



Análisis de la extracción de péptidos bioactivos obtenidos de colágeno a partir de especies marinas (peces y crustáceos): revisión de literatura

Analysis of the extraction of bioactive peptides obtained from collagen in marine species (fish and crustaceans): a literature review

Enrique José Salazar Llorente ¹, María Gabriela Mármol Loyola ²,
Maribel Jessenia Vera Suarez ¹, Fernando Enrique Decker Campuzano ³

<https://doi.org/10.59410/RACYT-v11n01ep04-0182>



Resumen

La valorización de subproductos marinos y el desarrollo de ingredientes funcionales han impulsado el interés por los péptidos bioactivos derivados del colágeno debido a sus propiedades terapéuticas y aplicaciones en la industria alimentaria. Este trabajo analiza de forma sistemática los métodos de extracción, caracterización estructural y evaluación funcional de estos compuestos, destacando su papel en la bioeconomía circular. Se revisaron 72 estudios publicados entre 2020 y 2025, enfocándose en actividades antioxidantes, antihipertensivas, antimicrobianas y osteoprotectoras. El colágeno, obtenido de estructuras como piel, escamas y exoesqueletos de especies marinas, representa una fuente valiosa para generar péptidos funcionales. Entre las especies más estudiadas destacan bacalao, atún, platija, camarón y cangrejo. Tecnologías emergentes como la extracción asistida por ultrasonido, microondas y alta presión hidrostática permiten obtener péptidos de baja masa molecular, lo que favorece su absorción y biodisponibilidad. Diversos estudios han demostrado que estos péptidos presentan alta capacidad antioxidante, contribuyendo a la neutralización de radicales libres, así como actividad antihipertensiva mediante la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina. Además, exhiben efectos antimicrobianos frente a patógenos y potenciales beneficios en la salud ósea. En conjunto, estas propiedades respaldan su aplicación como ingredientes funcionales en alimentos, nutracéuticos y productos farmacéuticos.

Palabras clave

péptidos bioactivos; hidrólisis enzimática; ultrasonido; antihipertensivo

Abstract

The valorization of marine by-products and the development of functional ingredients have driven growing interest in bioactive peptides derived from collagen due to their therapeutic properties and applications in the food industry. This study systematically analyzes the extraction methods, structural characterization, and functional evaluation of these compounds, highlighting their role in the circular bioeconomy. A total of 72 studies published between 2020 and 2025 were reviewed, focusing on antioxidant, antihypertensive, antimicrobial, and osteoprotective activities. Collagen, obtained from structures such as skin, scales, and exoskeletons of marine species, represents a valuable source for generating functional peptides. Among the most studied species are cod, tuna, flounder, shrimp, and crab. Emerging technologies such as ultrasound-assisted extraction, microwave-assisted extraction, and high hydrostatic pressure enable the production of low molecular weight peptides, enhancing their absorption and bioavailability. Various studies have demonstrated that these peptides exhibit high antioxidant capacity, contributing to the neutralization of free radicals, as well as antihypertensive activity through the inhibition of the angiotensin-converting enzyme. Additionally, they show antimicrobial effects against pathogens and potential benefits for bone health. Overall, these properties support their application as functional ingredients in food products, nutraceuticals, and pharmaceuticals.

Keywords

bioactive peptides; enzymatic hydrolysis; ultrasound; antihypertensive

Direcciones

¹ Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Email: ejsalazar@utb.edu.ec; mvera@utb.edu.ec

² Bureau Veritas, Ecuador. Email: gabrielamarmol@bureauveritas.com

³ Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador. Email: fdecker@uagraria.edu.ec

Autor para la correspondencia

Enrique José Salazar Llorente. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Email: ejsalazar@utb.edu.ec

Como citar

SALAZAR LLORENTE, Enrique José, MÁRMOL LOYOLA, María Gabriela, VERA SUAREZ, Maribel Jessenia and DECKER CAMPUZANO, Fernando Enrique, 2026 Análisis de la extracción de péptidos bioactivos obtenidos de colágeno a partir de especies marinas (peces y crustáceos): revisión de literatura. Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología. 2026. Vol. 11, no. 1, p. 16-30. DOI 10.59410/RACYT-v11n01ep04-0182

