



## **Reestructurados de pescado: Una buena alternativa de proteína utilizando especies de bajo valor comercial o recortes**

### **Fish restructured: a good protein alternative employing sub employed low commercial value species or processing cuts**

Añorve A.A.<sup>1</sup>, Escalona-Buendía H.B.<sup>2</sup>, Luna-Rodríguez L.<sup>3,i</sup>✉, Pérez-Chabela M.L.<sup>2,ii</sup>, Ponce-Alquicira E.<sup>2,iii</sup>, Soriano-Santos J.<sup>2</sup>, Vargas-Romero J.M.<sup>3,iv</sup>

*1 Departamento de Nuevos Productos en Desarrollo, Saltaverde S de RL de CV. La Loma 8 Bis Barranca Seca, Magdalena Contreras, C.P. 10580, Ciudad de México. 2 Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340, Ciudad de México, México. 3 Departamento de Biología de la Reproducción, Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340, Ciudad de México, México. ✉ Autor de correspondencia: llunaro@xanum.uam.mx.*

#### **Resumen**

En este trabajo se describen los productos reestructurados de pescado, centrándose en las diferentes estrategias y especies de peces utilizadas; considerando que además de los productos análogos de pescado, también se elaboran otros reestructurados crudos o emulsionados cocinados con la inclusión de ingredientes aglutinantes como enzimas (transglutaminasa microbiana), harinas, proteína de suero, alginatos y gomas (Konjac y carboximetilcelulosa) los cuales son sometidos a diferentes procesamientos térmicos, que alteran las características mecánicas, fisicoquímicas, microbiologías y atributos en general. Finalmente se revisa el efecto de la fortificación con antioxidantes en la vida de anaquel de los productos alimenticios reestructurados. Después de la revisión se pudo concluir que los productos reestructurados de pescado representan un nicho para la creación de nuevas presentaciones que ampliarán el rango de posibilidades de comercialización dirigido al consumidor contemporáneo, el cual no solo exige alimentos saludables con atributos especiales, sino también que provengan de procesos amigables con el ambiente.

i [orcid.org/0000-0001-7180-4573](https://orcid.org/0000-0001-7180-4573)

ii [orcid.org/0000-0003-2161-4282](https://orcid.org/0000-0003-2161-4282)

iii [orcid.org/0000-0002-0797-9165](https://orcid.org/0000-0002-0797-9165)

iv [orcid.org/0000-0003-1837-3959](https://orcid.org/0000-0003-1837-3959)

Recibido: 02/05/2019. Aceptado: 25/05/2019

**Palabras Clave:** aglutinación, análogo, emulsión, gusto, salud

### **Abstract**

This work describes the restructured fish products, focusing on the different strategies and species of fish used; considering that in addition to the fish analog products, other raw or emulsified restructured products are also prepared cooked with the inclusion of binding ingredients such as enzymes (microbial transglutaminase), flours, whey protein, alginates and gums (Konjac and carboxymethylcellulose) which are subjected to different thermal processes, which alter the mechanical, physicochemical, microbiology and attributes in general. Finally, the effect of antioxidant fortification on the shelf life of restructured food products is reviewed. After the review it was concluded that the restructured fish products represent a niche for the creation of new presentations that will expand the range of marketing possibilities aimed at the contemporary consumer, which not only requires healthy foods with special attributes, but also that they come of environmentally friendly processes.

**Key words:** agglutination, analog, emulsions, taste, health

### **INTRODUCCIÓN**

La elaboración de productos reestructurados se basa en técnicas japonesas en las cuales se utilizan fragmentos de bajo valor comercial o recortes de músculo de pescado para la obtención de productos que imitan las características de un producto tradicional o para generar nuevos productos, ejemplo de esto es el surimi con el cual se pueden elaborar análogos de cangrejo, camarón, etc. La manufactura de los productos reestructurados, también considera otros productos crudos o emulsionados cocidos como las salchichas, diversificando de esta forma los ingredientes en la formulación para lograr resultados más aceptables en sus propiedades sensoriales y de alto valor comercial.

Por otra parte, los subproductos y desechos de la pesca constituyen un grave problema de contaminación ambiental, que se puede aminorar con la innovación del procesamiento pesquero; para ello existen propuestas para que, tanto los desechos como los cortes frescos de pescado se puedan utilizar mediante la reestructuración con la adición de agentes de reticulación y así disminuir el impacto negativo de los desechos de la industria pesquera (Setiadi y Lametta, 2018).

El objetivo de este trabajo fue describir la tecnología utilizada para la elaboración de productos reestructurados de pescado y su relación con las características sensoriales que permitan valorar su potencial en la producción de alimentos.

### **Productos reestructurados**

Diversos autores han desarrollado productos reestructurados con diferentes estrategias y especies de bajo valor comercial o de bajo interés económico, como la lisa (*Mugil cephalus*)

que no se considera una especie amenazada o en peligro, pero que a veces su sabor no es agradable debido a que puede absorber compuestos aromáticos de su dieta y por lo tanto tiene baja demanda. Por esta razón, en muchos países como México, se captura principalmente para exportar sus huevas y la carne se considera como un subproducto. Sin embargo, es posible utilizarla en la formación de surimi a pesar de que su color es más oscuro de lo habitual (Ramírez y col., 2006).

