



Efecto de la adición de harinas no convencionales y reducción del contenido de sodio en productos reestructurados de macabil (*Albula vulpes*)

Effect of the addition of unconventional flours and low salt content on restructured bonefish (*Albula vulpes*) products

Gabriela Nallely Trejo-Díaz¹, Eduardo Morales-Sánchez², Miguel Ángel Martínez-Maldonado^{3*}

RESUMEN

Los productos acuáticos reestructurados se procesan principalmente a partir de especies de pescado infravaloradas, recortes de filetes o subproductos de especies de pescado no comerciales. Una de las pesquerías subvaloradas en el sur de México, es la del macabil (*Albula vulpes*). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de harinas no convencionales y la reducción del nivel de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas y funcionales de productos reestructurados de macabil. Se elaboraron reestructurados de macabil para analizar las muestras con harina de amaranto (HA) o harina de grillo (HG) doméstico (0 %, 5 % y 10 %) y tres niveles de sal (0 %, 1 % y 2 %). Se evaluó la pérdida de agua por cocción, la cantidad de agua extraíble y la textura de los geles. El uso de ambas harinas no convencionales disminuyó la pérdida de agua por cocción entre un 49.09 % y 61.97 %, con 1 % de sal. La adición de sal redujo el agua extraíble del reestructurado. Los valores de dureza variaron ($P < 0.05$) entre tratamientos. La mayor dureza se obtuvo en los tratamientos con HA al 10 % y sal al 1 % (64.55 N) y con HG al 10 % y sal al 2 % (63.50 N). La cohesividad varió de 0.53 a 0.71 (adimensional) en los tratamientos con 1 % y 2 % de sal, indicando pocos cambios en la estructura interna por efecto de los aditivos. Las harinas no convencionales permitieron la gelificación proteica, formando reestructurados con propiedades texturales adecuadas para un producto cárnico. La adición del 10 % de HG común o de HA y 1 % de uso de sal, en la formulación de reestructurados de pescado, ofrece una alternativa saludable en el desarrollo de alimentos de pescado.

PALABRAS CLAVE: productos pesqueros reestructurados, macabil, gelificación, harina de amaranto, harina de grillo.

ABSTRACT

Restructured seafood products are primarily processed from undervalued fish species, fillet trimmings, or byproducts of non-commercial fish species. One of the underrated fisheries in southern Mexico is that of the bonefish (*Albula vulpes*). The objective of this study was to evaluate the effect of adding non-conventional flours and reducing the sodium chloride level on the mechanical and functional properties of restructured bonefish products. Bonefish restructured products were prepared to analyze samples with (0 %, 5 %, and 10 %) amaranth flour (AF) or cricket flour (CF) and three levels of salt (0 %, 1 % and 2 %). The cooking water loss, the amount of extractable water and the texture from gels were evaluated. The use of both non-conventional flours reduced cooking water loss by 49.09 % to 61.97 % with 1 % salt. The addition of salt reduced the extractable water in the restructured product. Hardness values varied ($P < 0.05$) among treatments. The highest hardness was obtained in treatments with 10 % AF and 1 % salt (64.55 N) and with 10 % CF and 2 % salt (63.50 N). Cohesiveness ranged from 0.53 to 0.71 (dimensionless) in treatments with 1 % and 2 % salt, indicating minimal changes in internal structure due to additives. Non-conventional flours allowed for protein gelation, forming restructured products with suitable textural properties for a meat product. The addition of 10 % CF or AF and 1 % salt in fish restructured product formulation offers a healthy alternative in the development of fish-based foods.

KEYWORDS: restructured fish products, bonefish, gelling, amaranth flour, cricket flour.

*Correspondencia: mamartinez@iteshu.edu.mx/Fecha de recepción: 26 de abril de 2023/Fecha de aceptación: 24 de octubre de 2023 / Fecha de publicación: 30 de enero de 2024.

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Laboratorio de Alimentación Sustentable, Cd. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. ²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro, Querétaro, México. ³Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, División de Gastronomía, domicilio conocido s/n, colonia El Saucillo, Huichapan, Hidalgo, México, C. P. 42411.

INTRODUCCIÓN

Las sociedades periódicamente se enfrentan a nuevos desafíos ante la problemática del hambre, la inseguridad alimentaria y las distintas formas de malnutrición a nivel mundial (Reader, 2023). La crisis sanitaria del COVID-19 puso en evidencia, nuevamente, la fragilidad de los sistemas agroalimentarios y las desigualdades existentes en las distintas sociedades. Si a lo anterior se le suman los problemas por el cambio climático, el panorama es aún menos alentador (FAO/FIDA/OMS/PMA/UNICEF, 2022). Mientras tanto, los sistemas de producción de alimentos en el mundo buscan cubrir la demanda creciente de una población en constante aumento. Según el último informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization) expuso los retos a afrontar en torno a la seguridad alimentaria de los más de 9 100 millones de habitantes que tendrá el planeta Tierra en 2050, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022). La preocupación más grande es asegurar la producción de alimentos para mantener a la población, que necesitará aproximadamente 470 millones de carne anualmente (Tripathi y col., 2019). Los múltiples factores extrínsecos, tales como el incremento de la población mundial, la disminución de las tierras cultivables, la creciente urbanización e industrialización, la incertidumbre en los sistemas alimentarios y la creciente demanda de alimentos funcionales y de alta calidad, ejercen una presión significativa sobre la necesidad de desarrollar nuevas alternativas para la producción de alimentos que sean accesibles para la población en general (Reader, 2023). Se ha planteado la exploración del uso de ingredientes no convencionales en la elaboración de alimentos y bebidas, así como la aplicación de tecnologías de reestructuración de proteínas de pescado (Valdespino-Sahagún, 2020) con el fin de abordar esta problemática.

La especie de macabil *Albula vulpes*, se encuentra en hábitats marinos costeros de carácter

tropical y subtropical, siendo objeto frecuente de capturas en actividades de pesca deportiva (Pickett y col., 2020). En el sur de México tiene una importancia económica en el ámbito regional (Pérez y col., 2019). La carne de esta especie se comercializa principalmente como “pulpa”, la presentación de filete tiene una demanda limitada debido a la cantidad de pequeñas espinas y huesos (Pineda y col., 2018). Sin embargo, desde un punto de vista nutricional, el macabil se destaca por su contenido proteico y bajo contenido de lípidos, 20.98 g y 0.8 g, respectivamente, por cada 100 g de filete fresco (Pires y col., 2017). Por lo cual, el filete de macabil tiene el potencial de ser transformado en un producto con alto valor agregado a partir de la reestructuración cárnica.

La tecnología empleada en la elaboración de productos cárnicos reestructurados se fundamenta en la creación de productos de alta calidad y uniformidad a partir de carnes de menor valor comercial. A través de este proceso, se logra preservar los atributos organolépticos que se encuentran presentes en los productos derivados del músculo intacto (Ramos y col., 2021). La reestructuración es el proceso de unión de pequeños trozos de carne mediante el uso de proteínas para crear un producto con una calidad mejorada, como: apariencia, color, textura, forma, tamaño, contenido nutricional.

