transversal, se tomaron muestras al azar por triplicado de los recortes crudos, cocidos y esterilizados. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el software estadístico SPSS 22. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar. Se utilizó la prueba no paramétrica de la Mediana y la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar la significación estadística ($P < 0,05$).

Resultados y discusión

Composición proximal

El contenido de humedad, proteína, grasa y ceniza en los recortes de caballa descongelados, horneados y esterilizados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición proximal de los recortes de caballa cruda, horneada y esterilizada (% en base húmeda)

| Producto | Etapas del proceso | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa (%) | Ceniza (%) |
|--|--------------------|-------------|--------------|-----------|------------|
| Materia prima (Recortes de caballa crudos) | Recepción | 72.90±0.10 | 21.72±0.13 | 3.64±0.12 | 1.43±0.00 |
| Recortes ahumados de caballa | Horneado | 61.03±0.06 | 28.05±0.20 | 8.07±0.06 | 2.53±0.03 |
| Recortes Ahumados Esterilizados | Esterilización | 55.83±0.06 | 30.22±0.16 | 8.48±0.04 | 3.24±0.02 |

Nota: Promedio y desviación estándar de tres determinaciones. P-valor <0.05

En la composición proximal, la prueba de la mediana de las variables proteína, grasa, humedad y ceniza; el p-valor resultó menor que 0.05 por lo tanto, existen diferencias significativas de las variables proteína, grasa, humedad y ceniza, en las etapas del proceso (crudo, ahumado y esterilizado).

Los valores de la materia prima se encuentran dentro de los rangos obtenidos por el ITP para la misma especie (Barriga et al., 2012). Mbarki et al. (2009), encontraron valores cercanos de humedad de 71.78 %, proteína 21.38%, grasa total 4.13% y ceniza 2.26%, en caballa del Mar Mediterráneo. Agustinelli y Yeannes (2014) encontraron valores más bajos de humedad de 61.89%, proteína 20.69%, y altos en grasa 15.85 y ceniza 1.56 en la misma especie de caballa (*Scomber japonicus*).

En las etapas de horneado-ahumado y esterilizado se redujo significativamente el contenido de humedad mientras que la proteína, grasa y ceniza se incrementaron. El contenido de grasa inicial se incrementó por la adición de aceite vegetal utilizado para la aplicación del humo líquido. Este aumento relativo puede explicarse por la pérdida de agua del músculo y por la absorción del aceite de recubrimiento en el músculo del pescado durante la etapa de esterilización y el almacenamiento en conserva (Rodríguez et al., 2009). Romotowska et al. (2016) encontraron que el contenido de humedad de la caballa después del tratamiento térmico osciló entre 48% y 62.5%. Baten et al. (2020) reportaron valores cercanos de proteína cruda de 29.6 g/100 g, en caballa ahumada. Durante el proceso de enlatado se empleó la cocción para reducir el exceso de humedad, de modo que el exudado total liberado en el producto enlatado sea mínimo, se mejoren las cualidades sensoriales, físicas y químicas del producto y se prolongue la vida útil del producto (Aubourg, 2001).

El contenido de ceniza se incrementó en las etapas de horneado y esterilizado, posiblemente por el efecto del proceso de cocción, la adición del NaCl y por la reducción de la humedad. Bouriga et al. (2020) encontraron similares resultados en filetes de *Sander lucioperca* ahumados en frío ($3.13\pm0.21\%$) y en mayor concentración en los filetes ahumados en caliente ($4.66\pm0.29\%$). Incrementos similares en el contenido de cenizas fueron encontrados en filetes de trucha sometidos a cocción en microondas (2.57%) (Asghari et al., 2013).

Histamina y bases volátiles totales

El contenido de histamina y bases volátiles totales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Histamina, nitrógeno de bases volátiles totales N-BVT de los recortes crudos y esterilizados

| Producto | Etapas del proceso | Histamina (ppm) | N-BVT (mg N/100 g) |
|---|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Recortes de caballa crudos | Recepción | *<2.84 | 12.67 ± 0.14 |
| Recortes esterilizados de caballa | Esterilización (Conserva- ahumado) | *<2.84 | 58.68 ± 0.04 |

Nota: *Menor al valor cuantificable

La histamina en la materia prima y después de esterilizado fue menor al valor cuantificable (<2.84) y no hubo variación después de la esterilización. Según Frank, Yoshinaga y Nip (1981), pequeñas cantidades de histamina se encuentra en el pescado

fresco, pero su nivel aumenta rápidamente con el incremento de la temperatura y el progreso de la descomposición del pescado. Por lo que su determinación, ha sido propuesta como índice químico del deterioro del pescado por algunos autores (Shakila et al., 2003).