Uresti y col. (2004) elaboraron salchichas comerciales a base del pescado *Atheresthes stomias*, una especie abundante en el golfo de Alaska, la pasta de este pescado se obtuvo por procesamiento de presión hidrostática (400, 600 MPa con 0 a 5 min); y como resultado el incremento de los valores de las propiedades mecánicas de los geles de pescado crudo es directamente proporcional al nivel de presión y al tiempo de retención de presión, mientras que el valor de la solubilidad fue inversamente proporcional.

En el caso de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la región de Madera en Chihuahua, México, García-Macías y col. (2008) elaboraron 4 productos, uno de ellos fue salchichas, que sensorialmente obtuvieron valores promedio para el color, olor, sabor, la consistencia y textura por encima del promedio lo que la califica como aceptable para el evaluador. El color rosa pálido del producto no corresponde al color rosa-rojizo, característico de los embutidos cárnicos pero la inclusión de colorantes podría incrementar la aceptación por el consumidor.

En otro trabajo, Granados-Conde, Guzmán-Carrillo y Acevedo-Correa (2013a y 2013b) elaboraron salchichas a base de cabeza de atún, que es un subproducto de la industria pesquera y representa del 20-30% del peso, esta carne tiene la característica de ser color negro y tiene un sabor poco aceptado, por lo que se le considera un desecho, aunque se ha llegado a utilizar para elaborar alimento para gatos o como harina de pescado. Estos autores reportaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así como una evaluación sensorial. Los resultados mostraron valores de: humedad (67,25%), grasa (8,2%), proteínas (17,3%) y cenizas (1,95%). Las salchichas presentaron buena calidad microbiológica y sensorial. La carne negra de atún y el atún rayado no se consideran como materia prima para la elaboración de salchichas debido a que son carnes cocidas y no forman emulsiones.

Debido a que la prioridad en la industria del procesado de Tilapia son los filetes congelados y el rendimiento es bajo (30-35%), esta industria tiene un problema debido al alto porcentaje de desperdicio que ocasiona graves inconvenientes económicos y medioambientales; a pesar de que el residuo tiene el mismo contenido de proteína que los filetes. Para mitigar este problema, Cavenaghi-Altemio, Alcade y Fonseca (2013) experimentaron una salchicha baja en grasa utilizando surimi de tilapia, sin embargo, al reducir la grasa se encontraron cambios en la palatabilidad por lo que no se pudieron desarrollar las salchichas del surimi de tilapia.

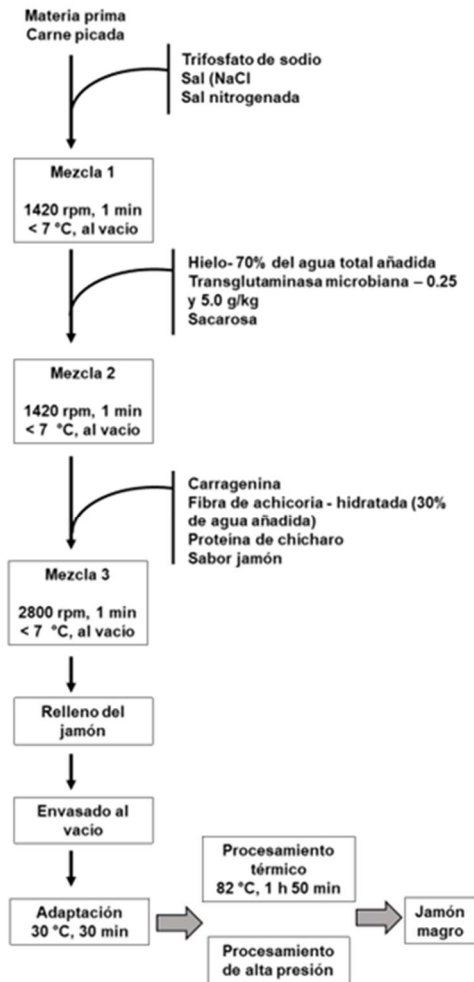
Por su parte, Batista y col. (2012) elaboraron un chorizo de pescado empleando especies de bajo valor comercial como Boca colora (*Haemulon spp*), macabí (*Elops saurus*) y blanco pobre (*Pinirampus pinirampu*); a estas especies se les realizó una caracterización química, microbiológica y una evaluación sensorial. El producto obtenido presentó valores altos de proteína (16.39%) bajo porcentaje de grasa (2,67) y alto en fósforo. La evaluación sensorial realizada al producto final del chorizo a base de carne de pescado presentó gran aceptación en cuanto a textura y sabor, obteniéndose de esta manera un producto inocuo y con la calidad exigida por la normatividad vigente.