Los productos marinos reestructurados se procesan principalmente a partir de carne picada infravalorada, recortes de filetes, especies de pescado no comerciales y subproductos de especies comerciales (Tokay y col., 2021). La generación de subproductos de la industria pesquera puede ascender a más del 50 % del volumen total consumido, los cuales pueden incluir recortes de músculo, piel y aletas, espinas, cabezas, vísceras y escamas (García-Sifuentes y col., 2020). Actualmente, estos residuos y descartes suelen ser mayoritariamente eliminados, lo que representa un grave problema medioambiental, debido a su impacto negativo en el ecosistema (Chiesa y col., 2019).

La metodología de elaboración de productos reestructurados tiene como finalidad dar valor agregado, a través de la obtención de una masa proteica homogénea, que se utiliza como ingrediente en la elaboración de productos como jamones, albóndigas, hamburguesas, salchichas y nuggets (Sasidharan y Venugopañ, 2020).

En la actualidad, se llevan a cabo investigaciones sobre la pertinencia de incorporar ingredientes tecno-funcionales, con el propósito de disminuir la cantidad de sodio requerida para la gelificación de proteínas, incrementar el contenido proteico de los productos reestructurados y reducir los tiempos de procesamiento (Tokay y col., 2021). La reducción del contenido de sodio en la dieta es vital debido a su relación con la salud cardiovascular. Su exceso está vinculado a hipertensión y riesgos cardiacos (Dunteman y col., 2022). No obstante, la reducción del contenido de sal en la producción de productos reestructurados puede tener un impacto adverso en las propiedades gelificantes de las proteínas, lo cual se atribuye a una insuficiente solubilización de dichas proteínas (Ramírez y col., 2007).

Una alternativa para la incorporación de ingredientes tecno-funcionales sería el uso de harinas no convencionales, las cuales son aquellos productos pulverizados, obtenidos de fuentes distintas a los cereales tradicionalmente utilizados, como el trigo, el maíz o el arroz. Estas harinas no convencionales se obtienen a partir de semillas, granos, legumbres, tubérculos u otras fuentes vegetales o incluso insectos, y se utilizan como alternativas en la producción de alimentos para ampliar la diversidad de ingredientes, mejorar el valor nutricional y cumplir con las demandas de dietas específicas (Dini y col., 2012; Avendaño y col., 2020). Pueden tener perfiles de sabor, texturas y propiedades nutricionales únicas, en comparación con las harinas convencionales (Avendaño y col., 2020).

El consumo de insectos es una práctica alimenticia antigua y ampliamente extendida en

algunas regiones del mundo. En América Latina, África y Asia (FAO, 2021) se comen como platos separados o se agregan en formulaciones, por ejemplo, en forma de polvo. El alto valor nutricional, su reproducción rápida, las tasas elevadas de crecimiento y conversión de piensos, el uso de residuos agroalimentarios para su alimentación y un reducido impacto ambiental durante su ciclo de vida, han vuelto a los insectos comestibles, potenciales ingredientes funcionales para la formulación de alimentos con características nutricionales mejoradas y sostenibles (Apolo-Aréval y Iannaccone, 2015).

Los reportes sobre la cantidad total de proteínas de insectos comestibles en México supera al de las proteínas obtenidas de fuentes cárnicas convencionales como el pollo, huevo y res (Luperdi y col., 2022). El contenido de proteínas en los insectos varía de 25 % a 61 %, un contenido de grasa de 10 % a 50 %, ácidos grasos poliinsaturados, minerales (por ejemplo, hierro, selenio y zinc) y vitaminas (principalmente las del grupo B) (Pulido-Blanco y col., 2020). De acuerdo con el reporte del mercado de insectos comestibles, la proyección en México será de 607.5 millones de dólares (Urrejola, 2019). Sin embargo, la entomofagia, que es la práctica de la ingesta de insectos por los seres humanos (Luperdi y col., 2022), entre los consumidores occidentales todavía es limitada, porque el consumo de insectos como fuente de proteínas nunca ha jugado un papel importante de la cultura alimentaria (Bresciani y col., 2022). En ese sentido, Mlček y col. (2014) han sugerido que el uso de insectos enteros o partes de los mismos, que no sean directamente reconocibles en productos alimentarios, podría contribuir a aumentar la aceptabilidad de los insectos y la propensión a consumirlos. Lo anterior, usando los insectos como ingredientes en forma de polvo o harina para enriquecer los alimentos como: pan (Cappelli y col., 2020), botanas extruidas (Severini y col., 2018) o pastas (Çabuk y Yılmaz, 2020). El grillo (*Acheta domestica*) es un organismo relevante debido a su potencial en la dieta. Su capacidad de ser producido comer-

cialmente y valor nutricional lo hacen una opción atractiva (Arévalo-Arévalo y col., 2022). Aunque su consumo varía regionalmente, su creciente popularidad destaca su importancia alimentaria (Morales-Ramos y col., 2020).

El interés por el uso de pseudocereales en tecnologías alimentarias ha aumentado en los últimos años, debido a su valiosa composición nutricional, teniendo un alto contenido proteico (Dini y col., 2012). El amaranto se considera uno de los cultivos más prometedores para su cultivo, debido a su capacidad para resistir la escasez de agua, adaptarse a diferentes tipos de suelo, crecer rápidamente y tener un alto valor nutricional (Gebreil y col., 2020). El amaranto es reconocido por sus componentes nutricionales destacados, como su contenido de fibra dietética (11.10 %), proteínas (10.18 % a 29.35 %), ácidos grasos poliinsaturados (3.23 %), vitaminas (riboflavina: 0.19 % a 0.23 %, ácido ascórbico: 4.50 %, ácido fólico y vitamina E), minerales (calcio: 178 mg/100 g, magnesio: 248 mg/100 g, fósforo: 557 mg/100 g, potasio: 508 mg/100 g) y diversos compuestos bioactivos (fitonutrientes, saponinas, betalinas) (Coțovanu y col., 2023). La producción de amaranto en México ha alcanzado un promedio de 6 000 T, con un valor aproximado de 72 millones de pesos. Aunque la forma más común de consumo es en forma de las golosinas denominadas “alegrías”, el uso del amaranto se ha diversificado y se ha incorporado en productos panificados y en preparaciones culinarias (Rojas-Rivas y col., 2020).

La inclusión de reestructurados de pescado y harinas no convencionales en la dieta humana puede mejorar la seguridad alimentaria, reducir la huella de carbono y fomentar la sostenibilidad. Además, estos ingredientes pueden ser utilizados en una amplia gama de productos alimenticios y adaptarse a los gustos y necesidades de los consumidores (Dini y col., 2012).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de harinas no convencionales de amaranto (*Amaranthus* spp) y

grillo doméstico (*Acheta domesticus*) sobre las propiedades mecánicas y funcionales de reestructurado macabil (*Albula vulpes*) con diferentes niveles de cloruro de sodio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se adquirieron 5 kg de filete de macabil (*Albula vulpes*) fresco, no congelado, en un local del puerto de Paredón en Tonalá, Chiapas, México. Los filetes fueron transportados en una hielera y almacenados a < 4 °C en un refrigerador (marca Torrey, modelo R36L, Monterrey, Nuevo León, México), durante 12 h, hasta su uso para la elaboración de los reestructurados.

