

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*): Potenciales productos alimenticios derivados del principal recurso acuícola en regiones altoandinas

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Potential food products derived from the main aquaculture resource in high Andean regions

Marco Antonio Florez-Jalixto*¹ y David Julián Roldán-Acero²

Abstract

Trout was introduced in our country in 1928 and managed to adapt to the freshwater ecosystems of the Peruvian highlands. It currently represents the economic livelihood of many micro and small-scale fish farmers, together with medium and large companies in regions such as Puno, Pasco, Huancavelica and Junín, whose growth in recent years has been considerable. The 71.98% of this resource was destined for consumption in its fresh state and only 28.02% was processed as frozen, which shows the lack of diversification of value-added products in the production chain of this sweet aquaculture species, together with a shortage of research. Therefore, the purpose of this research was to compile the latest studies, carried out in different countries, related to the processing of this species because it is an excellent raw material due to its nutritional value and techno-functional characteristics. The research work collected covered the use of traditional methods and technologies such as marinating, salting, drying, and smoking, as well as innovative restructuring processes applied to trout minced muscle and filleting by-products. These investigations found that the different food products were differentiated by their physical and sensory attributes, techno-functional properties, shelf life and/or preparation. With this review, we hope to contribute to the triple helix model focused on this resource, from and for the Andes, to promote its sustained production, productive chain, and food security for the inhabitants of the Andean regions.

Keywords: innovation, food technology, food preservation, food processing, nutrients.

Resumen

La trucha fue introducida en nuestro país en 1928 y logró adaptarse a los ecosistemas dulceacuícolas de la sierra peruana. Actualmente representa el sustento económico de muchos acuicultores de la micro y pequeña empresa junto con la mediana y gran empresa de regiones como Puno, Pasco, Huancavelica y Junín, cuyo crecimiento en los últimos años ha sido considerable. El 71,98% de este recurso fue destinado para su consumo en estado fresco y solo el 28,02% fue procesado como congelado, lo que evidencia la poca diversificación de productos con valor agregado en la cadena productiva de esta especie dulceacuícola junto a una escasez de investigaciones. Por ello, el propósito de esta investigación fue recopilar los últimos estudios, realizados en distintos países, relacionados con el procesamiento de esta especie debido a que es una excelente materia prima por su valor nutritivo y características tecnofuncionales. Los trabajos de investigación recopilados abarcaron el uso de métodos y tecnologías tradicionales como marinado, salado, secado y ahumado, y también procesos innovadores de reestructuración aplicados al músculo picado de trucha y subproductos del fileteado. Dichas investigaciones encontraron que los distintos productos alimenticios se diferenciaron por sus atributos físicos y sensoriales, propiedades tecnofuncionales, vida útil y/o preparación. Con esta revisión, se espera aportar al modelo de triple hélice enfocado a este recurso, desde y para los Andes, para promover su producción sostenida, cadena productiva y seguridad alimentaria de los habitantes de las regiones andinas.

Palabras clave: innovación, tecnología alimentaria, conservación de los alimentos, procesamiento de alimentos, nutrientes.

Recibido: 30/03/2021

Aceptado: 20/06/2021

Publicado: 15/08/2021

Sección: Artículo de revisión

***Autor correspondiente:** 20200658@lamolina.edu.pe

Introducción

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie perteneciente a la familia salmonidae, la cual fue introducida en la Oroya, Junín en 1928. Esta especie logró adaptarse a los ecosistemas dulceacuícolas de montaña, principalmente ambientes lénticos y lóticos de la sierra peruana. El cultivo de esta especie, que se desarrolla entre 2300 a 4600 metros de altitud, representa una actividad económica primordial y constituye un sustento importante de los productores de acuicultura de micro y pequeña empresa (AMYPE) y de la mediana y gran empresa (AMYGE) en la región altoandina. Las

producciones de trucha de la actividad acuícola en los años 2015, 2016, 2017 y 2018 fueron de 40 946 t,

¹Círculo de Investigación para el Aprovechamiento Integral de los Recursos Hidrobiológicos, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7874-788X>.

²Departamento de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2829-6873>.

Cómo citar: Florez-Jalixto, M. A. y Roldán-Acero, D. J. (2021). La trucha (*Oncorhynchus mykiss*): Potenciales productos alimenticios derivados del principal recurso acuícola en regiones altoandinas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 159–170. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.279>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

52 245 t, 54 878 t y 64 372 t, respectivamente; en 2019, el consumo per cápita de esta especie fue de 0,46 kg/habitante, mientras que su extracción total fue de 50 899,9 t y se destinaron 39 640,2 t y 11 259,7 t para el consumo en estado fresco y congelado, respectivamente; asimismo, el anuario de pesca y acuicultura no reportó la producción de productos curados. Las mayores extracciones de trucha a nivel nacional fueron realizadas por departamentos de la sierra como Puno con 32 580 t, Pasco con 7 213 t, Huancavelica con 4 321 t y Junín con 3 198 t (Ministerio de la Producción, 2020).

El estado, mediante dispositivos legales, otorga concesiones para el desarrollo de la acuicultura de la trucha, principalmente en ambientes lénticos de montañas andinas, donde generalmente los centros de producción y sus salas de procesamiento primario son cercanos (Ministerio de la Producción, 2020). Desde la década pasada, las estrategias para combatir la desnutrición y anemia en regiones de la selva y sierra (mayormente a nivel rural) se han incrementado (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019); además de esfuerzos en la promoción del consumo de pescado y mejora de la sostenibilidad y competitividad de la cadena productiva, lo que conlleva al incremento de puestos de trabajo y de ingresos de las familias productoras, además de la inclusión de la mujer (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017). La intervención comunitaria, de universidades y servicios de salud demostró un impacto positivo en la disminución de la desnutrición infantil y anemia en zonas rurales andinas (Reyes Narvaez *et al.*, 2019).

Lo anterior se resume en el modelo triple hélice, cuyo enfoque entre el sector académico (universidades), sector productivo (productores AMYPE y AMYGE) y el sector público (Sierra exportadora, Ministerios de la Producción, Salud y Turismo) deben tener como propósito fomentar el desarrollo desde y para la región andina (Escobar-Mamani *et al.*, 2020). Si bien ya se ha comenzado a prestar la debida atención a la urbanización y sus repercusiones en el entorno agrícola de la región andina (Haller y Branca, 2020), es necesario también considerar la acuicultura andina y las actividades relacionadas a la ciencia y tecnología de alimentos para su completo análisis orientado a los problemas ambientales y desarrollo sostenible. En este sentido, la producción sostenida de trucha, su innovación y creación de productos alimenticios junto con la promoción de su consumo contribuye con la seguridad alimentaria de la población andina. Bajo este contexto, esta revisión tuvo como objetivo la recopilación de investigaciones actualizadas en tecnologías tradicionales e innovadoras para la elaboración de productos alimenticios con valor agregado a base de trucha.

Materiales y métodos

La información fue obtenida en las siguientes bases de datos: Scopus, Wiley Online Library, Taylor & Francis Online, ScienceDirect y Google Scholar. Las palabras clave introducidas fueron: *smoked rainbow trout, restructured fish products, ready-to-eat products, fish mince products, value-added seafood*. Esta revisión recopiló investigaciones de países como Brasil, Chile, España, Irán, Italia, México, Polonia y principalmente Turquía,

donde la demanda de trucha aumentó significativamente en la última década. Como resultado, estos países han desarrollado diferentes formas de producción y consumo a través de procesos tradicionales como salado, marinado y ahumado hasta procesos innovativos de reestructuración en músculo picado de trucha y subproductos del fileteado.