El *Argyrosomus regio* es una especie común en el área mediterránea, donde la piscicultura ha ganado importancia económica en especies que alcanzaron al menos 1 kg. Sin embargo, los peces de este tamaño no se consideran adecuados para la comercialización por tener una gran cabeza, huesos grandes, poca carne y no son muy sabrosos. Una solución para la comercialización del pequeño pescado podría ser el desarrollo de alimentos funcionales innovadores tales como el jamón magro con escasa incorporación de raíz de achicoria y carragenina, que han sido identificados como ingredientes promotores de la reestructuración de productos (Ribeiro-Palmeira y col., 2016).

### **Tecnologías utilizadas en la elaboración de productos reestructurados**

Las tecnologías para la obtención de productos reestructurados de pescado son una excelente oportunidad para producir nuevos alimentos con valor agregado, sobre todo cuando se utilizan técnicas como la gelación inducida por calor o la gelación en frío. En este sentido, es importante remarcar, que las metodologías que se utilicen dependerán, principalmente, del contenido de proteína y las propiedades funcionales de la materia prima, especialmente cuando se utilicen tecnologías con tratamientos térmicos, como se muestra en la figura 1 (Ribeiro y col., 2018).

Uno de los principales ingredientes utilizados en productos reestructurados es la sal (cloruro de sodio) debido a que se utiliza para la solubilización de las proteínas miofibrilares las cuales forman una red tridimensional que da como resultado un gel; además de la sal, se emplean agentes aglutinantes como la transglutaminasa, una enzima microbiana capaz de catalizar reacciones acil transferasas formando enlaces covalentes entre los residuos de glutamina y lisina, formando puentes cruzados entre las proteínas que usualmente no gelifican, mejorando la estructura de productos reestructurados. Las harinas de soya, la proteína de amaranto, el almidón de tapioca y los alginatos se utilizan para mejorar las características de textura del gel y para mejorar el rendimiento.



**Figura 1. Diagrama de flujo para la preparación de jamones magros. El procesamiento a alta presión consideró diferentes niveles de presión (200, 350 y 500MPa), tiempo de presurización (10 y 20 min) y temperatura (10 y 30 ° C) (Ribeiro y col., 2018)**

Ramírez y col. (2006) determinaron la factibilidad para la obtención de un producto de pescado reestructurado de bajo contenido de sal utilizando lenguado mexicano (*Cyclopsetta chittendeni*). Se estudiaron dos niveles de sal (10 y 20g/kg) y dos aglutinantes (transglutaminasa 3g/kg MTGase y proteína de suero 10g/kg). Se evaluaron los cambios en textura con una prueba de punción (fuerza de ruptura, deformación y trabajo de penetración) y TPA (fracturabilidad, dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad), agua extraíble y color CIE L\*a\*b\*. Los resultados mostraron que al agregar MTGase y bajo

contenido de sal se ven incrementados los parámetros de TPA y los geles con MTGase con niveles normales de sal solo incrementaron fracturabilidad y dureza. Los parámetros de color  $a^*$  y  $h^*$  aumentaron, el primero con el gel con MTGase y nivel normal de sal y el segundo en geles con MTGase con bajo contenido de sal. La mayor capacidad de retención de agua se presentó en geles con MTGase con un contenido normal de sal. En cambio, la proteína de suero no tuvo efecto sobre las propiedades de textura, pero si en el color; en ambas concentraciones de sal los parámetros  $a^*$ ,  $b^*$  y  $c^*$  se vieron incrementados.

García y col. (2009) evaluaron la incorporación de harina de soya texturizada (HST) en hamburguesas elaboradas con la pulpa de Cachama (*Piaractus brachypomus*), los autores realizaron análisis físicos, como rendimiento de cocción (RC), reducción del diámetro (RD), retención de grasa (RG) y retención de humedad (RH), así como también análisis proximales (humedad, proteína, grasa, cenizas y pH). Se emplearon 0, 3, 6 y 9% de inclusión de HST mezclada con la pulpa de Cachama. En las evaluaciones físicas hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.05$ ) a medida que se incorpora HST. Por otra parte, la proteína varió entre 17,57% a 18,20%, en la que se incluye el 6% y el 9% de soya incorporada. Además, el rendimiento de cocción aumenta al incorporar la HST y también lo hace la capacidad de retención de agua hasta 15.78%. Por otro lado, hay una disminución importante en la retención de grasa de 69.7% en el control hasta 29.17% en la formulación con mayor contenido de HST. Se concluye que dicha pulpa de pescado adicionada con la HST proporciona una propuesta tecnológica excelente.

Goncalves y González-Passos (2010) estudiaron la influencia de tres niveles de concentración de transglutaminasa comercial (1.5, 1.0 y 0.5) en filetes reestructurados de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*), la cual es una de las especies más abundantes en Brasil, pero su rendimiento en filetes es bajo (31-36%) y los coproductos, aunque son de alta calidad no se comercializan. La concentración de 1.5% de transglutaminasa produjo los mejores resultados.