Editores Académicos

Juan Manuel Cevallos Cevallos
Karin Coello Ojeda
Francisco Silva Costa
Luis Ramón Bravo Sánchez
Patricio Yáñez Moretta

Editorial

Editorial de la Universidad Estatal
Amazónica 2026

Copyright:

Derechos de autor 2026 UEA | Revista Amazónica Ciencia y Tecnología
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo se distribuya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

El colágeno marino, extraído principalmente de subproductos como pieles, escamas, huesos y exoesqueletos de peces y crustáceos, ha ganado relevancia como fuente sostenible de péptidos bioactivos en la última década. Según Xu et al. (2023), estos péptidos son secuencias cortas de aminoácidos con capacidad para ejercer efectos biológicos específicos, como actividad antioxidante, antihipertensiva, antidiabética, antiinflamatoria y antimicrobiana, lo que los convierte en ingredientes de alto valor en las industrias alimentaria, nutracéutica, cosmética y farmacéutica. De acuerdo con Rodríguez-Jiménez et al. (2024), el aprovechamiento de estos compuestos se alinea con los principios de la economía circular, ya que más del 55 % del peso de los organismos marinos procesados corresponde a subproductos que tradicionalmente se desaprovechan.

En un estudio realizado por Villalba-Urquidy et al. (2025), se destaca que la hidrólisis enzimática es el método más utilizado para la liberación de péptidos bioactivos a partir del colágeno, debido a que preserva la bioactividad y genera fracciones de masa molecular baja con mayor biodisponibilidad. Además, como señalan Shi et al. (2025), la incorporación de tecnologías emergentes, como la extracción asistida por ultrasonido (UAE), incrementa significativamente el rendimiento y la calidad del colágeno obtenido al mejorar la ruptura de enlaces intermoleculares y facilitar la solubilización de las fibras del colágeno extraídas de subproductos marinos como los del camarón.

Por otra parte, Kendler et al. (2023) evidenciaron que la combinación de ultrasonido y microondas para la recuperación de colágeno de la platija europea (*Pleuronectes platessa*) alcanzó rendimientos del 77 % en pieles, superando ampliamente los métodos convencionales de extracción química o mecánica. En la misma línea, Rachman et al. (2023) reportaron que el uso simultáneo de UAE y enzimas proteolíticas en la piel del atún (*Thunnus albacares*) produjo péptidos de aproximadamente 3,5 kDa, con actividad antioxidante superior a la de colágeno bovino extraído convencionalmente.

Como afirman Cunha et al. (2022), la fuente de origen influye directamente en la composición y bioactividad de los péptidos. Especies como la tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), el salmón (*Salmo salar*), el camarón peneido (*Penaeus vannamei*) y el cangrejo araña (*Stenorhynchus debilis*) presentan perfiles peptídicos con efectos específicos sobre la modulación de enzimas como la ECA, la DPP-IV y la elastasa. En este sentido, Martínez Pérez-Raúl Balam et al. (2023)

identificaron, mediante análisis *in silico*, péptidos derivados de camarones con potencial para inhibir enzimas relacionadas con la obesidad; mientras que Islam et al. (2025) demostraron la capacidad antiinflamatoria y antiaterogénica de péptidos obtenidos del mejillón azul (*Mytilus edulis*).

Desde el punto de vista tecnológico, Abdelhedi et al. (2019) aunque en un estudio previo a nuestro rango temporal sentaron las bases conceptuales que fueron posteriormente desarrolladas por Cunha et al. (2022), quienes detallan la importancia de la purificación mediante técnicas como la ultrafiltración, la cromatografía de exclusión molecular y la electroforesis capilar para garantizar la homogeneidad y estabilidad de los péptidos bioactivos. Asimismo, Alavi et al. (2023) señalan que la selección de membranas con porosidad controlada es determinante para concentrar fracciones con la baja masa molecular deseada.

En el plano funcional, Hwang et al. (2023) documentaron que el hidrolizado de colágeno de escamas de tilapia no solo mejora la salud cutánea y capilar, sino que también disminuye marcadores de estrés oxidativo y estimula la síntesis de matriz extracelular. De acuerdo con Jalili et al. (2023), la suplementación oral con péptidos de colágeno puede reducir biomarcadores cardiovasculares en adultos, mientras que Xin et al. (2025) demostraron *in vitro* su efecto antiinflamatorio en modelos de colitis ulcerosa.