El valor inicial de TVB-N fue de 12.67 ± 0.14 (mg N/100 g), lo cual indica un alto nivel de frescura de las muestras, este valor fue menor al encontrado en atún (13.27 mg/100) (Selmi et al., 2008) y menor al encontrado por Agustinelli y Yeannes (2014), para la caballa entera que fue de 15.48 ± 0.36 mg/100 g de carne. Se ha considerado un nivel de 35 mg/100 g como límite superior, por encima del cual los productos pesqueros se consideran deteriorados (Comisión de las Comunidades Europeas [CCE], 1995). El valor de TVB-N depende de la especie, la temporada de captura y la región, la edad y el sexo de los peces (Kilinc y Cakli, 2005) mientras que el límite del valor de TVB-N permanece constante para todos los peces teleósteos (Agustinelli y Yeannes, 2014).

El valor de TVB-N luego de esterilizado, se incrementó a 58.68 ± 0.04 (mg N/100 g) probablemente por la pérdida de humedad; de igual modo, según investigaciones previas sobre túnidos, encontraron que la medición del contenido de TVB-N mostró un gran aumento en las conservas de pescado como resultado del proceso térmico (Rodríguez et al., 2009). El tratamiento térmico provoca la descomposición del óxido de trimetilamina (TMAO) y algunos aminoácidos, lo que da como resultado un aumento del contenido de TVB-N; los niveles de estas bases después del procesamiento, incluso si la materia prima inicial es muy fresca, son superiores a los valores permitidos para la materia prima (250-300 mg TVB-N kg⁻¹) (Gallardo et al., 1990).

Rendimiento en las diferentes etapas del proceso

El rendimiento de recortes crudos a horneado y esterilizado fue de 56.14%.

Modificación de color

Los resultados de L*: luminosidad; a*: coordenada verde/rojo y b*: coordenada azul/amarillo- en los recortes crudos, en el producto horneado y en el producto esterilizado se muestran en la Tabla 3.

Los valores de L* decrecieron significativamente en las etapas de horneado y esterilizado, lo cual indicaría pérdida de la luminosidad, mientras que los valores de a* y b* se incrementaron significativamente en la etapa de horneado, no variando en la etapa de esterilizado.

Tabla 3

Determinación de color de los recortes de caballa (crudos, horneados y esterilizados)

| Producto | L* | a* | b* | a/b |
|------------------------|------------|-----------|------------|------|
| Recortes crudos | 59.93±0.03 | 4.72±0.01 | 15.89±0.01 | 0.30 |
| Recortes horneados | 53.70±0.84 | 7.66±0.44 | 20.78±0.77 | 0.37 |
| Recortes esterilizados | 52.36±0.35 | 8.04±0.05 | 20.63±0.19 | 0.39 |

Nota: *Promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar

Pino et al. (2017) encontraron valores de L* de 52.938, 57.674 y 53.920 en conservas de atún tratadas térmicamente a diferentes temperaturas (atún precocido a 110°Cx 110 min, atún esterilizado a 117°C x 55 min y atún esterilizado a 117.77°C x 70 min respectivamente), que estuvieron cercanos a los encontrados luego de horneados y esterilizados (53.70 y 52.36 respectivamente) e inferiores a los encontrados por Agustinelli y Yeannes (2014), quienes encontraron que los valores de L* (70.075 y 64.7975 para las zonas ventral y dorsal de caballa fresca respectivamente), disminuyeron con el tiempo de almacenamiento en congelación, indicando que la deshidratación sería la principal causa de los cambios de color obtenidos teniendo una ligera contribución con la oxidación de lípidos que se manifiesta en el aumento de b*. Asimismo, mencionaron que la presencia de altos contenidos de grasa en la zona ventral, así como residuos de sangre o vísceras, podrían influenciar en el cambio de color del músculo.

Los valores encontrados de la coordenada a* en los recortes crudos de caballa, horneados y esterilizados (4.72, 7.66 y 8.04) mostraron valores positivos que indicarían tonalidades ligeras de color gris, éstos fueron más elevados a los encontrados por Pino et al. (2017) en atún esterilizado a 117.7°C x 55 min y atún esterilizado a 117.7 °C x 70 min (2.26 y 3.154), mostrando valores positivos más bajos que indicarían una tendencia a colores rojos claros a pardos. Al respecto, mencionaron que el color pardo de la carne sometida a altas temperaturas (esterilización) se genera por una gran variedad de reacciones que ocurren porque el hierro de la mioglobina pasa del estado ferroso Fe ++ a la forma férrico Fe+++.

Los valores encontrados de la coordenada b* en recortes horneados y esterilizados (20.78 y 20.63) mostraron valores positivos que indicarían tonalidades ligeras de color gris a amarillo y cercanos a los encontrados por Pino et al. (2017) en atún esterilizado a 117.7°C x 55 min y atún esterilizado a 117.7 °C x 70 min (20.83 y 22.26), señalando que posiblemente existe aparte del color rojo claro característico a nivel intramuscular en la carne de atún cocida, ciertas tonalidades amarillas que fueron

detectadas por el equipo y que presumiblemente correspondan a la presencia de los miocomatas. Al respecto, Ceballos (2012) mencionó que el color del pescado procesado puede cambiar debido a la oxidación de lípidos y proteínas, el pardeamiento no enzimático y la actividad enzimática. Sielaff (2000), indica que durante el tratamiento térmico ocurre la desnaturalización y coagulación de las proteínas con el consecuente paso de la mioglobina a metamiocromógeno que da coloraciones que van de pardas a rosado claro.