Otro tipo de peces como la caballa atlántica (*Scomber scombrus*) la cual es una especie pelágica y migratoria que se captura con otros peces como captura incidental se ha utilizado también para la obtención de productos pesqueros reestructurados con bajo contenido de sal y con apariencia de pechuga de pavo. El producto reestructurado se obtiene cuando se utilizan 0.2U de transglutaminasa, como aglutinante, por cada gramo de carne de pescado. En el producto con apariencia de pechuga de pavo se utilizó además NaCl (0-20 g/k) en un rango de  $T=25-40^{\circ}\text{C}$  y tiempo de incubación entre 30-90 min. Los parámetros de textura que se midieron al producto reestructurado fueron: la fuerza de Warner-Bratzler y el trabajo de Warner-Bratzler, así como el agua extraíble. Todos estos parámetros se compararon con los que corresponden a la pechuga de pavo. En esta evaluación se obtuvieron modelos matemáticos para determinar el efecto de todas las variables sobre la textura de los productos reestructurados de la caballa del Atlántico. Los productos reestructurados que resultaron con una textura similar y agua extraíble a la pechuga de

pavo se obtienen a una  $T=31.8^{\circ}\text{C}$  por 63.35 min, utilizando una concentración de NaCl de 8.45 g/k. También los parámetros del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) del producto reestructurado resultaron similares a la pechuga de pavo. Con este proceso se podrían obtener productos reestructurados utilizando la caballa del Atlántico con bajo contenido en sal, en el cual se utilice la transglutaminasa de tal forma que sea muy similar a la pechuga de pavo (Martelo-Vidal, Mesas y Vázquez, 2012).

Andrés-Bello y col. (2011) estudiaron el efecto del nivel de sal y la enzima transglutaminasa sobre las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de un producto reestructurado cocido. Sus resultados mostraron que ambos parámetros (niveles de sal y transglutaminasa) modifican las propiedades evaluadas. Los productos finales no mostraron cambios en color. Posteriormente, Andrés-Bello y col. (2013) evaluaron el efecto de 2 gomas: Konjac y carboximetilcelulosa en productos reestructurados de pescado. Los resultados mostraron que la adición de gomas a diferentes concentraciones produce geles con diferentes características fisicoquímicas y texturales. La utilización de gomas reduce la dureza, cohesividad y jugosidad, probablemente porque las gomas interfieren en la coagulación de la matriz de proteínas, pero no hay cambio en el color.

En otros estudios se ha observado que la reestructuración de residuos de pescado se puede obtener por la adición de alginato de sodio o transglutaminasa microbiana. En este proceso se utiliza la tecnología de gelificación en frío, la cual permite obtener varios productos a partir del músculo de pescado picado. Estos residuos pueden utilizarse para la formulación de nuevos productos reestructurados con diferentes propiedades fisicoquímicas e incluso diferentes composiciones. Los productos reestructurados elaborados con diferentes tamaños de partículas musculares, después del almacenamiento en refrigeración ( $5^{\circ}\text{C}$ ) tienen un crecimiento microbiano que limita la vida útil entre 7-14 días. Mientras que las propiedades mecánicas aumentaron ( $p < 0.05$ ) durante ese tiempo se observaron valores más altos en las muestras elaboradas teniendo un tamaño de partícula muscular más pequeño que en las elaboradas por homogeneización. No hubo un aumento claro en el rendimiento de cocción y no se detectó un cambio de color significativo ( $p > 0.05$ ) durante el almacenamiento (Moreno, Carballo y Borderías, 2013).

La utilización de la proteína de amaranto como antioxidante y ligador en productos reestructurados de pescados fue estudiada por García-Fillería y Tironi (2015). Se utilizó como control un porcentaje de sal de 2% y esta fue parcialmente reemplazada (1%) o totalmente reemplazada por productos de amaranto. Se evaluaron las propiedades texturales, capacidad de retención de agua, color y calidad microbiológica. Los resultados obtenidos mostraron que las características tecnológicas y la calidad microbiológica no mostraron diferencias por la reducción de sal, solo tuvieron cambios mínimos en la dureza y el color comparado con el grupo control (2% de sal) por lo que concluyeron que la proteína de amaranto puede actuar reemplazando la sal, como ligador y antioxidante natural en productos reestructurados de pescado.

Fogaca y col. (2015) evaluaron el efecto de la adición de almidón de tapioca (20%) en las características de surimi reestructurado de tilapia. El almidón de tapioca actúo como un estabilizador y los glóbulos de grasa son más estables y mejor distribuidos por lo que se formó una matriz de proteína más estable, otra ventaja de usar este almidón es que la tapioca es libre de gluten, la cual es una propiedad para grupos específicos de la población.