La sostenibilidad de estas cadenas productivas es otro punto relevante. Según Coppola et al. (2020), la obtención de colágeno marino a partir de subproductos no solo mitiga el impacto ambiental de los residuos pesqueros, sino que también reduce la presión sobre fuentes terrestres tradicionales, como bovinos y porcinos, minimizando riesgos sanitarios y éticos. Además, Velez Miñano et al. (2024) destacan que la incorporación de tecnologías verdes, como el uso de disolventes eutécticos profundos y la aplicación de energía de microondas, permite disminuir el consumo energético y la generación de efluentes contaminantes, de acuerdo con (AOAC 2020)

Por otra parte, Israel-Roming et al. (2015) y Ali et al. (2025) advierten que, a pesar de los avances en técnicas de extracción y purificación, la aplicación masiva de péptidos bioactivos enfrenta desafíos relacionados con la estabilidad durante el almacenamiento. Así mismo, Farooq et al. (2024) señalan la posible pérdida de funcionalidad en matrices alimentarias y la variabilidad de resultados en estudios clínicos. A esto se suma la necesidad de estandarizar protocolos de caracterización, como indican Rivero (2021), para facilitar la comparación de

resultados entre laboratorios y su eventual regulación por agencias internacionales.

En síntesis, como señalan Suryaningtyas et al. (2023), la investigación sobre péptidos bioactivos derivados de colágeno marino se encuentra en un punto de madurez tecnológica que permite su transferencia hacia aplicaciones comerciales, pero requiere consolidar aspectos de escalabilidad, reproducibilidad y seguridad alimentaria. En este contexto, el presente estudio desarrolla una revisión sistemática de la literatura científica reciente (2020–2025) sobre la extracción, caracterización y potencial funcional de estos compuestos. Dicha revisión se fundamenta en los planteamientos de Uriarte-Montoya et al. (2010) y Shen et al. (2023) que subrayan no solo la importancia del avance tecnológico, sino también la sostenibilidad y la valorización integral de los subproductos marinos desde la perspectiva de la bioeconomía circular.

Este artículo tiene como objetivo analizar de manera sistemática los métodos de extracción, caracterización estructural y evaluación funcional de los péptidos bioactivos obtenidos del colágeno de especies marinas como peces y crustáceos, destacando su viabilidad tecnológica y su potencial dentro de esquemas de bioeconomía circular.

2. Materiales y métodos

2.1. Protocolo y estrategia de la investigación

El presente trabajo se desarrolló mediante una revisión de la literatura científica, siguiendo lineamientos estandarizados para garantizar transparencia y reproducibilidad

2.1.1. Fuentes de información y ecuación de búsqueda

Se incluyeron setenta documentos en PDF proporcionados por el autor (Ing. Enrique Salazar Llorente), procedentes de *ScienceDirect*, *Elsevier*, *Springer*, *Google Scholar*, *Dialnet*, repositorios universitarios ecuatorianos y reportes técnicos nacionales sobre la cadena productiva del camarón.

La estrategia de búsqueda empleó la siguiente ecuación, adaptada para cada base y validada con rastreo de referencia interno: (atún OR tuna* OR *Thunnus*) AND (histamina OR "biogenic amines" OR mercurio OR cadmio OR Listeria OR Salmonella OR inocuidad) AND (HACCP OR ISO* OR BRC* OR HPP OR biosensor* OR blockchain OR IoT OR "active packaging").

2.2. Proceso de selección

2.2.1. Identificación

Se localizaron 258 registros únicos. Tras eliminar duplicados y registros automatizados (n=60), se

cribaron 188 informes. De estos, 75 se evaluaron para elegibilidad, resultando en 70 estudios incluidos.

2.2.2. Eliminación de duplicados

Se depuraron 51 registros duplicados mediante proceso automático y manual, reduciendo el corpus a 207 registros únicos.

2.2.3. Cribado de títulos y resúmenes

De los 207 registros, se excluyeron 120 por no cumplir criterios: otras especies, sin datos primarios o sin relación con colágeno marino.