Perfil de ácidos grasos

Se identificaron 37 ácidos grasos mediante cromatografía de gases tanto en los recortes crudos, en el horneado, así como en el producto terminado, siendo éstos reportados como ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI), los ácidos grasos obtenidos como trazas no fueron considerados en los resultados, se puede ver en la Tabla 4.

Tabla 4

Perfil de ácidos grasos de recortes de caballa (crudos, horneados y esterilizados)

| Ácidos grasos | | Etapas del proceso | | |
|-------------------|-----------|--|---|--|
| | | Recepción (Recortes de caballa frescos) g/100g* | Horneado (Recortes de caballa ahumados) g/100g* | Esterilizado (Recortes de caballa esterilizados) g/100g* |
| Mirístico | C14:0 | 0.091±0.005 | 0.273±0.002 | 0.308±0.008 |
| Pentadecanoico | C15:0 | 0.022±0.001 | 0.059±0.000 | 0.063±0.001 |
| Palmítico | C16:0 | 0.492±0.015 | 1.277±0.009 | 1.449±0.011 |
| Margárico | C17:0 | 0.046±0.001 | 0.064±0.004 | 0.076±0.001 |
| Esteárico | C18:0 | 0.208±0.008 | 0.497±0.003 | 0.555±0.013 |
| Σ AGS | | 0.853±0.007 | 2.163±0.003 | 2.460±0.008 |
| Palmitoleico | C16:1 | 0.078±0.003 | 0.187±0.001 | 0.201±0.002 |
| Oleico | C18:1 n-9 | 0.286±0.008 | 1.042±0.007 | 1.324±0.020 |
| Eicosanoico | C20:1 n-9 | 0.024±0.002 | 0.071±0.001 | 0.095±0.001 |
| Σ AGMI | | 0.385±0.004 | 1.300±0.003 | 1.614±0.008 |
| Linoleico | C18:2 n-6 | 0.066±0.003 | 1.227±0.009 | 1.548±0.041 |
| Linolénico | C18:3 n-3 | 0.018±0.001 | 0.189±0.001 | 0.233±0.005 |
| Araquidónico | C20:4 n-6 | 0.179±0.006 | 0.299±0.002 | 0.263±0.007 |
| Σ AGPI | | 0.263±0.002 | 1.714±0.005 | 2.028±0.023 |
| Eicosapentaenoico | C20:5 n-3 | 0.466±0.016 | 0.541±0.004 | 0.543±0.008 |
| Docosahexaenoico | C22:6 n-3 | 1.384±0.045 | 1.619±0.011 | 1.541±0.065 |
| Σ AGPI-Omega 3 | | 1.825±0.031 | 2.153±0.008 | 2.120±0.037 |

*Nota:**Promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar

Los perfiles de ácidos grasos en la materia prima se caracterizaron por los altos niveles de ácidos grasos saturados (AGS) destacó el palmitíco (C16:0), de los monoinsaturados (AGMI) destacó el oleico (C18:1n-9) y en los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) destacaron el DHA (C22:6 n-3) y el EPA (C20:5 n-3), siendo mayor el contenido de DHA que de EPA, como fue encontrado por Agustinelli y Yeannes (2014) y Maestre et al. (2011) en muestras de caballa congelada.

Durante las etapas de horneado y esterilizado, se incrementaron todos los ácidos grasos en general, sobresaliendo considerablemente los AGS (Palmitíco C16:0 y Esteárico C18:0), AGMI (Oleico C18:1) y los AGPI (Linoleico C18:2, EPA C20:5n-3 y DHA C22:6n-3), probablemente por la absorción del aceite aplicado con el humo líquido. Mesías et al. (2015) y Aubourg et al. (1997) encontraron de manera similar altos niveles de C16:0; C18:0, C18:1n-9; EPA y DHA en atún enlatado en aceite, como resultado, decrecieron las proporciones de EPA y DHA. Zhong-Yuan et al. (2019) de modo similar encontraron que los ácidos grasos linoleico y oleico fueron los más abundantes en la almeja *Ruditapes philippinarum*, indicaron que el efecto causado por la absorción de aceite fue responsable de los cambios en la composición de los ácidos grasos.

Las diferencias encontradas en la composición de los ácidos grasos en las diferentes etapas del proceso, se deberían a la adición del aceite y al tratamiento térmico al que fueron sometidos, similar caso fue reportado por Aubourg et al. (1997). Bejaoui et al. (2019) mencionaron que es evidente que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LC-AGPI) son más vulnerables al deterioro durante el calentamiento en comparación con los ácidos grasos saturados debido precisamente a su alto grado de insaturación.