Monteiro y col. (2015) estudiaron la preparación de filetes de tilapia reestructurados a partir de residuos de filete de tilapia, sin valor comercial, utilizando diferentes concentraciones de transglutaminasa microbiana. Los filetes reestructurados se analizaron con respecto a sus propiedades fisicoquímicas, color, textura y calidad sensorial; en el estudio se analizó la adición de cuatro concentraciones de transaminasa en un rango de 0.1 a 0.8% en las formulaciones de preparación de los reestructurados, el estudio comprendió 90 días de almacenamiento en congelación y se observaron los cambios de contenido bacteriano y pH. Al término del periodo de experimentación se observó que las diferentes concentraciones que se utilizaron de transglutaminasa no afectaron ( $P>0.05$ ) la composición de los filetes reestructurados, ni su composición microbiológica. Por otra parte, los atributos sensoriales se mejoraron por la presencia de transglutaminasa ( $P<0.05$ ) como fueron: el rendimiento de cocción, la dureza y la masticabilidad, así como el sabor salado, la succulencia y la ternura, de tal forma que los filetes reestructurados tuvieron una excelente aceptación por el consumidor.

La enzima transglutaminasa microbiana se ha empleado ampliamente en la producción de productos pesqueros reestructurados utilizando pescados de bajo costo como el *Pangasius* (*Pangasianodon hypophthalmus*). Para la producción de este tipo de productos también se han empleado otras fuentes proteínicas como el caseinato de sodio al 1% y la clara de huevo al 2% y se ha observado su efecto en formulaciones en las cuales se ha utilizado la transglutaminasa al 5%; los productos pesqueros reestructurados con estos insumos presentan mayor dureza y retención de agua cuando el producto se obtiene por un tratamiento térmico. La adición de caseinato de sodio y clara de huevo en combinación con la transglutaminasa influye en la textura y color. Asimismo, la presencia de la transglutaminasa protege a este tipo de productos reestructurados de la autooxidación de los lípidos de tal forma que se pueden producir productos de carne picada de *Pangasius* de bajo costo y con atributos sensoriales que garanticen su comercialización y aceptación por parte de los consumidores (Kunnath y col., 2015).

Por su parte, Setiadi y Lametta (2018) realizaron un producto reestructurado de pescado adicionando la enzima transglutaminasa como agente de reticulación, la cual altera las funcionalidades de la proteína al formar enlaces covalentes estables entre los residuos del aminoácido de la proteína. Los resultados de este estudio mostraron el fuerte desempeño de la reticulación por transglutaminasa en la carne de pescado procesada. Esto se confirma por un aumento en los parámetros del perfil de textura (dureza, cohesión y elasticidad) y la detección de cambios en la miosina.



### **Nuevas metodologías utilizadas en alimentos reestructurados**

Los tratamientos de altas presiones hidrostáticas se han utilizado para evitar la desnaturalización y debilitamiento de la estructura de las proteínas miofibrilares; en reestructurados de pescado (*Atheresthes stomias*) Uresti y col. (2004, 2005) encontraron que el procesamiento a alta presión mejoró las propiedades mecánicas y funcionales de los geles inducidos por el calor, ya que observaron valores más altos de dureza y fracturabilidad para las muestras tratadas a 400 MPa durante 5 min en comparación con muestras presurizadas a 600 MPa durante 5 min. Los resultados indican que la presurización protege las proteínas principalmente a la miosina (Uresti y col., 2004) contra la posterior desnaturalización térmica, esto se evidencia al observar bandas de miosina de mayor intensidad en (SDS-PAGE) en las muestras tratadas a alta presión, lo que sugiere mecanismos distintos de agregación de proteínas para geles de pescado inducidos por presión y calor.

En la carne de pescado se ha reportado qué tras la reestructuración, las características tecnológicas se modifican; así que en la búsqueda de soluciones, Wang y col. (2013) realizaron estudios con la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) para evaluar el efecto de las diferentes tecnologías de deshidratado (secado al aire, liofilización, secado al vacío y secado al vacío por microondas). Los reestructurados de carne de pescado secadas al vacío por microondas mostraron expansión en diámetro y espesor, además su rehidratación fue más rápida, pero tuvieron una menor capacidad de retención de agua, dureza, elasticidad, cohesión y masticabilidad que con las restantes tecnologías de deshidratado. Los métodos de deshidratado utilizados afectaron significativamente el color y la textura de los reestructurados (secos y rehidratados) y al evaluarse sensorialmente los reestructurados deshidratados al vacío por microondas exhibieron una nitidez aceptable y un olor favorable, pero al evaluarse en un panel sensorial los productos secos rehidratados con mayor aceptación fueron los liofilizados. También en el proceso de deshidratación produce la disminución del contenido de n-alcalinos y 1-octen-3-ol y el desarrollo de aldehídos aromáticos que influyeron en la evaluación sensorial (Wang y col., 2013). En conclusión, la deshidratación de la carne de pescado reestructurada en condiciones óptimas es una alternativa atractiva que mejora la eficiencia del proceso y puede usar potencialmente para desarrollar los nuevos productos de pescado deshidratado.

También se han ocupado las altas presiones para reducir la sal durante la gelación del surimi; Cando y col. (2015) utilizaron 3 diferentes tratamientos de altas presiones hidrostáticas (0, 150 MPa and 300 MPa) y 2 diferentes porcentajes de sal (0.3% y 3%), encontraron que la desnaturalización de las proteínas fue similar con altos o bajos porcentajes de sal y la microestructura fue más compacta cuando se incrementa el contenido de sal y las altas presiones. Se concluye que con la utilización de altas presiones hidrostáticas se pueden hacer geles bajos en sal (0.3%) con propiedades sensoriales y funcionales similares a si se utilizara 3% de sal.