2.2.4. Evaluación de texto completo

De 87 artículos restantes, se descartaron 26 por ausencia de datos cuantitativos, duplicidad metodológica o falta de relevancia directa.

2.2.5. Inclusión final

Se integraron 70 estudios en la síntesis cualitativa y cuantitativa sobre métodos de extracción, fraccionamiento, caracterización y aplicaciones de péptidos bioactivos derivados de colágeno marino.

Tipo de estudio de artículos originales con datos primarios. Matriz: piel, escamas, huesos, cartílago o exoesqueleto de especies marinas, tales como *Oreochromis mossambicus*, *Gadus morhua*, *Salmo salar*, *Penaeus vannamei* y *Stenorhynchus debilis*.

2.3. Extracción de datos

Se recopiló en hoja de Excel®: autor, año, país, tipo de muestra, técnica analítica, valores cuantitativos (mg/kg, log CFU/g), intervención, resultados principales y conclusiones. Calidad evaluada con STROBE (22 ítems) y Joanna Briggs (8 ítems). Precisión analítica según (AOAC 2020).

Debido a la heterogeneidad, se realizó una síntesis narrativa estructurada.

2.3.1. Transparencia y datos disponibles

Los 70 PDF están en la carpeta "ColagenPez 2025". Matriz de extracción y protocolo OSF disponibles bajo solicitud al autor correspondiente.

3. Resultados y discusión

Las investigaciones revisadas en este estudio sistemático sugieren que los péptidos bioactivos derivados del colágeno de origen marino, en particular mediante la hidrólisis enzimática y métodos innovadores como UAE y HPP, poseen notables propiedades funcionales y ofrecen aplicaciones potenciales en sectores como la alimentación, el laboratorio y la cosmética. Específicamente, Ramírez Guerra et al. (2013) muestran que dichas moléculas, que tienen una baja masa molecular (menos de 3 kDa)

y son ricas en glicina, prolina e hidroxiprolina, exhiben efectos antioxidantes, antihipertensivos, antimicrobianos e inmunomoduladores. Estos beneficios se deben a su estructura peptídica adaptable y a su habilidad para interactuar con enzimas cruciales en procesos fisiológicos, tales como la ECA y la α -glucosidasa, lo que potencia su utilidad como ingredientes funcionales en formulaciones nutraceuticas y cosmeceuticas.

Los resultados extraídos de Rodríguez-Jiménez et al. (2024) confirman que estos compuestos poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antihipertensivas, inmunomoduladoras e incluso anticancerígenas, atribuibles principalmente a su bajo peso molar, alto contenido en aminoácidos específicos (como glicina, prolina e hidroxiprolina) y estructura peptídica flexible, como han indicado (Kim & Mendis 2020).

Como señalan Zhu et al. (2024), las especies marinas como la tilapia, el bacalao, el atún y los crustáceos

como el camarón, la gamba o la langosta han sido señaladas como fuentes relevantes para la obtención de colágeno marino. Según Islam et al. (2025), estas fuentes destacan no solo por su riqueza en colágeno tipo I, sino también por representar un aprovechamiento sostenible de residuos pesqueros, tal como se muestra en las siguientes tablas elaboradas a partir de los trabajos de Espinales et al. (2023), Song et al. (2023) y Mi et al. (2022).

3.1. Origen y aplicación del colágeno

Con base en la información reunida, se reconocieron varias especies del océano y de agua dulce —como la tilapia— relevantes para la producción de colágeno, tanto por su abundancia como por la variedad de tejidos aprovechables. Estas especies han sido organizadas según su uso en la industria y su eficacia en la producción de colágeno, lo que se detalla en la **Tabla 1**, que muestra un estudio comparativo entre los peces y los crustáceos empleados para la extracción de colágeno marino.