Los ácidos grasos EPA y DHA se incrementaron significativamente, probablemente por la considerable reducción de humedad durante el tratamiento térmico en el horneado y esterilizado. En el producto terminado, en una porción de 100 g, se aportaría alrededor de 2.12 g/100g de la ingesta diaria de EPA y DHA. Simopoulos (2002) recomienda el consumo de 0.65 g/d (en una dieta de 2000 Kcal) de EPA +DHA.

Índices de calidad nutricional

Zhang et al. (2020) mencionaron que es muy probable que los pescados con diferentes perfiles de ácidos grasos contribuyan de manera diferente a la salud humana. Estos beneficios se pueden evaluar utilizando los índices de calidad de la grasa, como la relación n-6/n-3, la relación P/S, Índice IA, IT y HH. Estos valores fueron calculados y se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5*Índice de Calidad Nutricional de recortes de caballa (crudo, horneado y esterilizado)*

| Índices de calidad nutricional | Recepción (Recortes de caballa frescos) %* | Horneado (Recortes de caballa ahumados) %* | Esterilización (Recortes de caballa esterilizados) %* |
|--------------------------------|---|--|---|
| n-6/n-3 | 0.133 | 0.651 | 0.764 |
| AGPI/AGS (P/S) | 2.448 | 1.788 | 1.686 |
| EPA+DHA | 1.825 | 2.153 | 2.120 |
| IA | 0.343 | 0.457 | 0.465 |
| IT | 0.059 | 0.205 | 0.230 |
| HH | 4.064 | 3.057 | 2.973 |

Nota: IA: Índice de aterogenicidad. IT: Índice de trombogenicidad. HH: Índice Hipocolesterolémicos/Hipercolesterolémicos

Las proporciones de AGPI n-6/n-3 fueron de 0.133, 0.651 y 0.764 en las etapas de recepción, horneado y esterilizado respectivamente, estuvieron por debajo de lo mencionado por Simopoulos (2002), que considera que la dosis o proporción óptima de n-6/n-3 varía entre 1/1 a 4/1 dependiendo de la enfermedad que se esté considerando. Los valores encontrados en la materia prima tuvieron valores similares a los encontrados por Zhang et al. (2020) para especies marinas (0.09-0.49) y los valores de los recortes horneados y esterilizados tuvieron valores similares a los encontrados por Rodrigues et al. (2017) en filetes de cinco especies de acuicultura de Brasil (0.66-1.28). Según Simopoulos, (2002) una proporción más baja de ácidos grasos n-6/n-3 en la dieta humana ayuda a prevenir enfermedades coronarias al reducir el colesterol en la sangre, mientras que el aumento de los niveles de esta relación puede promover la enfermedad cardiovascular.

Las relaciones P/S (2.448, 1.788 y 1.686) en las etapas de recepción, horneado y esterilizado respectivamente, fueron cercanos a los rangos encontrados por Rodrigues et al. (2017) en filetes de cinco especies de acuicultura de Brasil (2.11-3.47) y por encima de lo encontrado por Zhang et al. (2020) en especies marinas (0.26-0.82), quienes mencionaron que los alimentos que tienen una relación P/S por debajo de 0.45 se han considerado no aptos para la dieta humana debido a su potencial de aumentar el colesterol en la sangre.

Los valores de IA obtenidos (0.343, 0.457 y 0.465) y de IT (0.059, 0.205 y 0.230) en las etapas de recepción, horneado y esterilizado respectivamente, fueron similares a los encontrados por Rodrigues et al. (2017) en filetes de cinco especies de acuicultura del Brasil (IA: 0.19-0.34; IT: 0.06-0.11) e inferiores a los encontrados por Zhang et al. (2020) en especies marinas (IA: 0.56-1.25; IT: 0.34-0.73). Al respecto, reportaron que valores elevados de IA e IT podrían estimular la agregación plaquetaria y la posterior formación de trombos y ateromas en el sistema cardiovascular y mencionaron que los índices de

IA e IT están relacionados con los ácidos grasos pro y antiaterogénicos y pro y antitrombogénicos.

Los valores del índice HH calculados (4.064, 3.057 y 2.973) en las etapas de recepción, horneado y esterilizado respectivamente, estuvieron cercanos a los encontrados por Rodrigues et al. (2017) en filetes de cinco especies de acuicultura en Brasil (2.34 - 4.62), Zhang et al. (2020) reportaron valores menores para especies marinas (0.65 - 1.41), mencionando que este índice está relacionado con los efectos específicos de los ácidos grasos sobre el metabolismo del colesterol. En contraste con IA e IT, los valores más altos de HH consideran que son más beneficiosos para la salud humana.

Resultados microbiológicos

Los resultados microbiológicos en el producto terminado fueron negativos para mesófilos y termófilos, del mismo modo, Pino et al. (2017) reportaron ausencia de *Clostridium botulinum* en conservas de atún al natural, lo que indicaría que el proceso de esterilización cumplió con los estándares y se garantiza la inocuidad del producto.