Incluso se ha optimizado el procesamiento de reestructurado utilizando una ecuación de regresión en función de la temperatura y secado la cual predice las variables respuesta como el contenido de humedad, dureza y la aceptación sensorial (Kang y col., 2016), en este estudio se reportó que los valores óptimos pronosticados fueron 18.8 g / 100 g para el contenido de humedad, 495.8 g / cm<sup>2</sup> para la dureza y un puntaje de 7.2 para la aceptación sensorial general.

Pita-Calvo y col. (2018) evaluaron el efecto benéfico del uso de altas presiones antes de la congelación de la merluza europea (*Merluccius merluccius*). Se evaluó el perfil de Textura (TPA), la humedad expresable y los parámetros de color, L\*, a\* y b\*, tanto en crudo como después de la cocción. En los controles sin altas presiones, se determinó una temperatura de congelación de -21 °C que reduce el % de agua expresable después de la cocción. En cuanto al producto tratado con altas presiones, un tratamiento con 450 MPa mantuvo los niveles de agua expresable o extraíble por 6 meses alrededor de 40%., mientras que en el color se detecta un incremento en L\*. Respecto a la textura, las altas presiones aumentaron firmeza, adhesividad y elasticidad en el producto congelado. Después de la cocción también hubo efectos, logrando las mejores condiciones para conservar la merluza europea con 300 MPa de presión y un congelado por 6 meses.

#### **Vida de anaquel de productos reestructurados**

Si bien los productos reestructurados permiten el aprovechamiento de peces y otros sustratos musculares poco aprovechados, una vez que se obtiene el producto reestructurado se requiere de procesos para prolongar su vida de anaquel y diversificar las opciones de consumo y almacén. Dos riesgos importantes durante el almacenamiento refrigerado de geles de surimi de pescado graso son la oxidación de lípidos y el desarrollo microbiano. La oxidación de los lípidos es responsable de la reducción en la calidad nutricional, así como cambios en el sabor y olor por la formación de compuestos de fragmentación secundarios como aldehídos y cetonas. Los antioxidantes son, por lo tanto, necesarios con el fin de aumentar la estabilidad de almacenamiento, la calidad sensorial y valor nutricional de los productos pesqueros.

Kumar y col. (2017) propusieron la elaboración de productos reestructurados sometidos a procesos de deshidratación, comparando los procesos de liofilización, secado solar y en lecho fluidizado; estos autores señalan que los productos liofilizados y, en segundo lugar, los productos del secado solar mostraron la mayor estabilidad y aceptación sensorial, que además podían ser rehidratados previo a su consumo. Además de los procesos de secado también se ha aplicado la esterilización y la incorporación de conservadores de origen natural. Por ejemplo, Hema y col. (2015) aplicaron procesos de esterilización comercial de surimi elaborado a partir de *Triacanthus brevirosterus*, una especie de pescado de bajo costo y consumo en la India. El producto reestructurado fue procesado dentro de bolsas

esterilizables a una presión de 15 psi con valores de  $F_0$  de 13.1 conservando sus propiedades sensoriales y un tiempo de almacén de seis meses a temperatura ambiente.

El ajo (*Allium sativum*) también ha sido propuesto como agente antioxidante, considerando que el ajo es rico en compuestos orgánicos de azufre, que son responsables de su sabor, aroma y beneficios potenciales para la salud. Aparte de ello, el ajo tiene un amplio espectro de acciones que incluyen antibacterianos, antifúngicos, antioxidantes y efectos beneficiosos sobre el sistema cardiovascular e inmune de humanos. El estudio de Ramírez y col. (2007) reveló que la adición de ajo en salchichas elaboradas con surimi reduce lípidos y proteínas de oxidación y el crecimiento microbiano durante el almacenamiento refrigerado. Por otra parte, la calidad de la textura de la salchicha de surimi también se mejoró con la incorporación de ajo.

Jeyakumari y col. (2016) señalaron que el quitosano que es obtenido a partir de la quitina y está presente en cutículas de artrópodos, el endoesqueleto de cefalópodos y las paredes de los hongos, puede mejorar significativamente la vida de anaquel de surimi bajo condiciones de refrigeración, en niveles de hasta un 0.75% sin afectar las propiedades de textura, color y aceptación sensorial.

Hajji y col. (2019) estudiaron el efecto de las nanopartículas de quitosano utilizado como crioprotector en la vida de anaquel de surimi reestructurado de pescado durante su almacenamiento en congelación, sus resultados revelaron que la incorporación de nanopartículas de quitosano tienen una alta actividad antioxidante y una buena actividad antimicrobiana por lo que se concluye que podrían ser utilizadas para prevenir la oxidación de lípidos durante el almacenamiento en congelación del surimi de pescado.