Las referencias bibliográficas utilizadas correspondieron a trabajos de investigación publicados en revistas indexadas del 2003 a 2021, de los cuales el 65 % corresponden a los últimos cinco años. Dichos artículos fueron clasificados, revisados, resumidos según el tipo proceso, estudio de vida útil e innovación con el fin de organizar la estructura del artículo de revisión.

Resultados y discusión

Los procesos de salado y ahumado han experimentado cambios en las metodologías y equipos utilizados; sin embargo, los procesos de marinado han seguido prácticas tradicionales (Borderías y Moreno, 2018). El uso de aditivos como la cloruro de sodio (NaCl), azúcar, nitritos, nitratos, fosfatos, condimentos o especias tienen como finalidad la conservación, vía química, de los productos pesqueros curados, (Mahmud *et al.*, 2018), mientras que los productos reestructurados incluyen aglutinantes como la transglutaminasa, proteína de suero, harinas, gomas, entre otros (Añorve Saltaverde *et al.*, 2019). El color de los productos pesqueros de especies salmónidas es un parámetro de calidad importante que influye en los consumidores. Por ello, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) propuso un método universal para el estudio del color mediante los parámetros: L* (Luminosidad), a* (Tendencia a rojo), b* (Tendencia a amarillo) (Ayvaz *et al.*, 2017; Dawson *et al.*, 2018).

A nivel nacional, las investigaciones sobre procesamiento de trucha fueron escasas, al menos, en los últimos cinco años; sin embargo, en el periodo de 1990 a 2015 se realizaron estudios en marinado, ahumado, enlatado y reestructurados como *nuggets* y hamburguesas a nivel de pregrado. De igual forma, a nivel de revistas indexadas peruanas solo se ha reportado una innovación en la elaboración de una conserva de carne de trucha recuperada mecánicamente con la inclusión de hierbas aromáticas andinas (Jimenez *et al.*, 2019).

Proceso de salado

Durante el salado, el contenido de agua del músculo de trucha decrece gradualmente, mientras que el contenido de sal se incrementa; estos cambios se deben a la concentración y diferencia de presión osmótica. La rápida absorción de la sal ocurre en las 2 primeras horas del proceso, seguido de una absorción lenta de hasta 10 horas (Akköse y Aktaş, 2016). El salado no solo limita el crecimiento microbiano al reducir la actividad de agua y el pH, sino que también prolonga la vida útil del músculo de trucha y mejora así los atributos sensoriales y propiedades tecnofuncionales. Por esta razón, el salado es un paso previo y crucial en los procesos de ahumado (Arason *et al.*, 2014; Qin *et al.*, 2017; Simpson *et al.*, 2018). Así, Ünlüsayin *et al.* (2010) indicaron que los procesos de salado a una concentración de NaCl de 20%, como etapa preliminar para el ahumado de

trucha, disminuye la pérdida de las proteínas musculares. Además, los autores no recomiendan concentraciones de sal superiores al 20% debido a que el contenido de proteínas en el extracto (solución de sustancias solubles en agua del pescado) es bajo, y señalan que existe una correlación entre la tasa de transferencia de grasa al extracto y la concentración de NaCl al músculo de la trucha.

La importancia del coeficiente de difusión de la sal (CDS) en el músculo de trucha permite predecir la absorción de la sal durante el proceso de salado de esta especie. Akköse y Aktaş (2016), durante el proceso de seco-salado de trucha a 10°C, determinaron el CDS ($6,64 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s} - 16,45 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) y concluyeron que depende del tiempo; sin embargo, señalan que se debe considerar la fracción lipídica del músculo de la trucha ya que puede afectar el CDS. El valor de luminosidad (L^*) de la trucha, luego del salado, disminuyó por posibles modificaciones de las miofibrillas durante el salado y la eliminación de la sangre del músculo, también se reportó una leve disminución de valor a^* , mientras que el valor b^* no reportó cambios significativos (Ayvaz *et al.*, 2017).

Los filetes de pescado son salados ligeramente por inmersión o inyección de salmuera, lo cual mejora la estabilidad del producto almacenado en congelación, aumenta la capacidad de retención de agua (CRA) y no afecta la textura. Luego del proceso de salado (NaCl al 2%), los filetes salados son congelados (Arason *et al.*, 2014). Un nuevo método de salado consiste en la inyección de salmuera en el músculo de pescado que aumenta el rendimiento y acorta el proceso de salado, además, brinda una distribución de la sal uniforme a los filetes (Simpson *et al.*, 2018). Recientemente, Lerfall y Hoel (2021) compararon los métodos de salado por inyección de salmuera y salado en seco en filetes de salmón. Las propiedades colorimétricas y de textura fueron similares para ambos métodos, pero el método por inyección obtuvo un contenido de sal, actividad de agua y rendimiento promedio de 1,8%, 0,984 y 97,85%, respectivamente, en comparación al método de salado en seco que obtuvo valores de 1,9%, 0,978 y 90,9%, respectivamente.

Proceso de marinado

El proceso de marinado (método semiconservante) utiliza soluciones de ácidos orgánicos, como el ácido acético (vinagre) con NaCl, que inhiben el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática. Dichos efectos inhibitorios aumentan con la concentración y el tiempo de marinado, mas, el pH de la solución debe de estar por debajo de 4,5 (Arason *et al.*, 2014). El uso de 3% de ácido acético y sal (60 g/l) en el marinado de trucha tuvo como principal efecto la degradación proteolítica, que se reflejó en valores de contenido de proteína soluble en sal de 16,13 g/100g de materia seca (m.s) y aminoácidos libres totales de 5,722 mg/100 g m.s, luego de 12 días de marinado (Demirok *et al.*, 2014).

Maktabi *et al.* (2015) emplearon un marinado local de Irán, cuya formulación constó de 500 ml de jugo de limón industrial, 250 g de ajo fresco, 60 g de sal, 3 g de cúrcuma, 1 g de chile picante en polvo, 3 g de pimienta negra y 100 ml de agua. Con esta formulación, la carne de trucha se marinó y congeló durante 56 días

sin cambios desfavorables durante su almacenamiento a -18°C. En un estudio posterior, los filetes de trucha fueron marinados y almacenados a 4°C durante 10 días. Tras lo cual, la misma formulación de marinado mejoró la vida útil del producto y de esta manera previno la degradación de proteínas y retrasó el deterioro microbiano, de modo que no se detectaron cambios indeseables en los filetes de trucha, al menos, durante los 8 primeros días de almacenamiento (Maktabi *et al.*, 2016).