La harina de amaranto (HA) se obtuvo a partir de las semillas de amaranto comercial (marca Quali); 250 g de semillas fueron procesadas en equipo marca Nutribullet (modelo NB-101B, Capital Brands LLC, Los Angeles, CA, E.U.A) y se homogenizaron a máxima velocidad (potencia de 600 W) durante 1 min. Posteriormente se hizo pasar el producto por un tamiz de malla No. 50 para obtener un producto de consistencia fina y homogénea.

Se adquirió 1 kg de harina de grillo (HG) comercial (marca In Insect Nutrition, Querétaro, Querétaro, México). En la Tabla 1 se muestra el contenido nutrimental comercial.

Elaboración de reestructurados

Se utilizó la metodología reportada por Velazquez y col. (2021). Los filetes de macabil fueron colocados en un procesador de alimentos (Hamilton Beach Modelo 72860-Mx, Glen Allen, VA, E.U.A) para ser picados y mezclados con 0 %, 5 % o 10 % de las harinas no convencionales (amaranto o grillo) y con 0 %, 1 % y 2 % de cloruro de sodio. Posteriormente, la masa cárnica se embutió en tubos de acero inoxidable con rosca (2 cm de diámetro, 18 cm de longitud) utilizando una embutidora manual (Modelo Prototipo 1, CICATA-QRO, Querétaro, México). Se procedió a realizar una gelificación térmica sumergiendo los tubos con la masa cárnica en agua a 40 °C/30 min; después se depositaron los tubos en otro recipiente con

■ Tabla 1. Contenido nutrimental de las harinas no convencionales adicionadas a los reestructurados de macabil (*Albula vulpes*).

Table 1. Nutritional content of unconventional flours added to the restructured bonefish (*Albula vulpes*).

	Harina de grillo (%)*	Harina de amaranto (%)*
Proteína	69	16.4
Carbohidratos	12.4	66.6
Fibra	9.6	30.2
Grasa total	9.7	6.2

*De acuerdo a lo declarado por el fabricante.

agua a una temperatura de 90 °C/20 min; una vez finalizada esta etapa se sumergieron los tubos en un envase con agua fría (5 °C/20 min). Concluido el proceso térmico, los reestructurados de macabil se desmoldaron de los tubos en bolsas de plástico y se almacenaron a una temperatura de 4 °C/12 h. El grupo control corresponde a los reestructurados de macabil sin adición de las harinas no convencionales y con 0 % de cloruro de sodio.

Evaluación de la pérdida de agua por cocción

La determinación de la cantidad de agua liberada por calentamiento, sin aplicar fuerzas mecánicas externas a los reestructurados de macabil, se realizó de acuerdo con Nisov y col. (2020), haciendo algunas adecuaciones a la metodología propuesta. Las muestras fueron cortadas con dimensión de 2 cm de espesor y 2 cm de diámetro y también fueron pesadas (PI: peso inicial). Posteriormente, se introdujeron en una bolsa de polietileno y se cocieron a baño María a 90 °C/30 min; al finalizar el tratamiento térmico, las muestras de las bolsas, se retiraron para colocarse en una rejilla a 25 °C/10 min; y posteriormente se pesaron nuevamente (PF: peso final). La pérdida de agua por cocción se calculó aplicando la ecuación 1, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida por cocción} = [(PI-PF/PI)] * 100 \text{ (Eq. 1)}$$

Determinación del agua extraíble (AE)

Esta técnica permite una forma indirecta de medir la capacidad de retención de agua. Se siguió la metodología reportada por Martínez-Maldonado y col. (2018). Se tomaron muestras (de 3 g ± 0.1 g) de los reestructurados, los cuales se consideraron como PI; se envolvieron las muestras entre 5 pliegos de papel (15 cm x 15 cm). El envoltorio se colocó en tubo para centrifuga de 50 mL, se procedió a centrifugar en un equipo (modelo Hettich Rotofix 32-A, Tuttlingen, Alemania) a 3 660 rpm durante 5 min a 20 °C. Terminado este paso, las muestras fueron pesadas (PF). El cálculo del AE se realizó aplicando la ecuación 2. Se analizaron 4 muestras por tratamiento.

$$AE = [(PI-PF/PI)] * 100 \text{ (Eq. 2)}$$

Análisis de textura

Se realizó de acuerdo a la metodología reportada por Ramírez y col. (2007), con la finalidad de obtener los parámetros de dureza (N), cohesividad y masticabilidad. Los 4 diferentes reestructurados de macabil fueron cortados para obtener muestras de 2.5 cm de alto por 2 cm de diámetro. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en un analizador de textura TA plus (Lloyd Instruments, Largo, FL, E.U.A), utilizando una sonda plana (diámetro de 2.5 cm). Se aplicó una compresión del 75 % de su altura inicial, usando una velocidad transver-

sal de 1 mm/s. Las evaluaciones se realizaron en 6 ocasiones para cada tratamiento.

Análisis estadístico

Se calculó el promedio y la desviación estándar. Para los datos obtenidos se utilizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA), seguida por una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) usando el software Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, E.U.A).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de agua por cocción

Se refiere al fenómeno mediante el cual una muestra cárnica experimenta una disminución de su contenido de humedad. La adición de NaCl permitió reducir significativamente ($P < 0.05$) la pérdida de agua en las muestras que no contienen HG o HA (Tabla 2), lo que indica la importancia de este aditivo para la textura final del producto. Reducir la pérdida de agua es una característica deseable, ya que incrementa el rendimiento y puede desempeñar un papel crucial en el

desarrollo del sabor y la textura adecuados del producto final (Tafadzwa y col., 2021). Las muestras elaboradas con harinas no convencionales presentaron una reducción significativa ($P < 0.05$) en la pérdida de agua, asociada con el nivel de harina añadida. En las que se utilizó HG se observó, en general, una mayor reducción en la pérdida de agua (61.97 %, con 1 % de sal), respecto a los productos elaborados con amaranto (49.09 % con 1 % de sal). El efecto fue dependiente, del nivel de sal adicionado.

Los resultados de este estudio están en concordancia a lo reportado por Tafadzwa y col. (2021), que indica que la HA puede ser utilizada como un agente ligante para la disminución de la pérdida de agua por cocción. Asimismo, Park y col. (2017) evaluaron el uso de harina de insecto (gusano de seda) en la elaboración de un producto cárnico a base de cerdo y consiguieron reducir la pérdida de agua por cocción hasta en un 15 %, comparado con el grupo control. El incremento o disminución

■ **Tabla 2. Efecto del tipo de harina y nivel de sal en la pérdida de agua cocción de los reestructurados de macabil.**

Table 2. Effect of the type of flour and level of salt in the water loss during cooking in bonefish restructured products.