Los resultados microbiológicos, tanto en la materia prima como en el producto terminado, se muestran en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6

Resultados microbiológicos para la materia prima recortes de caballa crudos

| Ensayo | Resultados | Límite por g (*) m | M |
|---|---------------------------------|-----------------------|-----------------|
| -Numeración de Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables (UFC/g) | 12 x 10 ⁴ | 5 x 10 ⁵ | 10 ⁶ |
| -Numeración de <i>Escherichia coli</i> (UFC/g) | <10 | 10 | 10 ² |
| -Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g) | <4 | 10 ² | 10 ³ |
| -Detección de <i>Salmonella</i> spp | Ausencia/25 g Ausencia/25 g) | | Ausencia/25 g |

Nota: (*) NTS N 071 MINSA/DIGESA V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano

Tabla 7

Resultados microbiológicos para los recortes de caballa esterilizada

| Ensayo | | | Resultados |
|----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Control de Esterilidad comercial | Mesófilos | Aerobios 0/3 Anaerobios 0/3 | Negativo |
| | Termófilos | Aerobios 0/3 Anaerobios 0/3 | Negativo |
| | | | |

Nota: (*) NTS N 071 MINSA/DIGESA V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano

En los productos enlatados es necesario obtener una condición durante el procesamiento térmico, conocida como esterilidad comercial. Esto implica la destrucción total de todos los microorganismos patógenos (intoxicación alimentaria) y la destrucción de aquellos microorganismos más resistentes al calor que pueden causar el deterioro en condiciones ambientales que probablemente se encuentren durante el almacenamiento y distribución previstos del producto (Bratt, 2013).

Del tratamiento térmico

Para encontrar el valor óptimo de F_0 en los recortes ahumados de pescado, se realizaron dos estudios de penetración de calor a temperatura de 120°C, obteniendo un valor F_0 de 6.3 como mínimo, luego de 38 minutos de esterilización,

El factor esterilizante (F_0) mínimo obtenido en la prueba fue de 6.265 min, valor superior al mínimo recomendado para obtener un producto comercialmente estéril, por lo que se puede considerar que dicho proceso programado (38 min x 120°C) fue el adecuado, sin embargo, es inferior al encontrado por Mohan et al. (2006), quienes trabajaron a diferentes valores de F_0 (7.0, 8.0 y 9.0) para estandarizar parámetros del proceso para camarón tigre en envases flexibles, encontrando que con $F_0=8.0$ fue el más aceptable por los miembros del panel sensorial que consideraron parámetros como color, sabor y textura.

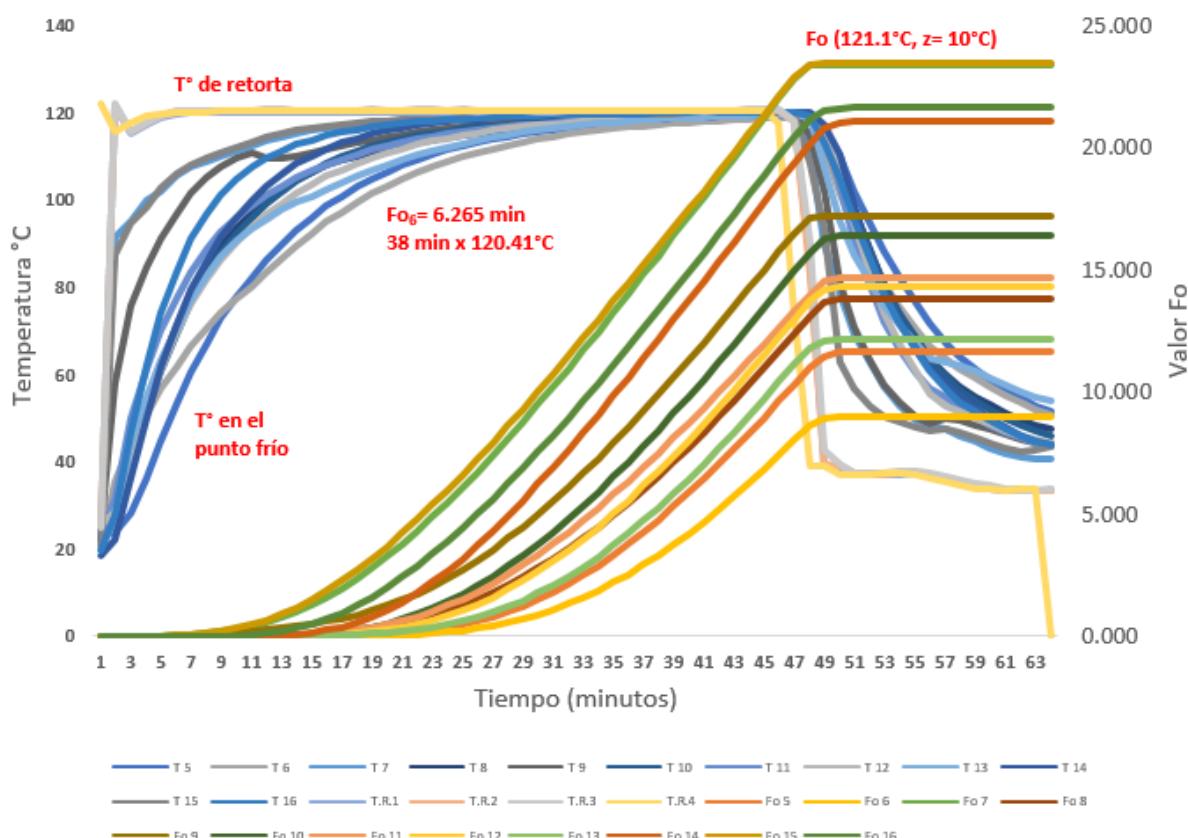
El valor de esterilización (valor F_0) generalmente se expresa en minutos a 121,1 °C (250 °F) necesarios para destruir un microorganismo objetivo. Stumbo (1973) calculó el tiempo para lograr una reducción de 12 log para las esporas de *C. botulinum* a partir del tiempo de reducción decimal a 121,1 °C (valor D121.1) de 0,21 minutos como equivalente a 2,52 minutos o un valor F_0 de 2,52. La “cocción botulínica” mínima F_0 3