La utilización de jugo de granada, solo (100%) y mezclado con ácido acético, como fuente natural en la elaboración de una solución de marinado, obtuvo incrementos en los contenidos de grasa, proteína y sal, y mejoró las propiedades sensoriales de filetes de trucha en el noveno día. De hecho, el uso de 50% de jugo de granada logró suprimir el sabor intenso a ácido acético (Demirok *et al.*, 2014). El uso de aceites esenciales de tomillo, romero, orégano o eugenol y el uso de ácido cítrico ayudan a mejorar las características sensoriales, además, poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Giavasis *et al.*, 2014; Maktabi *et al.*, 2016; Patir *et al.*, 2014; Yıldız, 2016). En el estudio de Fellenberg *et al.* (2020), el uso de antioxidantes naturales como extracto de orégano (470 mg/l), extracto de quillaia (6,84 ml/l) y extracto de romero (7,2 ml/l) mejoró el color de los filetes marinados de trucha (preservación parcial del rojo) al inhibir la oxidación lipídica. Como resultado, se prolongó la vida útil del producto por 6 días en refrigeración. Por otro lado, los efectos de diferentes combinaciones de eugenol (0,1% y 0,5%) y ácido acético (2% y 4%) en el marinado de filetes de trucha tuvieron efectos favorables en los cambios sensoriales, químicos y microbiológicos, manteniéndose consumibles durante 70 días (Patir *et al.*, 2014). La adición de aceites esenciales de tomillo y romero, ambos al 1% (v/p), controlaron que los microorganismos patógenos no excedan los límites recomendados (7 log ufc/g), además, los valores del total de bases volátiles nitrogenadas (TVB-N) no excedieron el límite (25 mg/g), mientras que el grado de oxidación lipídica de los filetes de trucha, que es evaluado por la medición de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS), presentaron valores bajos de TBARS debido al efecto antioxidante, que extendió la vida útil del producto (150 días); sensorialmente, el aceite de tomillo obtuvo una mayor puntuación que el aceite de romero (Yıldız, 2016). De igual manera, el efecto combinado de 0,5% de aceite de orégano, 0,1% de ácido cítrico, 4 horas de salado y una temperatura de 85 °C en el proceso de marinado de filetes de trucha garantizaron buenos resultados en las características sensoriales del producto empacado en condiciones de atmósfera modificada y almacenado por 150 días. El aceite de orégano mejoró la apariencia y mantuvo un color deseable durante el almacenamiento, mientras que el uso de 0,1% de ácido cítrico reportó valores bajos de pH y TBARS (Giavasis *et al.*, 2014),

Szymczak *et al.* (2019) demostraron que la reutilización de salmuera, que incluye catepsinas y péptidos, en el marinado de trucha mejoró su maduración luego de 7 días, reportando 85,2% de rendimiento de masa, 2,11% de NaCl, 1,73% de ácido acético, 4,24 de pH, 65,26% de humedad y 3,27 g/100 g de nitrógeno total; mientras que los valores L^* , a^* y b^* fueron de 64,2, 12,5 y 3,6, respectivamente. También se logró disminuir en un

Tabla 1. Composición proximal y química de productos reestructurados de trucha

Parámetro	Taskaya <i>et al.</i> (2003)		Öksüztepe <i>et al.</i> (2010)		Çankırlıgil y Berik (2017)		Duman y Karaton Kuzgun (2018)		Aydin y Kaya (2018)		Aydin <i>et al.</i> (2020)		Husein <i>et al.</i> (2020)		
	Filete fresco	Filete congelado	Hamburguesa	Albóndiga con 2 % de lactato	Croqueta	Croqueta frita	Filete fresco	Carne ahumada	Calentamiento convencional	Calentamiento Óhmico	Paté de trucha ahumada	Filete fresco	Carne ahumada	Calentamiento convencional	Calentamiento Óhmico
Proteína (%)	16,63	17,5	13,77	13,38	13,38	23,26	26,45	22	22,73	13,62	13,89	13,62	26,45	22	22,73
Grasa (%)	1,95	2,87	6,48	11,32	11,32	12,34	17,56	15,61	16,31	4,7	5,38	4,7	17,56	15,61	16,31
Humedad (%)	63,61	61,87	58,13	49,54	49,54	60,24	53,63	60,44	59,42	72,45	72,27	72,45	53,63	60,44	59,42
Ceniza (%)	3,38	3,33	3,01	3,37	3,37	2,13	2,15	2,09	2,1	1,92	1,86	1,92	2,15	2,09	2,1
Rendimiento (%)				2,59	3,01	93,51	94,03	43,9							
pH	7,03	6,83	6,78	6,3	6,3	6,72	6,61	6,5	6,52	5,97	6,03	5,97	6,61	6,5	6,52
TVB-N (mg/100g)			12,45	7,13	7,13	18	17,33	11,82	12,19						
TBARS (mg MDA/kg)	0,33	0,11	0,89	0,68	0,68	0,3	0,35	0,38	0,6	1,3	1,02	1,3	0,35	0,38	0,6
Aminoácidos (g/100g muestra)			13,30												
Ácido eicosapentaenoico (EPA)			3,67	3,48	3,48					4,49	4,39	4,49			
(g/100 g de ácidos grasos totales)															
Ácido docosahexaenoico (DHA)			23,90	23,76	23,76										
(g/100 g de ácidos grasos totales)															
Ácidos grasos poliinsaturados (g/100 g de ácidos grasos totales)			49,21	59,49	59,49					45,4	45,43	45,4			

30% la formación de productos primarios de la oxidación lipídica y la dureza de la carne.

Proceso de ahumado

Si bien el proceso de ahumado implica un tratamiento térmico, el agente conservante es atribuido a los productos químicos del humo (compuestos volátiles que poseen efectos antimicrobianos y antioxidantes) que penetran el músculo del pescado (Mahmud *et al.*, 2018). Los métodos más utilizados son el ahumado en caliente y ahumado en frío. El ahumado en caliente emplea temperaturas mayores a 30°C (rango normal de 70 a 80°C) e implica la cocción del pescado, su secado (por el calor del humo) y ahumado; mientras que, en el ahumado en frío, la temperatura permanece por debajo de 30°C, lo que implica que el pescado deba ser cocinado antes de su consumo (Adeyeye, 2019).

La trucha ahumada en frío es un producto tradicional en Italia. Al respecto, Iacumin *et al.* (2017) estudiaron el almacenamiento a 4°C de rodajas de trucha ahumadas en frío, envasadas al vacío (RTEV) y en condiciones de atmósfera modificada (RTEAM), reportando que los valores de TVB-N se incrementaron con el tiempo sin exceder el límite (40 mg N/100 g) luego de transcurrido 45 días; también las concentraciones de TBARS fueron menores a 10 nmol/g, adicionalmente, la conservación del producto y la calidad sensorial fue mayor en las RTEAM que en las RTEV. Por otro lado, Ficicilar y Genccelep (2017) estudiaron el ahumado en caliente de trucha. El producto envasado al vacío experimentó un incremento en la concentración de TBARS debido al efecto pro-oxidativo del NaCl en los lípidos de la trucha; de igual manera, el valor TVB-N se incrementó significativamente, esta tendencia continuó durante los 21 días de almacenamiento a 4°C. El proceso tuvo un efecto reductor sobre la acumulación de aminos biógenas, principalmente histamina, cuyo contenido en el ahumado osciló entre 0,83-15,60 mg/kg. Gürel İnanlı *et al.* (2018) estudiaron la vida útil de filetes de trucha ahumada en caliente (sumergidos en 4 tipos salsas), empacadas al vacío y almacenadas en refrigeración, reportando que la salsa formulada con 100 ml de aceite de oliva, 5 g de ajo y 5 g de tomillo obtuvo mayor aceptabilidad, con una vida útil de 35 días.

En general, los procesos de salado y ahumado modifican el color del pescado. Las reacciones de Maillard entre el grupo carbonilo y aminoácidos libres son influenciados por la composición de depósitos del humo y la interacción entre el contenido de pigmento carotenoides y los componentes del tejido del pescado (Dawson *et al.*, 2018; Ficicilar y Genccelep, 2017). Según Ayvaz *et al.* (2017), el pescado ahumado puede no tener un color homogéneo en la carne debido a la calidad de la materia prima o método de ahumado. El uso de condensados de humo líquido ayuda a la homogenización del color. Así, la inmersión de filetes de trucha en humo líquido condensado incrementó la actividad de agua y no evitó el aumento de bases volátiles, pero otorgó un olor, color y aroma único a los productos. Luego del ahumado y cocción, los niveles de L* disminuyeron entre 23,63 a 25,69 (color más oscuro), mientras el valor a* aumentó (se espera valores no muy altos para productos ahumados) y el valor b* no mostró

cambios significativos al no existir influencia del salado y ahumado. Rizo *et al.* (2017) utilizaron una solución de humo líquido (60% v/v) y 4% de NaCl durante 24 horas. El producto final obtuvo una aceptación sensorial similar al producto comercial. Luego, sustituyeron el 50% de NaCl por cloruro de potasio (KCl), logrando una reducción de 42% de sodio. La trucha ahumada (con KCl y NaCl) alcanzó una humedad de 66%, una actividad de agua de 0,955, pH de 6,04 y una oxidación lipídica menor que las muestras control. La textura, el color y las características fisicoquímicas del producto no se vieron afectadas durante los 42 días en refrigeración. Los valores de L*, a* y b* fueron de 33, 11 y 15, respectivamente. El aumento de L* pudo atribuirse a la pérdida de agua de las muestras durante su refrigeración.