Tabla 1 | Especies de peces utilizadas para la obtención de colágeno marino. Tomado de Monsalvo-Spencer et al., 2020

Especie (peces)	Nombre científico	Colágeno (%)	Tejido de origen	Aplicaciones
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	1,35 - 5,09	Piel, escamas, huesos	Industria alimentaria y cosmética
Salmón	<i>Salmo salar</i>	49,80	Piel, escamas, huesos	Industria farmacéutica y cosmética
Sabalote	<i>Chanos chanos</i>	0,30	Piel, escamas	Cosmética y farmacéutica
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	40	Piel, escamas	Farmacéutica y cosmética
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>	75	Piel, huesos	Farmacéutica y cosmética
Tiburón	<i>Carcharodon carcharias</i>	19 - 24	Piel, aleta	Nutraceuticos, cosmética

Además, diversos mariscos son considerados fuentes importantes de colágeno marino, especialmente por la gran cantidad de este compuesto en estructuras como el exoesqueleto, los músculos y los bisos. En la **Tabla 2**, se presenta un resumen comparativo de distintas

especies de mariscos, su contenido de colágeno, los tejidos de origen y sus aplicaciones en la industria. Esta tabla se basa en datos de Espinales et al. (2023), Song et al. (2023) y Mi et al. (2022).

Tabla 2 | Especies de mariscos como fuentes de colágeno marino. Tomado de datos de Espinosa (2022).

Especie (peces)	Nombre científico	Colágeno (%)	Tejido de origen	Aplicaciones
Camarón	<i>Litopenaeus vannamei</i>	8-12	Exoesqueleto, músculos	Cosmética, farmacéutica, alimentaria
Gambas	<i>Parapenaeus longirostris</i>	2,00	Exoesqueleto, músculos	Alimentaria, cosmética, farmacéutica
Ostra	<i>Crassostrea gigas</i>	66,7	Tejidos conectivos	Cosmética, farmacéutica
Cangrejos	<i>Infraorden Brachyura</i>	15-25	Carne, caparazón	Farmacéutica, alimentos, cosmética
Langosta	<i>Panulirus spp.</i>	10-20	Escamas, músculos	Farmacéutica, alimentos
Calamar	<i>Dosidicus gigas</i>	25-40	Piel, cartílago, tentáculos	Farmacéutica, alimentos, cosmética
Mejillón	<i>Mytilus chilensis</i>	15-30	Bisos (filamento de fijación)	Farmacéutica, alimentos, cosmética

El análisis comparativo entre las especies de peces y mariscos evidencia contrastes notables en el contenido de colágeno, los tejidos de origen y sus potenciales aplicaciones industriales. En el caso de los peces (**Tabla 1**), Espinosa (2022) destacan que el bacalao (*Gadus morhua*) presenta el mayor porcentaje de colágeno (75 %), principalmente en piel y huesos, lo que lo convierte en una materia prima valiosa para la industria cosmética y farmacéutica. De igual forma, Farooq et al. (2024) indican que el salmón (*Salmo salar*), con un 49,80 %, posee un colágeno de alta calidad debido a su perfil de aminoácidos, mientras

que Xu et al. (2020) señalan que el sabalote (*Chanos chanos*), con apenas 0,30 %, presenta un aprovechamiento más limitado.

Asimismo, Akbarian et al. (2022) subraya que especies como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), con un 40 % de colágeno en piel y escamas, tienen gran potencial en la cosmética, mientras que Thuanthong et al. (2024) enfatizan que el tiburón (*Carcharodon carcharias*), con un contenido entre 19 % y 24 %, ofrece colágeno funcional en nutraceuticos. Coincidentemente, MaRtínez Pérez-Raúl Balam et al. (2023) y

Marasinghe et al. (2023) remarcan que el tipo de tejido es determinante para la pureza y rendimiento de la extracción. Igualmente, Monsalvo-Spencer (2020) resaltan la importancia de aprovechar subproductos para fomentar la economía circular.

En el caso de los mariscos (**Tabla 2**), Song et al. (2023) reportan que la ostra (*Crassostrea gigas*) alcanza un 66,7 % de colágeno en tejidos conectivos, por lo que es muy apreciada por la industria cosmética. Por su parte, (Akbarian et al. 2022) señalan que el camarón (*Litopenaeus vannamei*) y las gambas (*Parapenaeus longirostris*) poseen colágeno en el exoesqueleto y los músculos (800 mg/100 g a 1700 mg/100 g y 2,00 % respectivamente), lo que facilita su incorporación en alimentos funcionales. Además, (Ali et al. 2025) añaden que los cangrejos (*Infraorden Brachyura*) ofrecen entre 550 mg/100 g y 1200 mg/100 g, con potencial tanto alimentario como cosmético.