(minutos) y se usa ampliamente hoy en día para alimentos enlatados de baja acidez. Muchos tratamientos de esterilización están diseñados para lograr un proceso considerablemente más alto que $F= 3$ minutos para inactivar los organismos de deterioro, a menudo están en el rango de 6 a 10 minutos para tener en cuenta no solo los organismos de descomposición resistentes al calor sino también la variabilidad del proceso para lograr un producto con la seguridad y estabilidad requeridas (Bean et al., 2012), (Food and Drug Administration, 2010).

en la gráfica siguiente se muestra la curva de penetración de calor.

Figura 1

Curva de penetración de calor en conservas de recortes ahumados de caballa en envases flexibles (250 g)



Conclusiones

Durante la elaboración del producto, la composición proximal varió significativamente en las etapas de horneado y esterilizado, reduciéndose la humedad e incrementándose la proteína, grasa y ceniza. Las bases volátiles nitrogenadas se incrementaron considerablemente después del esterilizado, sin embargo, estuvieron por debajo de los valores permitidos para la materia prima.

La luminosidad decreció significativamente luego del horneado y esterilizado y los valores de a^* y b^* se incrementaron, dando lugar a los cambios del color del músculo con tendencia a un color pardo.

El perfil de los ácidos grasos luego del horneado y esterilizado se incrementó significativamente, de los AGS, sobresalieron el C16:0 (1.449 g/100g) y C18:0 (0.555 g/100g), de los AGMI el C18:1n-9 (1.324 g/100g) y de los AGPI el Linoleico C18:2n-6 (1.548 g/100g), EPA C20:5n-3 (0.543 g/100g) y DHA C22:6n-3 (1.541 g/100g).

La cuantificación de los ácidos grasos, principalmente la serie omega-3, es importante para establecer los niveles presentes en los alimentos y también sus perfiles nutricionales, los valores obtenidos de los índices de calidad nutricional para el producto recortes ahumados horneados y esterilizados fueron: relación n-6/n-3 (0.764%), P/S (1.686), Índices IA (0.465) e IT (0.230) y HH (2.973) los cuales nos indican que son aptos para la dieta y beneficiosos para la salud humana, su consumo ayudaría a prevenir enfermedades coronarias y trastornos cardiovasculares.

Los resultados microbiológicos negativos en el producto terminado indicarían que se cumplieron con los estándares del tratamiento térmico ($F_0 = 6.265$), lo cual garantizaría la inocuidad del producto.

Agradecimiento

Los autores desean agradecer al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura y a la Empresa Pesquera Diamante S.A. por haber financiado este estudio con el Subproyecto PNIPA-PES-SIADE-PP-000035. Asimismo, agradecer a la Ing. Antonia Villalobos Noel y al personal operario de la Planta II del ITP por el apoyo en la experimentación y producción.

Contribución de autoría

Leny Rosario Ordóñez Ramos de Cano, redacción y edición del artículo. Sebastián Ángel Lozano Ayala, revisión del artículo y elaboración de tablas y figura. Eloísa Rosabel

Alarcón Kodzman, revisión del artículo y redacción de materiales y métodos. Tito Eduardo Llerena Daza, revisión de los resultados y discusión. Armando Solari Godíño, revisión del artículo: materiales, métodos analíticos y discusión. Saria Villanueva Pinedo, análisis estadístico e interpretación.