Bienkiewicz *et al.* (2019) estudiaron los cambios en la cantidad de ácidos grasos omega 3 (mg/1 g de lípido) de la fracción de lípidos extraída (relación cloroformo:metanol de 1:1) en las etapas de ahumado en caliente: salado, secado, ahumado y calentado, que reportaron valores de 109, 107, 82 y 81 mg/1 g de lípido, respectivamente; los factores físicos como la temperatura y los procesos oxidativos en los lípidos ocasionaron pérdidas de ácidos grasos omega 3, adicionalmente, durante las etapas de salado, secado, ahumado y calentado, los valores de TVB-N (mg/100 g) fueron de 7, 7,4, 8,1 y 9 mg/100 g, respectivamente; mientras que los valores de actividad de agua variaron de 0,911 a 0,958. Por otro lado, el uso de tecnologías de barreras en filetes de trucha, que involucran el ahumado en caliente y congelación como operaciones previas al uso de alta presión hidrostática, demostró un efecto sinérgico. Así, la combinación de 0,5% (v/v) de humo líquido, congelación (-80°C) y una presurización a 200 MPa por 15 minutos logró la reducción de *Listeria monocytogenes* en 5,48 log ufc/g (Economou *et al.*, 2020).

Productos reestructurados de pescado

Los productos pesqueros reestructurados son elaborados a partir de músculo picado de pescado (MPP) y/o surimi, los cuales son formulados con ingredientes y sometidos a tratamientos térmicos que definen la textura y las propiedades gelificantes, además, permiten la creación de nuevos productos innovadores y atractivos (Añorve Saltaverde *et al.*, 2019; Vilca-Caceres *et al.*, 2020). El MPP es visto como un producto menos refinado comparado con el surimi debido a que el MPP retiene componentes que ocasionan inestabilidad como enzimas, lípidos y pigmentos, que conllevan a diferencias en el sabor y textura frente al surimi (concentrado de actina y miosina) (Hall, 2010). La elaboración de surimi de trucha (ST) mejora sus propiedades de emulsión y gelificación cuando se trabaja a pH alcalino (<9) y con la adición de fosfatos de sodio (<0,05%) (Díaz-Vela *et al.*, 2008). El ST, comparable al surimi de sardina, es adecuado para la elaboración de kamoboko (Chang *et al.*, 2011). En la tabla 1 se presenta el contenido proximal y las propiedades químicas de los productos reestructurados a base de trucha, en la cual, se observó la disminución del contenido de aminoácidos en las croquetas por efecto de la fritura que implicó una pérdida de agua, adicionalmente, esta pérdida de agua también

Tabla 2. Efecto de aditivos alimentarios sobre las propiedades sensoriales, físicas y bioquímicas de productos reestructurados de trucha y vida útil

Producto	Aditivo	Concentración (%)	Efecto	Vida útil	Referencia
Hamburguesa	Acetato de sodio	2 %	Efecto sinérgico, incremento de la vida útil, estabilidad sensorial, bioquímica y microbiológica.	21 días a 4 °C	Ehsani et al. (2014)
	Aceite de Zataria multiflora	0,025 %, 0,05 % y 0,1 %			
Hamburguesa	Almidón nativo	5 %	Valores bajos de almidón resistente de 0,92 y 3,4 % para papa y chayotextle, respectivamente.	21 días a 0 °C	Acosta-Pérez et al. (2019)
	Almidón modificado térmicamente	5 %	Mejora el color, la estabilidad del pH, CRA y propiedades de perfil de textura. Contenido alto de almidón resistente de 33 y 30 % para papa y chayotextle, respectivamente; que proporciona propiedades funcionales relacionadas a la salud.		
	Almidón modificado en medio ácido	5 %			
Hamburguesa	Extracto de cáscara de granada <i>Punica granatum</i>	0,5 %	Valores de índice de peróxido y TBARS de 11,5 meq O ₂ /kg y 2,32 mg MDA/kg, respectivamente en el día 15.	15 días a 4 °C	2* Uçak (2020)
		1 %	Valores de índice de peróxido y TBARS de 8,58 meq O ₂ /kg y 2,25 mg MDA/kg, respectivamente en el día 15.		
Hamburguesa	Gelatina comestible	2 %	Luego de 14 días los valores de pH, peróxidos, TVB-N y TBARS fueron de 6,25, 5,32 meq O ₂ /kg lípido, 24,3 mg N/100 g y 1,7 mg MDA/kg, respectivamente.	14 días a 4 °C	Hazavehei et al. (2019)
	Aceite esencial de la microalga <i>Dunaliella salina</i>	0,9 %			
Hamburguesa	Película comestible enriquecida con macroalga <i>Himantalia elongata</i>	-	Valores L*, a* y b* de 49,41, 7,59 y 15,65, respectivamente.	7 días a 4 °C	Albertos et al. (2019)
			En el séptimo día los valores de actividad de agua y pH fueron de 0,982 y 6,47, respectivamente. Mientras que el valor de TBARS fue cercano a 0,3 mg MDA/kg y se redujo la oxidación de las HT.		
	Película comestible enriquecida con macroalga <i>Palmaria palmata</i>		Valores L*, a* y b* de 47,87, 7,87 y 16,13, respectivamente.		
			En el séptimo día los valores de actividad de agua y pH fueron de 0,98 y 6,47, respectivamente. Mientras que el valor de TBARS fue cercano a 0,6 mg MDA/kg y se redujo la oxidación de HT.		
<i>Nugget</i>	Extracto de <i>Iyengaria stellata</i>	1 %	Mayores valores de rendimiento, cohesión, luminosidad (L*) y tendencia a amarillo (b*).	60 días a -18 °C	Asadi et al. (2018)
		3 %	Menores valores de elasticidad y adhesividad. Mayores valores de dureza, adhesividad, fuerza adhesiva, masticabilidad, tendencia a rojo (a*). Menores valores de humedad, valor peróxido, ácidos grasos libres, TBARS.		

Producto	Aditivo	Concentración (%)	Efecto	Vida útil	Referencia
Albóndiga	Transglutaminasa	1%	Contenido bajo de aminos biógenas (256,84 mg/kg).	60 días a -25 °C	Palmeira et al. (2014)
	Proteína de soya	4%	Valores de pH y TBARS de 6,17 y 0,17 mg MDA/kg, respectivamente.		
Albóndiga	Lactato de sodio	2%	Incremento de la vida útil del producto sin causar cambios sensoriales indeseables en el producto durante 16 días.	16 días a 4 °C	Öksüztepe et al. (2010)

tuvo como resultado el incremento de la cantidad total de ácidos grasos poliinsaturados por concentración; sin embargo, el contenido de EPA y DHA disminuyeron por efecto del tratamiento térmico. Respecto a las hamburguesas de trucha y lubina, se observó que el tiempo de almacenamiento no tuvo efecto significativo en la composición proximal, pH, degradación lipídica y, sobre todo, en el contenido de ácidos grasos de interés; al parecer, la temperatura de congelación (-18°C) no ocasionó cambios en la composición nutricional del producto. Mientras que en la tabla 2 se resumió el efecto de la utilización de aditivos en la vida útil, en dicha tabla, se evaluaron diferentes concentraciones de aditivos, el efecto sinérgico de dos aditivos, en algunos casos, y su repercusión en la vida útil sin descuidar la calidad nutricional y sensorial de los alimentos.