Harina	(%)	NaCl (%)		
		0	1	2
Grillo	0	10.49 ± 0.20 ^{Aa}	7.89 ± 0.03 ^{Ab*}	7.04 ± 0.13 ^{Ac*}
	5	6.38 ± 0.03 ^{Ba*}	6.03 ± 0.02 ^{Ba*}	4.69 ± 0.02 ^{Bb*}
	10	4.96 ± 0.02 ^{Ca*}	4.89 ± 0.00 ^{Ca*}	3.04 ± 0.02 ^{Cb*}
Amaranto	0	11.47 ± 0.26 ^{Aa}	10.49 ± 0.20 ^{Ab}	7.89 ± 0.03 ^{Ac}
	5	7.04 ± 0.13 ^{Ba}	7.34 ± 0.03 ^{Ba}	5.89 ± 0.09 ^{Cb}
	10	6.37 ± 0.03 ^{Ca}	5.15 ± 0.08 ^{Cb}	4.22 ± 0.01 ^{Bc}

^{ab,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de harina (grillo o amaranto) para la misma concentración de NaCl.

^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de adición de NaCl para el mismo nivel de concentración de harina (grillo o amaranto).

*Indica diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tipo de harina (grillo o amaranto) para los mismos niveles de concentración de harina y NaCl.

en la pérdida de agua por cocción puede estar asociada al tipo de almidón y proteínas presentes en las HG o HA (Ramírez y col., 2011).

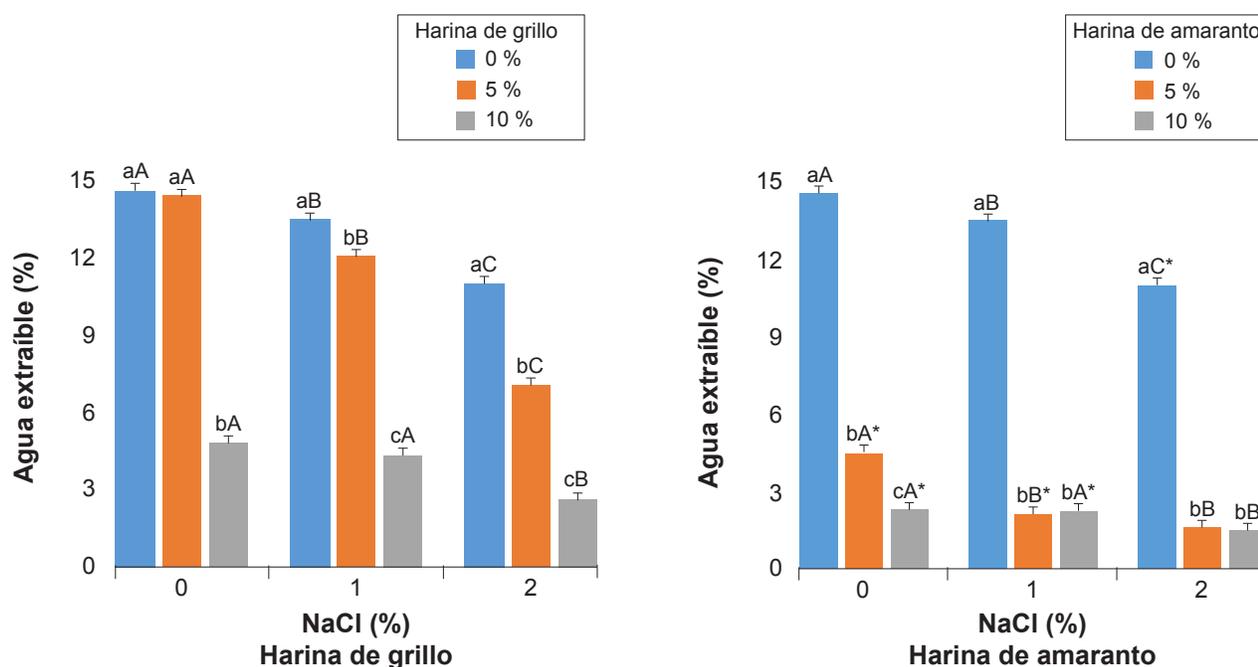
Los resultados obtenidos indican que las harinas no convencionales, utilizadas en la formulación de los productos reestructurados de pescado, pueden ayudar a retener la humedad del producto durante la cocción y reducir el contenido de NaCl necesario para su procesamiento.

Agua extraíble

La capacidad de retención de agua (CRA) está asociada con la función de las proteínas de retener el agua contra fuerzas externas. Una mayor CRA significa que el reestructurado tiene niveles bajos de agua extraíble (AE), lo cual indica que hay una fuerte asociación en-

tre las moléculas de agua y las de proteínas y otros constituyentes del alimento (Zheng y col., 2019).

El contenido de sal tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en la cantidad de agua extraíble, lo que indica que mejoró su CRA (Figura 1). En los reestructurados adicionados con HG o HA, disminuyó significativamente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el porcentaje de adición, comparadas con el control. El rango de AE para los reestructurados de macabil en los que se estudió el efecto de la HG disminuyó de 14.63 %, la muestra sin sal ni harina, a 2.6 %, en la muestra con 2 % de sal y 10 % de harina. Los reestructurados tratados con HA presentaron un rango de AE que varió de 14.63 % a 1.51 % en las muestras



^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de harina (grillo o amaranto) para la misma concentración de NaCl.

^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de adición de NaCl para el mismo nivel de concentración de harina (grillo o amaranto).

*Indica diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tipo de harina (grillo o amaranto) para los mismos niveles de concentración de harina y NaCl.

■ **Figura 1. Efecto del tipo de harina y nivel de sal en el agua extraíble de los reestructurados de macabil.**

Figure 1. Effect of the type of flour and level of salt in the extractable water of the macabil restructured products.

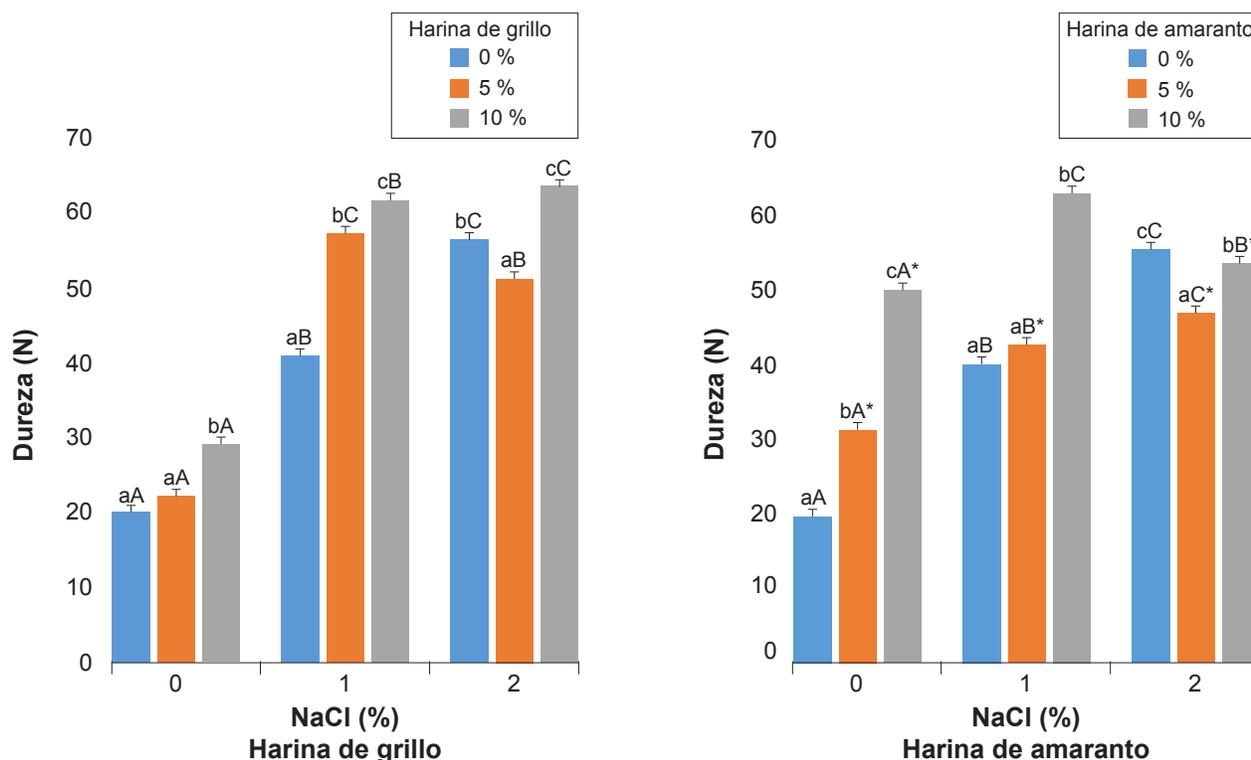
con las características mencionadas. En general, se obtuvo un menor porcentaje de agua extraíble con HA. En los tratamientos con 0 % y 1 % de sal, la HG al 5 % tuvo muy poco efecto en la reducción del AE, mejorando al 2 % de sal (quedando en un rango de 4.51 % a 1.50 %). La HA presentó una mayor eficiencia a esa concentración, que aumentó al incrementar el nivel de sal.