Jammat-Alipour y col. (2019) estudiaron la adición de algas verdes en polvo (2.77 g kg<sup>-1</sup>), y su polisacárido sulfatado (0.5 g kg) sobre la vida de anaquel de surimi reestructurado de pescado. Los resultados mostraron que la incorporación de polisacáridos sulfatados o el alga marina en polvo retardan la oxidación de los lípidos en el producto. Este trabajo da la posibilidad de poder ocupar cualquiera de ellos sin efectos adversos en la fórmula produciendo un alimento de pescado funcional.

## **CONCLUSIONES**

Los productos reestructurados de pescado ofrecen la oportunidad de añadir componentes funcionales no solamente para reforzar el contenido nutritivo y las características saludables, sino también eliminar compuestos no deseables en la formulación como pueden ser ciertos tipos de grasas, colores, contaminantes, etc. Además de que los productos reestructurados de pescado representan un nicho para la creación de nuevas presentaciones que ampliarán el rango de posibilidades de comercialización dirigido al consumidor contemporáneo, el cual demanda alimentos saludables con atributos especiales y obtenidos con procesos amigables con el ambiente.

## Referencias

- ANDRÉS-BELLO A., P. GARCÍA-SEGOVIA, J.A. RAMÍREZ-DE LEÓN, J. MARTÍNEZ-MONZO (2011). Production of cold-setting restructures fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *CyTA-Journal of Food* 9(2): 121-125.
- ANDRÉS-BELLO A., C. IBORRA-BERNAD, P. GARCÍA-SEGOVIA, J. MARTÍNEZ-MONZO (2013). Effect of konjac glucomannan (KGM) and carboxymethylcellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of restructured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) products. *Food and Bioprocess Technology* 6(1): 133-145.
- BATISTA P.L., C.M. CABALLEROS, C.C. GRANADOS, A.M. TORRENEGRA, O.G. URBINA, C.D. ACEVEDO (2012). Elaboración de chorizo a base de pescados. *Revista Vitae* 19(1): S237-S239.
- CANDO D., B. HERRANZ, A.J. BORDERÍAS, H.M. MORENO (2015). Effect of high pressure on reduced sodium chloride surimi gels. *Food Hydrocolloids* 51: 176-187.
- CAVENAGHI-ALTEMIO A.D., L.B. ALCADE, G.G. FONSECA (2013). Low-fat frankfurters from protein concentrates of tilapia viscera and mechanically separated tilapia meat. *Food Science & Nutrition* 1(6): 445-451.
- FOGACA F.H., L.S. SANT'ANA, J.A. LARA-FERREIRA, A.C. GIACOMETTI-MAI, D.J. CARNEIRO (2015). Restructured products from tilapia industry byproducts: The effects of tapioca starch and washing cycles. *Food and Bioprocess Processing* 94: 482-488.
- GARCÍA O., I. ACEVEDO, J.A. MORA-SÁNCHEZ, A. SÁNCHEZ, H. RODRÍGUEZ (2009). Physical assessment and proximal analysis of fish burgers made from pulp of *Piaractus brachypomus* including textured soya flour. *Revista Científica UDO Agrícola* 9(4): 951-962.
- GARCÍA-FILLERIA S.F., V.A. TIRONI (2015). Application of amaranth protein isolate and hydrolysate on a reduced salt fish restructured product: antioxidant properties, textural and microbial effects. *International Journal of Food Science and Technology* 50(6): 1452-1460.
- GARCÍA-MACÍAS J.A., F.A. NÚÑEZ-GONZÁLEZ, G.J. ESPINOZA-RODRÍGUEZ, A.D. ALARCÓN-ROJO, A.L. RENTERÍA-MONTECUBIO, C. CHÁVEZ-MENDOZA, M.R. ESPINOZA-HERNÁNDEZ (2008). Características organolépticas de productos elaborados con carne de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Tecnociencia Chihuahua* 2(3): 156-165.
- GONCALVES A.A., M. GONZÁLEZ-PASSOS (2010). Restructures fish product from White croaker (*Micropogonias furnieri*) mince using microbial transglutaminase. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53(4): 987-995.
- GRANADOS-CONDE C., L.E. GUZMÁN-CARRILLO, D. ACEVEDO-CORREA (2013). Evaluación de salchichas elaboradas con carne roja de atún. *Orinoquia* 17(2): 197-201.