Conflictos de interés

Los autores señalan no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Agustinelli, S. P., & Yeannes, M. I. (2014). Effect of Frozen Storage on Biochemical Changes and Fatty Acid Composition of Mackerel (*Scomber japonicus*) Muscle. *Journal of Food Research*, 4(1), 135. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n>
- Arvanitoyannis, I. S., & Kassaveti, A. (2008). Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(4), 726–745. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01513.x>
- Asghari, L., Zeynali, F., & Sahari, M. A. (2013). Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: Changes in fatty acids, total protein, and minerals. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(4), 847–853. <https://doi.org/10.1111/jai.12212>
- Aubourg, S. P., Gallardo, J. M., & Medina, I. (1997). Change in lipids during different sterilizing conditions in canning albacore (*Thunnus alalunga*) in oil. *International Journal of Food Science and Technology* 32, 427–431.
- Aubourg, S. P. (2001). Review: Loss of Quality during the Manufacture of Canned Fish Products. *Food Science and Technology International*, 7(3), 199–215. <https://doi.org/10.1106/4H8U-9GAD-VMG0-3GLR>
- Barriga S. M, Salas M. A, Aranda, P. D., Castro, R. C., Albrecht, R. M., Solari, G. A., & Arpi, A. E. (2012). Información nutricional sobre algunas especies comerciales del mar peruano. *Boletín de Investigación*, 10, 10-12.
- Baten, M. A., Won, N. E., Mohibullah, M., Yoon, S. J., Hak Sohn, J., Kim, J. S., & Choi, J. S. (2020). Effect of hot smoking treatment in improving Sensory and Physicochemical Properties of processed Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius*. *Food Science and Nutrition*, 8(7), 3957–3968. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1715>
- Bean, D., Bourdichon, F., Bresnahan, D., Andy, D., Annemie, G., Tim, J., Jeanne-Marie, M., Pourkomailian, B., Philip, R., Mike, S., Mieke, U., & Marcel, Z. (2012). Risk Assessment Approach to setting Thermal Processes in Food Manufacture. In <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e004>

- Technology (Vol. 1). Europe, International Life Science Institute - ILSI.
- Bejaoui, S., Rabeh, I., Ghribi, F., Aouini, F., Chetoui, I., Telahigue, K., Soudani, N., & El Cafsi, M. (2019). Change in fatty acid composition and evaluation of lipids and protein oxidation in the commercial cooked clams (*Ruditapes decussatus*). *Grasas y Aceites*, 70(4), 1–12. <https://doi.org/10.3989/gya.1045182>
- Blanco, M., Sotelo, C. G., Chapela, M. J., & Pérez-Martín, R. I. (2007). Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. *Trends in Food Science and Technology*, 18(1), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.07.015>
- Bouriga, N., Bejaoui, S., Jemmali, B., Quignard, J. P., & Trabelsi, M. (2020). Effects of smoking processes on the nutritional value and fatty acid composition of Zander fish (*Sander lucioperca*). *Grasas y Aceites*, 71(1), 1–8. <https://doi.org/10.3989/gya.1061182>
- Bratt, L. (2013). Technical guide to fish canning. In FAO (Ed.), FAO GLOBEFISH Research Programme (Vol. 111). <https://bit.ly/3EyUG0D>
- Castro-González, M. I., Maafs-Rodríguez, A. G., & Romo, F. P. G. (2013). Variación del contenido de lípidos y perfil de ácidos grasos en atún, trucha marina y pámpano sometidos a seis técnicas de cocción. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 63(1), 74–86.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1995). Valores límite de nitrógeno básico volátil total NBVT de determinadas categorías de productos pesqueros y los métodos de análisis que deben utilizarse. *CCE*, 29(4), 95–98.
- ElShehawy, S. M., & Farag, Z. S. (2019). Safety assessment of some imported canned fish using chemical, microbiological and sensory methods. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(4), 389–394. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.08.005>
- Food and Drug Administration (2010). In Guidance for Industry (Vol. 0, Issue September). <https://doi.org/10.1186/1477-7525-4-79>.
- Gallardo, J. M., Pérez-Martín, R. I., Franco, J. M., Aubourg, S., & Sotelo, C. G. (1990). Changes in volatile bases and trimethylamine oxide during the canning of albacore (*Thunnus alalunga*). *International Journal of Food Science & Technology*, 25(1), 78–81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01061.x>
- Instituto del Mar del Perú e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (1996). Compendio Biológico Tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. 39-42. <https://bit.ly/41ihIME>
- Juárez, M. (2012). *Effect of protein and lipid oxidation in the changes of color in salted and dried herring and klippfish*. [Master Degree Thesis, Norwegian University of Science and Technology].