La variación del AE está asociada a las diferentes características de las harinas utilizadas, como sus constituyentes, tamaño del poro, área de la superficie, arreglo estructural y la naturaleza hidrofílica o hidrofóbica (Gentile, 2020). Asimismo, las concentraciones de NaCl

pueden afectar la retención de agua en la estructura de la matriz de proteínas, aumentando de esta forma la CRA. En este estudio existió un efecto combinado de la adición de las harinas no convencionales y el NaCl en la CRA, siendo más visible en la HA.

Dureza

La adición de sal incrementó la dureza de los reestructurados elaborados sin incorporación de harinas no convencionales (Figura 2), requiriendo 2 % de sal para alcanzar el valor máximo. Este comportamiento se asocia con la solubilización de las proteínas musculares, lo que facilita su posterior desplegamiento e in-



^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de harina (grillo o amaranto) para la misma concentración de NaCl.

^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de adición de NaCl para el mismo nivel de concentración de harina (grillo o amaranto).

*Indica diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tipo de harina (grillo o amaranto) para los mismos niveles de concentración de harina y NaCl.

■ **Figura 2. Efecto del tipo de harina y nivel de sal en los valores de dureza de los reestructurados de macabil.**

Figure 2. Effect of the type of flour and level of salt in the hardness values of bonefish restructured products.

teracción durante la cocción, formando una red más estructurada (Ramírez y col., 2011). En los tratamientos sin sal (Figura 2), la incorporación de HG al 5 % o 10 % tuvo poco efecto en la dureza, en tanto que la HA incrementó notablemente ($P < 0.05$) este atributo textural en ambos niveles de adición. Las muestras con 1 % de sal, conteniendo 5 % o 10 % de HG presentaron valores de textura similares al alcanzado por las muestras con 2 % de sal sin adición de harinas no convencionales, indicando que esta harina puede usarse para disminuir la cantidad de sal requerida. La HA también incrementó la dureza en los tratamientos con 1 % de sal cuando se adicionó al 10 %. En las muestras de 2 % de sal, la incorporación de 5 % de cualquiera de las dos harinas tuvo un efecto negativo en la dureza, en tanto que, 10 % de HG mejoró este parámetro, no así la adición de HA. La adición de harinas no convencionales mejoró la dureza de los reestructurados de macabil elaborados con bajo contenido de sal (1 %). En el caso de la HA, la adición de 10 % de este ingrediente permitió obtener productos con adecuada, dureza incluso sin la adición de sal. Esto podría estar asociado con el tipo de configuración de las proteínas de amaranto, las cuales tienen alto porcentaje de estructuras β -plegadas y una alta temperatura de desnaturalización y formación de gel, que favorece la estructuración de un gel más rígido (Avanza y col., 2005; Shevkani y col., 2014); asimismo, durante el proceso de gelificación se puede llevar a cabo la interacción de proteína-polisacárido, en este caso el almidón, repercutiendo en la estabilidad de la estructura tridimensional del gel (Verma y col., 2019).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Kim y col. (2017) y Somjid y col. (2022), quienes usaron HG en la elaboración de productos cárnicos emulsionados de cerdo y surimi de caballa, destacando un aumento en los valores de dureza a partir de la incorporación de 5 % de HG. La adición de HG o HA, permiten una estabilidad del gel proteico y su efecto debe estar relacionado con la

mejoría de algunas de las etapas de la gelificación de las proteínas musculares, que en productos de pescado se presenta en tres grandes etapas: la primera es la solubilización de proteínas por adición de NaCl; la segunda es el “setting”, que es una agregación proteica a temperaturas en el rango de 0 °C a 40 °C por tiempos variables de incubación (CIVEQ, HH-2, Ciudad de México), la cual es resultado de la activación de la transglutamisasa endógena (TGasa); y la etapa final denominada agregación térmica, inducida por la cocción del producto mediante sujeción a temperaturas cercanas a 90 °C, para evitar un rápido tránsito por la región de temperatura de 60 °C a 70 °C, que suele inducir un daño estructural denominado “modori”, causado por la acción de enzimas proteasas endógenas (Ramírez y col., 2011).

El efecto benéfico del uso de HG puede estar asociado a su alto contenido de proteína (69 %), superior al reportado para HA (16.4 %) (Tabla 1), lo que podría facilitar la formación de un gel más estructurado. Además de aumentar el contenido proteico, el efecto también podría estar asociado a la presencia de calcio, que puede mejorar la capacidad de gelificación de las proteínas de macabil (Kosečková y col., 2022). El Ca^{2+} iónico presente en la harina puede activar la TGasa del músculo del pescado. Esta enzima es la responsable del mejoramiento de la textura y actúa durante la etapa del “setting” (incubación a 40 °C/20 min), ya que cataliza la reacción de transferencia de acilo entre los grupos γ -carboxiamida de la glutamina y los grupos ϵ -amino de la lisina (Ding y col., 2011; Ramírez y col., 2011), lo que resulta en la formación de enlaces cruzados de ϵ -(γ -glutamil) lisina. Esta reacción se da entre cadenas proteicas adyacentes, que quedan ligadas covalentemente, con lo que se refuerza la red tridimensional que forma al gel en los reestructurados de macabil, induciendo altos valores de dureza.