Hamburguesas

Las hamburguesas y albóndigas de pescado pueden elaborarse partir de pescado precocido o MPP lavado (mediante 2 lavados de 10 min/lavado con agua fría y un tercer lavado con 0,3% de sal por 5 min) o MPP sin lavar, su formulación incluye harina de maíz, vegetales mixtos, especias y huevos (Köse *et al.*, 2009). Las hamburguesas de trucha (HT) elaboradas a partir de filetes congelados reportaron valores inferiores de pH y TBARS en comparación a las elaboradas a partir de filetes frescos, las cuales fueron inferiores al valor límite de 0,5 mg malonaldehído/kg (mg MDA/kg), que asegura una adecuada calidad del producto durante el almacenamiento (Taşkaya *et al.*, 2003). Por otro lado, Ehsani *et al.* (2014) señalaron que las HT sufren cambios indeseables debido a la hidrólisis y oxidación lipídica durante su almacenamiento de 21 días tanto a 4°C como a 0°C. Por ello, el almacenamiento en congelación preserva la pérdida de la calidad nutricional de HT ocasionada por fenómenos oxidativos. Como resultado, hubo una disminución del valor de TBARS (por el efecto antioxidante del jugo de limón añadido a la formulación) y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de la HT no cambió luego de 90 días de almacenamiento (Husein *et al.*, 2020).

La inclusión de aditivos naturales en HT tiene distintas funciones: no permitir el incremento de la oxidación lipídica, mejorar el color y la textura, otorgar estabilidad fisicoquímica e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos. Entre estos aditivos se encuentran las inclusiones de almidones de papa y productos nativos de México como Chayotextle (Acosta-Pérez *et al.*, 2019), extracto de cáscara de granada

(Uçak, 2020), gelatina comestible que contiene aceite esencial de la microalga *Dunaliella salina* (Hazavehei *et al.*, 2019), películas comestibles enriquecidas con macroalgas como ingredientes bioactivos (Albertos *et al.*, 2019) y aceite esencial de *Ziziphora clinopodioides* en niveles de 0,25%, 0,5% y 1% (p/p) junto con 200 IU/g de nisina, los cuales lograron extender la vida útil porque las características químicas y microbiológicas fueron mejores que el control durante los 20 días de refrigeración (Shahinfar *et al.*, 2017).

Albóndigas

Baygar *et al.* (2008) elaboraron albóndigas crudas usando trucha cocida, empacando el producto en 3 grupos (A como control, B y C en atmósfera modificada). Respecto a las propiedades microbiológicas, el control se deterioró luego de 7 días, mientras los grupos B y C en el día 11. En cuanto a las propiedades sensoriales, el control se deterioró después del quinto día, mientras que los grupos B y C luego del noveno día. Keser y Izci (2020) estudiaron los efectos de los aceites esenciales de romero y laurel (20 µl de aceite esencial por cada 100 g de trucha picada). Las albóndigas tratadas con aceite de romero tuvieron una disminución significativa en el total de bacterias aeróbicas mesófilas y psicrófilas, mientras que las albóndigas tratadas con aceite de laurel solo tuvieron una disminución en el total de bacterias aeróbicas psicrófilas. Luego de 7 días, ambos tratamientos no excedieron el límite de bacterias aeróbicas mesófilas (7 log ufc/g). Respecto a la aceptabilidad, los aceites esenciales tuvieron un efecto positivo en términos de sabor, aunque los panelistas prefirieron las albóndigas con aceite de laurel.

El uso de 1% transglutaminasa, 4% de proteína de soya y la sustitución parcial de NaCl por KCl (75% por 25%) permitieron la elaboración de albóndigas a partir de residuos del procesamiento de trucha (Palmeira *et al.*, 2014). Mientras que, utilizando filetes de trucha de tamaño no comercial, Palmeira *et al.* (2014) produjeron albóndigas, añadiendo almidón, reemplazando 25% de NaCl por KCl y usando transglutaminasa y transglutaminasa asociada a la proteína de soya, los cuales mejoraron la textura de la albóndiga de trucha, pero la proteína de soya otorgó un sabor amargo y menos jugosidad al producto.

Nuggets

La formulación de *nuggets* de pescado, por lo general, consideran los recortes del fileteado de pescado

(trimmings) y de la parte estomacal (*belly flaps*) como viables para el desarrollo de nuggets marinados y/o empanizados (Hill *et al.*, 2013). La reducción de la absorción de aceite en *nuggets* de trucha fue posible combinando un salado ligero (10% de NaCl) y un pre-secado de 30 s (en microondas) como tratamientos previos. Tras lo cual, no existió diferencias significativas en el rendimiento del producto, adhesión del recubrimiento, CRA y atributos sensoriales entre los tratamientos (Shabanpour y Jamshidi, 2014). La utilización de carne ahumada de trucha en el desarrollo de *nuggets* no solo es microbiológicamente superior a la carne de trucha fresca, sino que además posee propiedades sensoriales más altas (Duman y Karaton Kuzgun, 2018). Mientras que en el almacenamiento de *nuggets* de trucha a -18 °C, Asadi *et al.* (2018) señalaron que la incorporación de un extracto de algas (*Iyengaria stellata*) tuvo un efecto antioxidante y mejoró la calidad sensorial durante el almacenamiento del producto.

Croquetas

Las croquetas son productos semielaborados. Su elaboración consiste en la mezcla de ingredientes (todos picados) como pescado, carne y vegetales, los cuales luego son hervidos junto con harina de trigo, leche en polvo y agua, luego la mezcla es enfriada para formar una masa homogénea y consistente, con la cual se forman las croquetas (Soto-Jover *et al.*, 2016). Çankırılıgil y Berik (2017) desarrollaron croquetas de trucha (CRT) utilizando como ingredientes: 9,5% harina de trigo, 9,5% pan rallado, 1,76% coco, 0,99% sal, 0,67% almidón de trigo, 0,28% pimienta negra, 0,23% pimienta blanca, 0,13% cilantro, 0,43% cebolla en polvo y 0,2% ajo en polvo. La adición de cebolla, ajo y pimienta al músculo picado mejoró el sabor y el olor de las CRT (Çankırılıgil y Berik, 2018). La masa se cubre con un *batter* (preparado con clara de huevo, pan rallado, almidón de trigo y sal) y se usa una cobertura compuesta de harina de trigo, harina de maíz y pan rallado (Çankırılıgil y Berik, 2017).

Las CRT, luego de su freído, poseen una textura externa crujiente, mientras que interiormente su textura es suave. Respecto a la apariencia (color y aspecto general de la CRT frita), se encontró que el color del músculo picado de trucha fue más claro que de otras especies como sardina y camarón rosado, por lo cual tuvo mayor puntuación. De hecho, la apariencia de las CRT tuvo similitud con croquetas pescado que se comercializan en mercados. La producción de CRT ha demostrado ser del agrado (evaluación sensorial) tanto de panelistas expertos como de consumidores (Çankırılıgil y Berik, 2018).