- GRANADOS-CONDE C., L.E. GUZMÁN-CARRILLO, D. ACEVEDO-CORREA (2013). Análisis proximal, sensorial y de textura de salchichas elaboradas con subproductos de la industria procesadora de atún (*Scombridae thunnus*). Información Tecnológica 24(6): 29-34.
- HAJJI S., M. HAMDI, S. BOUFI, S. LI, M. NASRI (2019). Suitability of chitosan nanoparticles as cryoprotectant on shelf life of restructured fish surimi during chilled storage. Cellulose 26: 6825-6847.
- HEMA H., R. JEYA-SHAOKILA, S.A. SHANMUGAM, E. JEEVITHAN (2015). Processing and storage of restructured surimi stew product in retortable pouches. Journal of Food science and Technology 52(3):1283-1289.
- JAMMAT-ALIPOUR H., M. REZAEI, B. SHABANPOUR, M. TABARSA, F. RAFIPOUR (2019). Addition of seapowder and sulphated polysaccharide on shelf life extension of functional fish surimi restructures product. Journal of Food Science and Tecnology 56(8): 3777-3789.
- JEYAKUMARI A., G. NINAN, C.G. JOSHY, U. PARVATHY, A.A. ZYNUDHEEN, K.V. LALITHA (2016). Effect of chitosan on shelf life of restructured fish products from pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) surimi during chilled storage. Journal of Food science and Technology 53(4): 2099-2107.
- KANG S.I., M.W. KIM, Y.J. KIM, M.J. KIM, B.D. CHOI, M.S HU (2016). Processing optimization of restructured jerky from sea rainbow trout frame muscle. Food Science and Biotechnology 25(3):707-712.
- KUMAR A., K. ELAVARASAN, P. KISHORE, D. UCHOI, H.M. DEVI, G. NINAN, A. ZYNUDHEEN (2017). Effect of dehydration methods on physico-chemical and sensory qualities of restructured–dehydrated fish product. Journal of Food Processing and Preservation 41(6): 13277,13279.
- KUNNATH S., M. LEKSHMI, M.K. CHOUKSEY, N. KANNUCHAMY, V. GUDIPATI (2015). Textural quality and oxidative stability of restructured pangasius mince: effect of protein substrates mediated by transglutaminase. Journal of Food Science and Technology 52(1): 351-358.
- MARTELO-VIDAL M.J., J.M. MESAS, M. VÁZQUEZ (2012). Low-salt restructured fish products from Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) with texture resembling turkey breast. Food Science and Technology International 18(3): 251-259.
- MONTEIRO-GUERRA M.L., E. TEXEIRA-MÁRSICO, C. AQUÍLES-LÁZARO, A.C. VILHENA CRUZ, C. DA-SILVA, B. CARNEIRO DA COSTA, A. GOMES DA CRUA, C.A. CONTE-JUNIOR (2015). Effect of transglutaminase on quality characteristics of a value-added product tilapia wastes. Journal of Food Science Technology 52(5): 2598–2609.

- MORENO H.M., J. CARBALLO, J. BORDERÍAS (2013). Raw-appearing Restructured fish models made with sodium alginate or Microbial transglutaminase and effect of chilled storage. *Food Science and Technology Campinas* 33(1): 137-145.
- PITA-CALVO C., E. GUERRA-RODRÍGUEZ, J.A. SARAIVA, S.P. AUBOURG, M. VÁZQUEZ (2018). Effect of high-pressure processing pretreatment on the physical properties and colour assessment of frozen European hake (*Merluccius merluccius*) during long term storage. *Food Research International* 112: 233-240.
- RAMÍREZ J.A., A. DEL ÁNGEL, G. VELÁZQUEZ, M. VÁZQUEZ (2006). Production of low-salt restructured fish products from Mexican flounder (*Cyclopsetta chittendeni*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as binders. *European Journal of Food Research Technology* 223(3): 341-345.
- RAMÍREZ J.A., A. DEL ÁNGEL, R.M. URESTI, G. VELÁZQUEZ, M. VÁZQUEZ (2007). Low-salt restructured fish products using low-value fish species from the Gulf of Mexico. *International Journal of Food Science and Technology* 42(9): 1039-1045.
- RIBEIRO-PALMEIRA K., E. TEIXEIRA-MÁRSICO, M.L. GUERRA-MONTEIRO, M. LEMUS, C. ADAM-CONTE (2015). Ready-to-eat products elaborated with mechanically separated fish meat from waste processing: challenges and chemical quality. *CyTA Journal of Food* 14(2): 227-238.
- RIBEIRO A.T., M. ELIAS, B. TEIXEIRA, C. PIRES, R. DUARTE, J.A. SARAIVA, R. MENDES (2018). Effects of high pressure processing on the physical properties of fish ham prepared with farmed meagre (*Argyrosomus regius*) with reduced use of microbial transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology* 96: 296-306.
- SETIADI S., S. LAMETTA (2018). Characteristics and effectiveness identification of restructured product of snakehead fish (*Channa striata*) with transglutaminase enzyme addition IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 105(1): 012071.
- URESTI R.M., G. VELÁZQUEZ, J.A. RAMÍREZ, M. VÁZQUEZ, J.A. TORRES (2004). Effect of high-pressure treatments on mechanical and functional properties of restructured products from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(13):1741–1749.
- URESTI R.M., G. VELÁZQUEZ, M. VÁZQUEZ, J.A. RAMÍREZ-DE LEÓN, J.A. TORRES (2005). Restructured products from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*) using high-pressure treatments *European Food Research and Technology* 220(2): 113-119.
- WANG Y., M. ZHANG, A.S. MUJUMDAR, K.J. MOTHIBE (2013). Quality changes of dehydrated restructured fish product from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by drying methods. *Food and Bioprocess Technology* 6(7): 1664-1680.