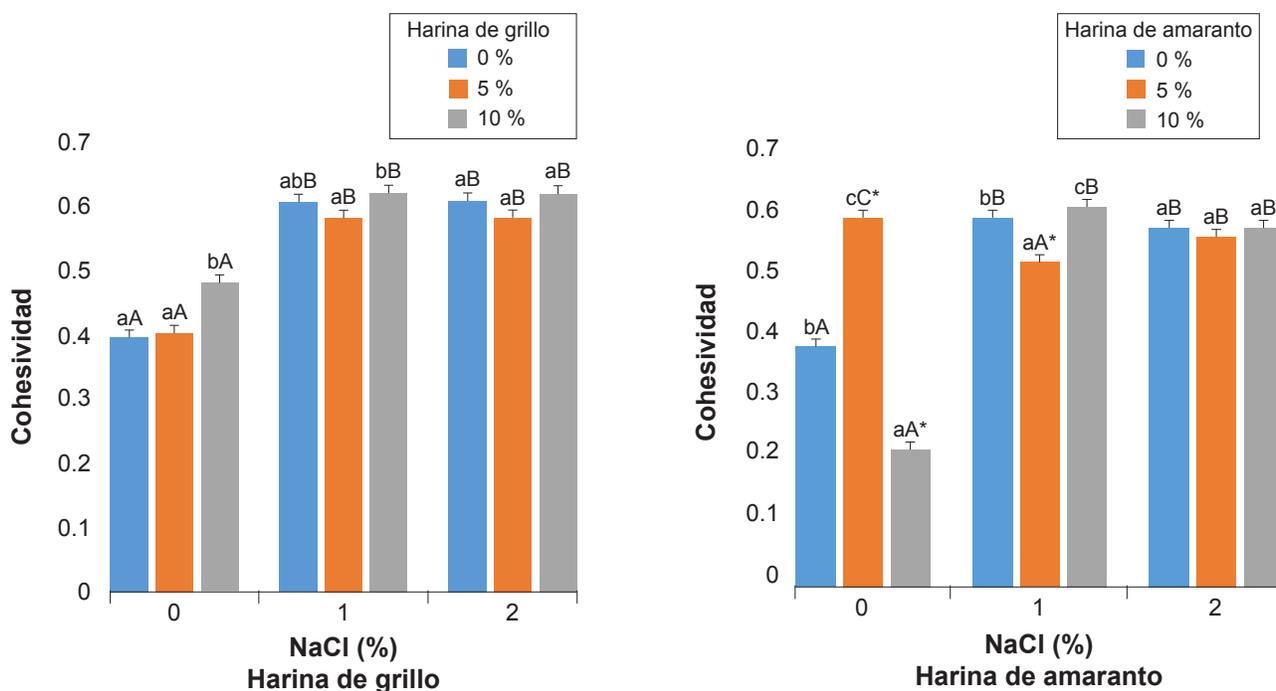
El incremento del valor de la dureza, por la adición de HA podría estar asociado con el tipo de configuración de las proteínas de

amaranto, más que con la concentración proteica, ya que estas tienen alto porcentaje de estructuras β-plegadas y una alta temperatura de desnaturalización y formación de gel, repercutiendo en la estructuración de un gel más rígido (Avanza y col., 2005; Shevkani y col., 2014). Asimismo, durante el proceso de gelificación se puede llevar a cabo la interacción de proteína-polisacárido, promoviendo la estabilidad de la estructura tridimensional del gel, lo anterior proveniente del almidón presente en el amaranto (Verma y col., 2019).

Cohesividad

Esta propiedad se asocia con el grado de deformación que pueden soportar los reestructurados antes de romperse, y está asociada con la fuerza de los enlaces intermoleculares

(Sun y col., 2018). El valor de cohesividad, en este estudio, en general, fue menor en los tratamientos con 0 % de NaCl, respecto a los tratamientos adicionados con 1 % y 2 % de NaCl ($P < 0.05$), donde los valores fueron similares (Figura 3). Estos datos indican que se requiere al menos 1 % de sal para obtener una estructura adecuada para formar el gel. En los reestructurados de macabil sin sal y adicionados con HG se necesitó 10 % de este ingrediente para mejorar la cohesividad ($P < 0.05$). En tanto que, en los productos con HA, el uso de 5 % incrementó este parámetro de textura ($P < 0.05$), mientras que adicionar 10 % tuvo un efecto disruptivo, alcanzando los valores más bajos del estudio. En las muestras con 1 % y 2 % de sal, el uso de 5 % o 10 % de harinas no



^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de harina (grillo o amaranto) para la misma concentración de NaCl.

^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de adición de NaCl para el mismo nivel de concentración de harina (grillo o amaranto).

*Indica diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tipo de harina (grillo o amaranto) para los mismos niveles de concentración de harina y NaCl.

■ **Figura 3. Efecto del tipo de harina y nivel de sal en los valores de cohesividad de los reestructurados de macabil.**

Figure 3. Effect of the type of flour and level of salt in the cohesiveness values of the restructured bonefish products.

convencionales tuvo muy poco efecto en la cohesividad de los productos.

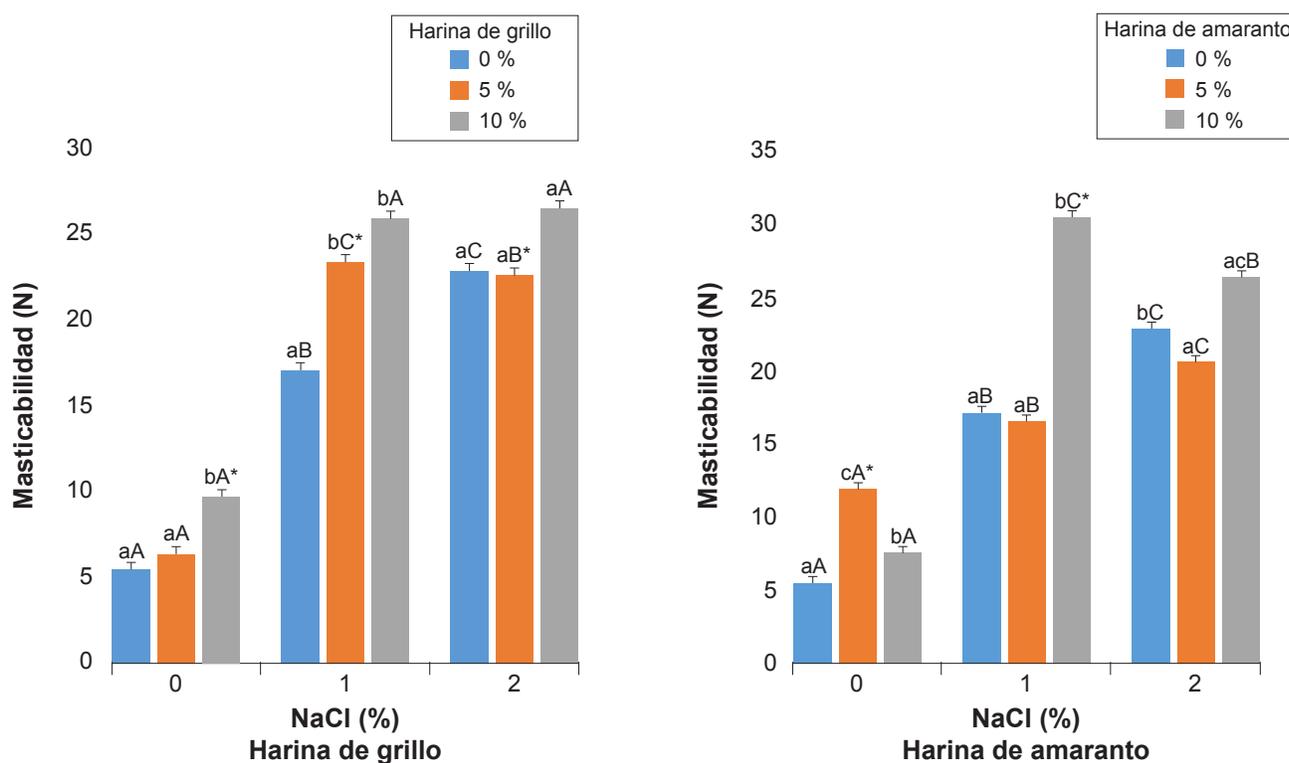
Los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados por Verma y col. (2019), quienes usaron amaranto para la elaboración de un producto de carne de cabra y obtuvieron valores bajos de cohesividad comparados con el grupo control. Esto puede ser atribuido a ser dos sistemas musculares diferentes y al porcentaje utilizado (Debusca y col., 2014).