Paté

Villarroel *et al.* (2010) elaboraron un paté de músculo picado de trucha (descartes del fileteado) cuyo contenido de proteínas, grasa, colesterol y calorías fueron de 13,8%, 10,2%, 46,6 g/100 g y 175 kcal/100 g, respectivamente. La formulación óptima (método Taguchi) constó de 0,7% ají merkén, 1,3% NaCl, 5,2% manteca vegetal y 5,2% margarina. Mientras que Aydin *et al.* (2020) emplearon 91,5% de músculo picado de trucha, 8,1% de manteca, 0,3% de cebolla en polvo y 0,1% pimienta negra en su formulación. En

la formulación de un paté de salmón, Nielsen *et al.* (2020) lograron reducir en un 22% el contenido de sodio con el uso de una sal natural (mezcla de NaCl y KCl), obteniendo una calidad (microbiológica, fisicoquímica y sensorial) similar al producto original.

Por otro lado, Aydin y Kaya (2018) utilizaron trucha ahumada en caliente como materia prima en la elaboración de paté, que demostró ser viable y obtuvo un rendimiento de producción de 43,9%. Los valores de pH, TVB-N y TBARS del paté fueron inferiores a los límites consumibles. En un estudio posterior, se determinó el efecto del método de calentamiento óhmico (basado en el flujo de corriente eléctrica alterna) sobre las características del paté de trucha ahumada y presentó valores de pH y TBARS menores frente al calentamiento convencional. Ambos métodos tuvieron una composición proximal similar. En general, el calentamiento óhmico redujo el tiempo de calentamiento en más del 50% en comparación al método convencional (Aydin *et al.*, 2020).

Elaboración de snacks

La industria alimentaria se encuentra desarrollando productos fortificados con insumos de la pesca y acuicultura (Kiliç *et al.*, 2020), mediante el reaprovechamiento de recortes del fileteado. La incorporación, en la formulación de snacks, de 18% de músculo picado de trucha permitió el desarrollo de aros de cebolla (Karon Kuzgun, 2018). Savlak (2020) elaboró galletas saladas por sustitución de harina de trigo por trucha seca en polvo, concluyendo que la incorporación de 10% y 15% de harina de trucha aseguraron propiedades sensoriales aceptables y una textura adecuada, además de un mayor contenido de proteína.

La elaboración de *crackers* o *keropok* (denominado así en Asia), a partir de MPP o surimi, implica como principal ingrediente el almidón, cuya gelatinización determina la calidad del *snack* crujiente que es consumido de forma frita lista para su consumo. De hecho, la dureza, el color y la aceptabilidad de este tipo de snacks fritos varía dependiendo del tipo de almidón utilizado (Baishak *et al.*, 2020; Chae *et al.*, 2019). En cambio, Karaton Kuzgun (2020) indicó que la formulación para elaborar *crackers* de trucha incluye 16,2% pulpa de trucha, 1,9% azúcar, 1% sal, 1,62% huevo, 13,5% aceite de girasol, 0,88% vinagre, 13,5% manteca, 40,40% harina de trigo y 11% almidón de trigo. El producto obtuvo un buen perfil sensorial, químico y microbiológico, el cual se puede almacenar a 4°C por un máximo de 15 días. Recientemente, Yavuzer (2020) examinó el perfil de ácidos grasos de la piel de trucha, reportando contenidos de ácidos grasos saturados, MUFA, PUFA, EPA y DHA de 24,59%, 45,18%, 28,06%, 2,2% y 5,86%, respectivamente. Posteriormente, demostró su viabilidad para elaborar *crackers*, para lo cual solo se añadió 3% de harina de trigo a la piel enrollada y se ha frito en aceite de girasol (200 °C) por 3 minutos. El producto tuvo una buena aceptabilidad, incluso por panelistas que normalmente no consumen pescado.

Conclusiones

A nivel nacional, las publicaciones de trabajos de investigación sobre el aprovechamiento de trucha en el desarrollo de productos alimenticios, en los últimos cinco años, fueron limitadas. Sin embargo, el incremento de la producción de trucha, en la última década, está generando la necesidad de realizar estudios de investigaciones e innovaciones de manera sostenida para la región andina y su entorno físico-natural. En ese sentido, los estudios revisados indicaron que la trucha es una excelente materia prima para el desarrollo de productos con valor agregado debido a su contenido nutricional y propiedades tecnofuncionales. La elaboración de alimentos listos para su consumo directo como *nuggets*, hamburguesas, croquetas, *crackers* y otros *snacks* tienen potencial para fomentar el consumo de pescado en poblaciones vulnerables, contribuyendo con la seguridad alimentaria de la región. Los métodos tradicionales como salado, marinado y ahumado son los más fáciles de realizar y de menor costo, cuya implementación por las pequeñas empresas productoras de trucha son en menor tiempo. Por otro lado, los procesos innovadores de reestructuración en músculo de trucha y subproductos como piel y recortes del fileteado (cuyos nutrientes son desaprovechados) requieren mayor tecnología e inversión para su implementación y desarrollo, en donde la mediana y gran empresa (que actualmente realizan congelado) podrían tener una participación en la inversión de esta tecnología, lo cual puede ser implementado mediante la investigación, desarrollo e innovación bajo el modelo de triple hélice. Por otro lado, algunos de los artículos revisados incluyeron el uso de almidones nativos, frutas, extractos de cáscara de frutas, extracto de corteza de árboles endémicos, extractos vegetales, entre otros. Por lo tanto, se sugiere la inclusión de la biodiversidad de cereales, frutas, raíces y tubérculos andinos, los cuales han demostrado tener excelentes propiedades nutricionales y funcionales, en la formulación de alimentos con valor agregado o como aditivos naturales para prolongar la vida útil.

Finalmente, es necesario proteger la sostenibilidad de los ecosistemas hídricos de montaña de cualquier tipo de contaminación externa, ya que la conservación de la riqueza hídrica ha permitido el desarrollo de la acuicultura de la trucha en la zona altoandina del país y la posibilidad de su procesamiento en alimentos con valor agregado.

Referencias

- Acosta-Pérez, V. J., Zamudio-Flores, P. B., Ornelas-Paz, J. D. J., Palma-Rodríguez, H. M., Juárez-Muñoz, J. y Vargas-Torres, A. (2019). Effects of native and modified starches on the physicochemical and textural properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish burgers. *CYTA - Journal of Food*, 17(1), 207–213. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1574903>.
- Adeyeye, S. A. O. (2019). Smoking of fish: a critical review. *Journal of Culinary Science and Technology*, 17(6), 559–575. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1495590>.
- Akköse, A., y Aktaş, N. (2016). Determination of Salt Diffusion Coefficient in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(3), 344–349. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.851759>.
- Albertos, I., Martín-Diana, A. B., Burón, M. y Rico, D. (2019). Development of functional bio-based seaweed (*Himantalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2019.100382>.
- Añorve Saltaverde, A., Escalona Buendía, H. B., Luna Rodríguez, L., Pérez Chabela, M. de L., Ponce Alquicira, E., Soriano Santos, J. y Vargas Romero, J. M. (2019). Reestructurados de pescado: Una buena alternativa de proteína utilizando especies de bajo valor comercial o recortes. *Nacameh*, 13(1), 11–24. <https://bit.ly/39a7BGU>.
- Arason, S., Nguyen, M., Thorarinsdottir, K. y Thorkelsson, G. (2014). Preservation of fish by curing. En I. S. Boziaris (Ed.), *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety* (pp. 129–160). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch6>.
- Asadi, F., Kordjazi, M., Shabanpour, B. y Ojagh, S. (2018). The Effect of Antioxidant Properties of Brown Algae (*Iyengaria Stellata*) Extract on the Shelf-life and Sensory Properties of Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Fillet Nugget during frozen storage (-18 °C). *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 7(2), 149–166. <https://bit.ly/3raiVsA>.
- Aydin, C. y Kaya, Y. (2018). Sıcak Dumanlanmış Balık Ezmesinin Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(3), 130–140. <https://bit.ly/3ILjAzv>.
- Aydin, Cem, Kurt, Ü. y Kaya, Y. (2020). Comparison of the Effects of Ohmic and Conventional Heating Methods on Some Quality Parameters of the Hot-smoked Fish Pâté. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(4), 407–416. <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1741752>.
- Ayvaz, Z., Çakır, F., Gündüz, H. y Erdağ, M. (2017). The Use of Computer-Based Image Analysis on Colour Determination of Liquid Smoked Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Treated with Different Dry Salt-Sugar Mixtures. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(12), 1528. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1528-1535.1446>.
- Baishak, N. N., Islam, M. R., Moazzem, M. S., Ahmad, I. y Zzaman, W. (2020). Quality Evaluation of Nutritious Fish Crackers Developed from Three Carp Fish Species. *Asian Food Science Journal*, 15–23. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v17i130182>.
- Baygar, T., Erkan, N., Mol, S., Ozden, O., Uçok, D. y Yildirim, Y. (2008). Determination of the shelf-life of trout (*Oncorhynchus mykiss*) raw meatball that packed under modified atmosphere. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(3), 412–417. <https://bit.ly/3f9HUKO>.
- Bienkiewicz, G., Tokarczyk, G., Czerniejewska-Surma, B. y Suryn, J. (2019). Changes in the EPA and DHA content and lipids quality parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and carp (*Cyprinus carpio*, L.) at individual stages of hot smoking. *Heliyon*, 5(12), e02964. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02964>.
- Borderías, J. y Moreno, H. M. (2018). Recent Advances in Seafood Technology: An overview. En D. Borda, A. I. Nicolau y P. Raspor (Eds.), *Trends in Fish Processing Technologies* (pp. 1–25). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315120461-1>.