- Kilinc, B., & Cakli, S. (2005). Determination of the shelf life of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades in tomato sauce stored at 4 °C. *Food Control*, 16(7), 639–644. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.07.004>
- Maestre, R., Pazos, M., & Medina, I. (2011). Role of the raw composition of pelagic fish muscle on the development of lipid oxidation and rancidity during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(11), 6284–6291. <https://doi.org/10.1021/jf200686z>
- Majumdar, R. K., Dhar, B., Saha, A., Roy, D., Parhi, J., & Singh, A. S. (2017). Evaluation of Textural Quality as a Parameter to Optimize Thermal Process During Retort Pouch Processing of Boneless Rohu Balls in Curry Medium. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12925>
- Manson, J. E., Cook, N. R., Lee, I.-M., Christen, W., Bassuk, S. S., Mora, S., Gibson, H., Albert, C. M., Gordon, D., Copeland, T., D'Agostino, D., Friedenberg, G., Ridge, C., Bubes, V., Giovannucci, E. L., Willett, W. C., & Buring, J. E. (2019). Marine n-3 Fatty Acids and Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *New England Journal of Medicine*, 380(1), 23–32. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1811403>
- Mbarki, R., Ben Miloud, N., Selmi, S., Dhib, S., & Sadok, S. (2009). Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical and sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Food Microbiology*, 26(8), 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.05.008>
- Mesias, M., Holgado, F., Sevenich, R., Briand, J. C., Marquez-Ruiz, G., Morales, F. J., Fatty acids profile in canned tuna and sardine after retort sterilization and high pressure thermal sterilization treatment. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(2), 171-178.
- Mohan C. O., Ravishankar, C.N, Bindu, J., Geethalakshmi, V., & Srinivasa Gopal, T. K. (2006). Effect of thermal process time on quality of "Shrimp Kuruma" in retortable pouches and aluminium cans. *Journal of Food Science* 71(6), 496–500. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00099.x>
- Petenuci, M. E., dos Santos, V. J., Gualda, I. P., Lopes, A. P., Schneider, V. V. A., dos Santos, O. O., & Visentainer, J. V. (2019). Fatty acid composition and nutritional profiles of Brycon spp. from central Amazonia by different methods of quantification. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1551–1558. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03654-4>
- Pino Hernández, E., Serrada, A., & Farías, C. (2017). Efecto Del Proceso De Esterilización En Conservas De Atún Al Natural ::Effect of the Sterilization Process Canned Tuna in Water. *Saber*, 29(0), 374–384. <http://www.ojs.udo.edu.ve/index.php/saber/article/view/2665>
- Portella, C. G., Sant'Ana, L. S., & Valenti, W. C. (2011). Sensory aspects of liquid smoking of giant river prawn: Comparison with traditional smoking. *International Journal of* <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e004>

- Food Science and Technology, 46(4), 834–839. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02564.x>
- Rodrigues, B. L., Cruz, S. C. A. C. V., Da Costa, M. P., Da Silva, F. A., Mársico, E. T., & Conte, C. A. (2017). Fatty acid profiles of five farmed Brazilian freshwater fish species from different families. *PLoS ONE*, 12(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178898>
- Rodríguez, A., Carriles, N., Gallardo, J. M., & Aubourg, S. P. (2009). Chemical changes during farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) canning: Effect of a preliminary chilled storage. *Food Chemistry*, 112(2), 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.073>
- Romotowska, P. E., Gudjónsdóttir, M., Kristinsdóttir, T. B., Karlsdóttir, M. G., Arason, S., Jónsson, Á., & Kristinsson, H. G. (2016). Effect of brining and frozen storage on physicochemical properties of well-fed Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) intended for hot smoking and canning. *Lwt*, 72, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.055>
- Selmi, S., Monser, L., & Sadok, S. (2008). The influence of local canning process and storage on pelagic fish from Tunisia: Fatty acid profiles and quality indicators. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(3), 443–457. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00189.x>
- Shakila, R. J., Vijayalakshmi, K., & Jeyasekaran, G. (2003). Changes in histamine and volatile amines in six commercially important species of fish of the Thoothukkudi coast of Tamil Nadu, India stored at ambient temperature. *Food Chemistry*, 82(3), 347–352. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00552-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00552-6)
- Sielaff H. (2000). *Tecnología de la fabricación de conservas*. Acribia, Zaragoza, España, p 195.
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56(8), 365–379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
- Sriiamornpun, S., Yang, L., Kubola, J., & Li, D. U. O. (2007). Changes of Omega-3 Fatty Acid Content and. *Journal of Food Lipids*, 15(2008), 164–175.
- Stumbo C.R. 1973, *Termobacteriology in food processing*. 2nd ed. New York: Academic Press, p 236.
- Zhang, X., Ning, X., He, X., Sun, X., Yu, X., Cheng, Y., Yu, R. Q., & Wu, Y. (2020). Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. *PLoS ONE*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228276>
- Zhong-Yuan, L., Da-Yong, Z., Kanyasiri, R., Hong -Kai, X., De-Yang, L., Bei-Wei, Z., & Fereidoon, S. (2019). Impact of Frying on Changes in Clam (*Ruditapes*). <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e004>

philippinarum) Lipids and Frying Oils: Compositional Changes and Oxidative Deterioration. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 96(12), 1367–1377. <https://doi.org/10.1002/aocs.12293>