Masticabilidad

El parámetro de masticabilidad de los reestructurados de macabil, adicionados con HG (Figura 4), presentó valores significativamen-

te ($P < 0.05$) mayores para el mismo nivel de NaCl (0 % y 1 %) al incrementar el nivel de harina, mientras para el nivel de 2 % de NaCl no se muestra diferencia entre la cantidad de harina adicionada. Sin embargo, los tratamientos de 1 % de NaCl, adicionados con 5 % o 10 % de HG muestran valores similares comparados con el grupo de 2 % de NaCl, lo cual indica que se puede usar un menor porcentaje de NaCl para la elaboración de reestructurados cuando son adicionados con harinas no convencionales.

Estos resultados sugieren que la HG y HA pueden contribuir a la conformación de una estructura proteica cohesiva y firme, asociada



^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de harina (grillo o amaranto) para la misma concentración de NaCl.

^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los distintos niveles de adición de NaCl para el mismo nivel de concentración de harina (grillo o amaranto).

*Indica diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tipo de harina (grillo o amaranto) para los mismos niveles de concentración de harina y NaCl.

■ **Figura 4. Efecto del tipo de harina y nivel de sal en los valores de masticabilidad de los reestructurados de macabil.**

Figure 4. Effect of the type of flour and level of salt in the chewiness values of the restructured bonafish products.

al valor de dureza. La inclusión de harinas no convencionales en la producción de productos reestructurados de macabil puede desempeñar un papel fundamental como sistema de relleno de gel, en el cual los componentes de dichas harinas interactúan con las proteínas presentes en el macabil, generando una estructura robusta. Esto conduce a la formación de una red proteica tensa, lo que resulta en un aumento de la masticabilidad del producto.

CONCLUSIONES

La adición de harina de amaranto (*Amaranthus* spp) y harina de grillo (*Acheta domesticus*) permitió reducir significativamente la pérdida de agua durante la cocción, mejorando así la

retención de agua del producto final. La adición de NaCl influyó en la dureza y cohesividad de los productos, con variaciones en función de los porcentajes utilizados. La formulación con 10 % de harinas no convencionales y 1 % de sal se mostró prometedora, ya que ofreció una alternativa saludable y con propiedades texturales adecuadas para el consumo y la comercialización. Estos hallazgos resaltan la posibilidad de desarrollar productos reestructurados de pescado con un contenido nutrimental adecuado y una respuesta positiva a la creciente demanda de alimentos más saludables. Los resultados aportan una perspectiva valiosa al desarrollo de alimentos con bajo contenido de NaCl.

REFERENCIAS

- Apolo-Aréval, L. y Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*. 17(17): 161-173.
- Arévalo-Arévalo, H., Vernot, D. y Barragán-Fonseca, K. (2022). Perspectivas de uso sostenible del grillo doméstico tropical (*Gryllodes sigillatus*) para la alimentación humana en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 69(3): 310-324.
- Avanza, M. V., Puppo, M. C., and Añón, M. C. (2005). Structural characterization of amaranth protein gels. *Journal of Food Science*. 70(3): E223-E229.
- Avendaño, C., Sánchez, M., Valenzuela, C., Avendaño, C., Sánchez, M. y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*. 47(6): 1029-1037.
- Bresciani, A., Cardone, G., Jucker, C., Savoldelli, S., and Marti, A. (2022). Technological Performance of Cricket Powder (*Acheta domesticus* L.) in Wheat-Based Formulations. *Insects*. 13(6): 546.
- Çabuk, B. and Yılmaz, B. (2020). Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: Nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. *Journal of Food Science and Technology*. 57: 2750-2757.
- Cappelli, A., Oliva, N., Bonaccorsi, G., Lorini, C., and Cini, E. (2020). Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour? *LWT*. 118: 108867.
- Chiesa, I. L., Sciocia, G., Leal, M. y Seco-Pon, J. P. (2019). Residuos en ambientes marinos: Un problema global y también fueguino. *La Lupa. Colección Fueguina de Divulgación Científica*. (15): 2-7.
- Coțovanu, I., Stroe, S. G., Ursachi, F., and Mironnea, S. (2023). Addition of amaranth flour of different particle sizes at established doses in wheat flour to achieve a nutritional improved wheat bread. *Foods*. 12(1): 133.
- Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S. K., Matlak, K. E., and Jaczynski, J. (2014). Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary fiber. *Food Chemistry*. 148: 70-76.
- Dini, C., García, M. A., and Viña, S. Z. (2012). Non-traditional flours: frontiers between ancestral heritage and innovation. *Food & Function*. 3(6): 606-620.
- Ding, Y., Liu, Y., Yang, H., Liu, R., Rong, J., Zhao, S., and Xiong, S. (2011). Effects of CaCl₂ on chemical interactions and gel properties of surimi gels from two species of carps. *European Food Research and Technology*. 233: 569-576.
- Dunteman, A. N., McKenzie, E. N., Yang, Y., Lee, Y., and Lee, S. Y. (2022). Compendium of sodium reduction strategies in foods: A scoping review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*

Safety. 21(2): 1300-1335.

FAO, Food and Agriculture Organization (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective. FAO. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb4094en>. Fecha de consulta: 8 de abril de 2023.

FAO, Food and Agriculture Organization/FIDA, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/OMS, Organización Mundial de la Salud/PMA, Programa Mundial de Alimentos/UNICEF, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2022). Versión resumida de “El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022”. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. Roma, FAO. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc0640es>. Fecha de consulta: 6 de abril de 2023.

García-Sifuentes, C. O., Scheuren-Acevedo, S. M. y Zamorano-Apodaca, J. C. (2020). Explorando diferentes subproductos considerados como residuos por la industria pesquera en México. *Biotecnia*. 22(2): 61-69.

Gebreil, S. Y., Ali, M. I. K., and Mousa, E. A. M. (2020). Utilization of amaranth flour in preparation of high nutritional value bakery products. *Food and Nutrition Sciences*. 11(5): 336-354.

Gentile, L. (2020). Protein-polysaccharide interactions and aggregates in food formulations. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 48: 18-27.

Kim, H. W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., Kim, and Y. H. B. (2017). Effect of house cricket (*Acheta domesticus*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *Journal of Food Science*. 82(12): 2787-2793.