- Çankırlıgil, E. C. y Berik, N. (2017). Gökkuşuği alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kroketlerinin soğuk muhafazada (+ 4 °C) raf ömrünün belirlenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 32(1), 35–48. <https://doi.org/10.18864/TJAS201704>.
- Çankırlıgil, E. C. y Berik, N. (2018). Sensorial Evaluation of Fish Croquettes Produced from Different Seafood. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(3), 96–101. <https://doi.org/10.26650/ASE201818>.
- Chae, J., Kim, S., Choi, G., Kim, J., Lee, J., Kim, S.-B., Kim, Y.-M., Kim, J.-S., Lee, J.-S. y Cho, S. (2019). Physicochemical Characteristics of Fried-fish Snacks with Different Types of Starch. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(6), 580–586. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0580>.
- Chang, J., Mori, S., Aoki, M., Ichikawa, H., Goto, S., Osatomi, K. y Nozaki, Y. (2011). Changes of gel-forming ability of surimi from freshwater fish during frozen storage. *Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, 15, 43–52. <https://bit.ly/3IKb2ZK>.
- Dawson, P., Al-Jeddawi, W. y Remington, N. (2018). Effect of Freezing on the Shelf Life of Salmon. *International Journal of Food Science*, 2018, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2018/1686121>.
- Demirok, E., Kolarici, N., Çelik, S., Doan, Z., Hamdan, S. y Öztürk, F. (2014). Proteolytic and sensory changes during marination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) flesh in pomegranate juice. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23(6), 621–632. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.752425>.
- Díaz-Vela, J., Pérez-Chabela, M. D. L. y Totosaus, A. (2008). Efecto del pH y de la adición de fosfatos de sodio sobre las propiedades de gelificación y emulsión de surimi de trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 691–695. <https://doi.org/10.1590/s10101-20612008000300027>.
- Duman, M. y Karaton Kuzgun, N. (2018). Quality changes of nugget prepared from fresh and smoked rainbow trout during chilled storage. *British Food Journal*, 120(9), 2080–2087. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2018-0048>.
- Ehsani, A., Jasour, M. S., Hashemi, M., Mehryar, L. y Khodayari, M. (2014). Zataria multiflora Boiss essential oil and sodium acetate: How they affect shelf life of vacuum-packaged trout burgers. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 1055–1062. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12400>.
- Ekonomou, S. I., Bulut, S., Karatzas, K. A. G. y Boziaris, I. S. (2020). Inactivation of *Listeria monocytogenes* in raw and hot smoked trout fillets by high hydrostatic pressure processing combined with liquid smoke and freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64, 102427. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102427>.
- Escobar-Mamani, F., Branca, D. y Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 311–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.191>.
- Fellenberg, M. A., Carlos, F., Peña, I., Ibáñez, R. A. y Vargas-Bello-Pérez, E. (2020). Oxidative quality and color variation during refrigeration (4 °C) of rainbow trout fillets marinated with different natural antioxidants from oregano, quillaia and rosemary. *Agricultural and Food Science*, 29(1), 43–54. <https://doi.org/10.23986/afsci.87078>.
- Fıccılar, B. B. y Genccelep, H. (2017). A Characterization Study of Hot Smoked Rainbow Trout for Each Production Stages. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(2), 411–418. <https://bit.ly/3rhPc0I>.
- Giavasis, I., Apostolopoulou, A., Deirmentzoglou, A. y Katsanidis, E. (2014). Combined Hurdle Effects of Process Parameters on Biochemical, Microbiological and Sensory Attributes of Trout Fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 466–476. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00795.x>.
- Gürel İnanlı, A., Karaton Kuzgun, N., Emir Çoban, Ö. y Özpolat, E. (2018). Shelf life of rainbow trout fillets hot smoking with different sauces. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(1), 43–48. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.1.08>.
- Hall, G. M. (2010). Surimi and Fish Mince Products. En G. M. Hall (Ed.), *Fish Processing-Sustainability and New Opportunities* (pp. 98–111). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444328585.ch5>
- Haller, A. y Branca, D. (2020). Montología: una perspectiva de montaña hacia la investigación transdisciplinaria y el desarrollo sustentable. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 313–332. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.193>.
- Hazavehei ha, Y., Mahasti Shotorbani, P. y Khoshkhou, Z. (2019). Effect of edible gelatin coating based on Dunaliella salina alge essential oil on physicochemical and microbial characteristics of rainbow trout fish burger during refrigerated storage. *Food Science and Technology*, 16(89), 125–137. <https://bit.ly/3cetHK0>.
- Hill, J. I., Nelson, R. G., Woods, K. L., Weese, J. O. y Whitis, G. N. (2013). Consumer preferences for attributes of catfish nuggets: price, breading color, cooking method, and country of origin. *Aquaculture Economics and Management*, 17(2), 123–147. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.772263>.
- Husein, Y., Secci, G., Mancini, S., Zanoni, B. y Parisi, G. (2020). Nutritional Quality, Physical Properties and Lipid Stability of Ready-to-cook Fish Products are Preserved during Frozen Storage and Oven-cooking. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(2), 207–217. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1708834>.
- Iacumin, L., Tirloni, E., Manzano, M. y Comi, G. (2017). Shelf-life evaluation of sliced cold-smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under vacuum (PV) and modified atmosphere packaging (MAP). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(6), 1279–1285. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_21.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Perú: Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, 2013-2018*. INEI. <https://bit.ly/3fMFy4d>.
- Jimenez, D., Llerena, T. y Salvá, B. (2019). Development of a canned mechanically recovered meat from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and its physicochemical and sensory characterization. *Agroindustrial Science*, 9(1), 93–98. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.12>.
- Karaton Kuzgun, N. (2018). Chemical composition and sensory quality of fish onion rings made from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Nature and Life Science*, 2(1), 34–41. <https://bit.ly/3IO2yRw>.