Kosečková, P., Zvěřina, O., Pěchová, M., Krulíková, M., Duborská, E., and Borkovcová, M. (2022). Mineral profile of cricket powders, some edible insect species and their implication for gastronomy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 107: 104340.

Luperdi, A. Z. N., Soto, M. E. N., Torres, B. P., Celis, H. C. A., and Alomia, L. A. T. (2022). Beneficios ambientales, nutricionales y económicos de la entomofagia en países hispanohablantes en los últimos 15 años: una revisión sistemática de literatura. *Revista de Ciencias Sociales y Sostenibilidad*. 2(1): 50-65.

Martínez-Maldonado, M. A., Ramírez-De-León, J. A., Méndez-Montealvo, M. G., Morales-Sánchez, E., and Velazquez, G. (2018). Effect of the cooking

process on the gelling properties of whole and minced jumbo lump of blue crab (*Callinectes sapidus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 27(4): 418-429.

MIček, J., Rop, O., Borkovcova, M., and Bednářová, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 64(3): 147-157.

Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., and Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): A holistic approach to develop optimized diets. *PLoS One*. 15(1): e0227400.

Nisov, A., Aisala, H., Holopainen-Mantila, U., Alakomi, H. L., Nordlund, E., and Honkapää, K. (2020). Comparison of whole and gutted baltic herring as a raw material for restructured fish product produced by high-moisture extrusion cooking. *Foods*. 9(11): 1541.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (2022). Informe de los objetivos de desarrollo sostenible 2022. [En línea]. Disponible en: https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Spanish.pdf. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2023.

Park, Y. S., Choi, Y. S., Hwang, K. E., Kim, T. K., Lee, C. W., Shin, D. M., and Han, S. G. (2017). Physicochemical properties of meat batter added with edible silkworm pupae (*Bombyx mori*) and transglutaminase. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 37(3): 351.

Perez, A. U., Schmitter-Soto, J. J., Adams, A. J., Herrera-Pavon, R. L. (2019). Influence of environmental variables on abundance and movement of bonefish (*Albula vulpes*) in the Caribbean Sea and a tropical estuary of Belize and Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. 102: 1421-1434.

Pickett, B. D., Wallace, E. M., Ridge, P. G., and Kawwe, J. S. (2020). Lingering taxonomic challenges hinder conservation and management of global bonefishes. *Fisheries*. 45(7): 347-358.

Pineda, W., Torres, J., Flores, M., Pomares, G., Pérez, A., Ospina, D., Ruiz E., and Montero, L. (2018). Production of Sausage from Macabí Fish Pulp. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*. 3(1): 64-68.

Pires, D. R., Jamas, A. L. A., Amorim, E., Azevedo-Meleiro, C. H. D., Silva, P. P. D. O., and Oliveira, G. M.

- D. (2017). Chemical characterization of marine fish of low-commercial value and development of fish burgers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52: 1091-1098.
- Pulido-Blanco, V. C., González-Chavarró, C. F., Tapia-Polanco, Y. M. y Celis-Ruíz, X. M. (2020). Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 24(2): 81-100.
- Ramírez, J. A., Del-Angel, A., Uresti, R. M., Velazquez, G., and Vázquez, M. (2007). Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. *Food Chemistry*. 102(1): 243-249.
- Ramírez, J. A., Uresti, R. M., Velazquez, G., and Vázquez, M. (2011). Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloids*. 25(8): 1842-1852.
- Reader, G. T. (2023). Access to Drinking Water, Food Security and Adequate Housing: Challenges for Engineering, Past, Present and Future. In D. SK., Ting, and A. Vassel-Behagh (Eds.), *Responsible Engineering and Living*. REAL 2022. Springer Proceedings in Energy. Springer,
- Ramos, M., Santos, R., Beldarrain, T., Nuñez-De-Villavicencio, M., De-Hombre, R. y Rodríguez, F. (2021). Productos reestructurados y envasados al vacío. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 31(2): 11-19.
- Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A. y Thomé-Ortiz, H. (2020). Consumo e intención de compra de amaranto (*Amaranthus* sp.) en México; un grano ancestral con propiedades funcionales. *Agro Productividad*. 13(3).
- Sasidharan, A. and Venugopal, V. (2020). Proteins and co-products from seafood processing discards: Their recovery, functional properties and applications. *Waste and Biomass Valorization*. 11: 5647-5663.
- Severini, C., Azzollini, D., Albenzio, M., and De-rossi, A. (2018). On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. *Food Research International*. 106: 666-676.
- Shevkani, K., Singh, N., Rana, J. C., and Kaur, A. (2014). Relationship between physicochemical and functional properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates. *International Journal of Food Science & Technology*. 49(2): 541-550.
- Somjid, P., Panpipat, W., Cheong, L. Z., and Chaijan, M. (2022). Comparative effect of cricket protein powder and soy protein isolate on gel properties of indian mackerel surimi. *Foods*. 11(21): 3445.
- Sun, Y., Ma, L., Ma, M., Zheng, H., Zhang, X., Cai, L., ..., and Zhang, Y. (2018). Texture characteristics of chilled prepared Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) during storage. *International Journal of Food Properties*. 21(1): 242-254.
- Tafadzwa, M. J., Zvamaziva, J. T., Charles, M., Amiel, M., Pepukai, M., and Shepherd, M. (2021). Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties OF quinoa and amaranth flour AS potential binders in beef sausages. *Food Chem*. 365: 130619.
- Tripathi, A. D., Mishra, R., Maurya, K. K., Singh, R. B., and Wilson, D. W. (2019). Estimates for world population and global food availability for global health. In R. B. Singh, R. R. Watson, and T. Takahashi (Eds.), *The role of functional food security in global health* (pp. 3-24). Academic Press.
- Tokay, F. G., Alp, A. C., and Yerlikaya, P. (2021). Production and shelf life of restructured fish meat binded by microbial transglutaminase. *LWT*. 152: 112369.
- Urrejola, J. (2019). México: El país líder de la revolución insectívora. DW (Deutsche Welle). Actualidad: Ciencia y Ecología. [En línea]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/m%C3%A9xico-elpa%C3%ADs-l%C3%ADder-de-la-revoluci%C3%B3n-insect%C3%ADvora/a-50855360>. Fecha de consulta: 16 de junio de 2023.
- Valdespino-Sahagún, F. (2020). Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles; hacia una seguridad alimentaria. *Meio Ambiente*. 2(5): 45-55.
- Velazquez, G., Méndez-Montevalvo, M. G., Welti-Chanes, J., Ramírez, J. A., and Martínez-Maldonado, M. A. (2021). Effect of high pressure processing and heat treatment on the gelation properties of blue crab meat proteins. *LWT*. 146: 111389.
- Verma, A. K., Rajkumar, V., and Kumar, S. (2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *Journal of food Science and Technology*. 56: 5027-5035.
- Zheng, H., Beamer, S. K., Matak, K. E., and Jaczynski, J. (2019). Effect of κ -carrageenan on gelation and gel characteristics of Antarctic krill (*Euphausia su-perba*) protein isolated with isoelectric solubilization/precipitation. *Food chemistry*. 278: 644-652.