- Karaton Kuzgun, N. (2020). Shelf life during storage in $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' of fish crackers made with *Oncorhynchus mykiss* and *Cyprinus carpio*. *European Journal of Technic*, 10(2), 454–463. <https://doi.org/10.36222/ejt.755511>.
- Keser, E., y İzci, L. (2020). Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'ndan Elde Edilen Balık Köftelerinde Biberiye ve Defne Uçucu Yağlarının Mikrobiyolojik ve Duyusal Kaliteye Etkisi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 13–21. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.562381>.
- Kiliç, B., Bulat, F. N. y Demir Atalay, S. (2020). Farklı Baharatlar Kullanılarak Üretilen Su Ürünleri Atıştırma Kaliteleri ve Duyusal Değerlendirmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 146–158. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.770637>.
- Köse, S., Balaban, M. O., Boran, M. y Boran, G. (2009). The effect of mincing method on the quality of refrigerated whiting burgers. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8), 1649–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01984.x>.
- Lerfall, J. y Hoel, S. (2021). Effects of salting technology and smoking protocol on yield and quality of hot-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15064. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15064>.
- Mahmud, A., Abraha, B., Samuel, M., Mohammedidris, H., Abraham, W. y Mahmud, E. (2018). Fish preservation: a multi-dimensional approach. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(3), 303–310. <https://doi.org/10.15406/mojft.2018.06.00180>.
- Maktabi, S, Zarei, M. y Chadorbaf, M. (2015). Effect of Traditional Marinating on Bacterial and Chemical Characteristics in Frozen Rainbow Trout Fillet. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 2, 128–133. <https://bit.ly/3IK4IGW>.
- Maktabi, Siavash, Zarei, M., Chadorbaf, M. y Dvm, S. M. (2016). Effect of a traditional marinating on properties of rainbow trout fillet during chilled storage. *Veterinary Research Forum*, 7(4), 295–300. <https://bit.ly/3reig9C>.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Pauta metodológica para la elaboración de Planes de Negocio de trucha andina con valor agregado en el marco de la Ley PROCOMPITE*. MEF. <https://bit.ly/3uxw5SD>.
- Ministerio de la Producción. (2020). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2019*. Ministerio de la Producción. <https://bit.ly/3dxZ4P2>.
- Nielsen, T., Mihnea, M., Båth, K., Cunha, S. C., Ferreira, R., Fernandes, J. O., Gonçalves, A., Nunes, M. L. y Oliveira, H. (2020). New formulation for producing salmon pâté with reduced sodium content. *Food and Chemical Toxicology*, 143, 111546. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111546>.
- Öksüztepe, G., Emir Çoban, Ö. y Şahan Güran, H. (2010). Sodyum Laktat İlavetinin Taze Gökkuşluğu Alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* W.) Yapılan Köftelere Etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16, 65–72. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.1470>.
- Palmeira, K. R., Mársico, E. T., Doro, L., Lemos, M., Teixeira, C. E., Paschoalin, V. M. F., Monteiro, M. L. G. y Conte Júnior, C. A. (2014). Quality of Semi-Prepared Products from Rainbow Trout Waste (*Oncorhynchus mykiss*) by Using Different Technological Strategies. *Food and Nutrition Sciences*, 05(06), 571–580. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.56067>.
- Palmeira, K., Rodrigues, B., Gaze, L., Freitas, M., Teixeira, C., Mársico, E., Cruz, A. y Conte Junior, C. (2014). Use of transglutaminase, soybean waste and salt replacement in the elaboration of trout (*Oncorhynchus mykiss*) meatball. *International Food Research Journal*, 21(4), 1597–1602. <https://bit.ly/3rgbksv>.
- Patir, B., Can, Ö., Emir Çoban, Ö. y Özpolat, E. (2014). The effects of different combinations of eugenol and acetic acid on quality changes of marinated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filets. *Turkish Journal of Science Technology*, 9(2), 109–116. <https://bit.ly/3tTZZQF>.
- Qin, N., Zhang, Y. y Luo, Y. (2017). Effects of Adding Salt and Sugar on the Quality and IMP-Related Enzyme Activity of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Filets During 0 °C Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12844. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12844>.
- Reyes Narvaez, S. E., Contreras, Contreras, A. M. y Oyola Canto, M. S. (2019). Anemia y desnutrición infantil en zonas rurales: impacto de una intervención integral a nivel comunitario. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 205–214. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.478>.
- Rizo, A., Fuentes, A., Fernández-Segovia, I. y Barat, J. M. (2017). Development of a novel smoke-flavoured trout product: An approach to sodium reduction and shelf life assessment. *Journal of Food Engineering*, 211, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.031>.
- Savlak, N. (2020). Potential Use of Dried Trout Flesh Powder in Salty Biscuit Production. *Akademik Gıda*, 18(2), 116–124. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758807>.
- Shabanpour, B. y Jamshidi, A. (2014). Effect of pre-treatments with light salting and pre-drying on physical characteristics and amount of oil uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nuggets. *Journal of Food Hygiene*, 3(12), 41–53. <https://bit.ly/3IIQvEM>.
- Shahinfar, R., Khanzadi, S., Hashemi, M., Azizzadeh, M. y Boston, A. (2017). The effect of Ziziphora clinopodioides essential oil and Nisin on chemical and microbial characteristics of fish burger during refrigerated storage. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 36(5), 65–75. <https://bit.ly/3rbRhLT>.
- Simpson, R., Nuñez, H., Jaques, A., Ramírez, C., Quiroz, N., Moreno, J. y Sastry, S. (2018). Application of a moderate electric field for the potential acceleration of the salting process of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Process Engineering*, 41(6), e12846. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12846>.
- Soto-Jover, S., Boluda-Aguilar, M., Esnoz-Nicuesa, A., Iguaz-Gainza, A. y López-Gómez, A. (2016). Texture, Oil Adsorption and Safety of the European Style Croquettes Manufactured at Industrial Scale. *Food Engineering Reviews*, 8(2), 181–200. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9130-2>.
- Szymczak, M., Felisiak, K., Tokarczyk, G. y Szymczak, B. (2019). The reuse of brine to enhance the ripening of marine and freshwater fish resistant to marinating. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1151–1159. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14034>.
- Taşkaya, L., Çaklı Duygu Kışla, Ş. y Kılınc, B. (2003). Quality Changes of Fish Burger from Rainbow Trout During Refrigerated Storage. *E.U. Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 20(1–2), 147–154. <https://bit.ly/3tNtSBT>.

- Uçak, I. (2020). Determination of antioxidant and antimicrobial effects of pomegranate peel extract in trout burgers stored at cold temperatures ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(4), 415–422. <https://doi.org/10.12714/egejfas.37.4.13>.
- Ünlüsayın, M., Erdilal, R., Gumus, B. y Gulyavuz, H. (2010). The Effects of Different Salting Methods on Extract Loss from Rainbow Trout. *Pakistan Veterinary Journal*, 30(3), 131–134. <https://bit.ly/3rdQcTD>.
- Vilca-Caceres, V. A., Gomez-Pacco, N. L. y Vargas Callo, W. del R. (2020). Calidad nutricional y niveles de aceptabilidad de productos innovados con base a pescado: empanizados y kamaboko. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(2), 153–166. <https://bit.ly/3rkIhE6>.
- Villarroel, M., Hazbun, J. y Morales, P. (2010). Desarrollo de una formulación de paté a base de descartes de pulpa de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(2), 199–204. <https://bit.ly/3stHx0E>.
- Yavuzer, E. (2020). Fatty acid profiles of waste fish skins and potential use for crackers. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(4), 527–532. <https://doi.org/10.35229/jaes.766584>.
- Yıldız, P. O. (2016). Effect of thyme and rosemary essential oils on the shelf life of marinated rainbow trout. *The Journal of Animal Plant Sciences*, 26(3), 665–673. <https://bit.ly/3ceIEvv>.