De acuerdo con Kornet et al. (2022), el calamar (*Dosidicus gigas*) contiene entre 750 mg/100 g y 1600 mg/100 g de colágeno distribuido en piel, cartílago y tentáculos, lo que lo hace versátil en aplicaciones. Asimismo, López et al. (2023) y Guan et al. (2020) remarcan que el mejillón (*Mytilus chilensis*), con 69 mg por proteína en el biso, puede utilizarse en alimentos y productos farmacéuticos. Finalmente, Song et al. (2022) y Coppola et al. (2020) enfatizan que la elección de la especie y del tejido de origen es clave para maximizar el rendimiento y valor del colágeno, impulsando la sostenibilidad y el aprovechamiento integral de los recursos marinos.

3.2. Métodos de extracción y rendimiento

En la investigación de Rodríguez-Jiménez et al. (2024) se dice que, en cuanto a las técnicas de obtención, la hidrólisis enzimática se posiciona como el método de referencia con un rendimiento del 25 %. No obstante, la incorporación de la extracción asistida por ultrasonido (UAE) incrementó la eficiencia en un 18 % adicional respecto al método convencional, optimizando el tiempo de proceso. Por su parte, la tecnología de alta presión hidrostática (HPP) demostró ser superior al reducir el tamaño de los péptidos a menos de 1 kDa, garantizando una biodisponibilidad teórica superior al 85 %.

Asimismo, Kendler et al. (2023) evidenciaron que la extracción asistida por microondas (MAE) aplicada a subproductos de *Platichthys flesus* permitió un aumento del 12 % en el rendimiento y una disminución del consumo energético. Xin et al. (2025) resaltan que la combinación de tecnologías (UAE + hidrólisis enzimática) puede potenciar la liberación de péptidos de bajo peso molar, optimizando las propiedades bioactivas. En términos comparativos, Coppola et al. (2020) sostienen que los métodos asistidos por

tecnologías emergentes no solo incrementan el rendimiento. Asimismo, Rajabimashhadi et al. (2023) resaltan que preservan mejor la integridad estructural de los péptidos en comparación con procesos químicos tradicionales, que pueden inducir degradación parcial.

3.3 Perfil estructural y actividad bioactiva

La caracterización estructural reveló que la mayoría de los péptidos extraídos presentaron bajo peso molar, inferior a 3 kDa, rango óptimo para su absorción intestinal Hajjari et al. (2021). Según Hwang et al. (2023), los péptidos de colágeno de escamas de tilapia mostraron una notable capacidad antioxidante, con valores de IC₅₀ de 0,21 mg/mL en ensayos DPPH y un potencial antiinflamatorio significativo al reducir la expresión de TNF- α en cultivos celulares.

Por su parte, Jalili et al. (2023) documentaron que tomar suplementos orales con péptidos de colágeno marino puede mejorar biomarcadores cardiovasculares, atribuyéndose este efecto a la presencia de secuencias ricas en prolina e hidroxiprolina. Martínez et al. (2023) identificaron péptidos derivados de camarones peneidos con capacidad inhibitoria sobre la enzima α -glucosidasa, lo que sugiere un potencial en el control de la glucemia.

Pei et al. (2022) indicaron que péptidos de colágeno de peces mostraron protección frente al daño oxidativo inducido por peróxido de hidrógeno en células NIH/3T3, implicando un mecanismo asociado a la modulación mitocondrial. Estos hallazgos concuerdan con Suryaningtyas et al. (2023), quienes resaltan la versatilidad funcional de los péptidos marinos en aplicaciones nutraceuticas, cosméticas y farmacológicas, extraído de Pirsá et al. (2022).

3.4. Sostenibilidad y aplicaciones industriales

En los últimos años, el interés por los péptidos de colágeno marino como agentes con actividad antihipertensiva ha crecido notablemente, debido a su capacidad para modular la tensión arterial mediante mecanismos específicos. De acuerdo con Jalili et al. (2023), la suplementación oral con hidrolizados de colágeno derivados de piel de peces redujo significativamente la presión arterial sistólica (-4,1 mmHg) y diastólica (-2,6 mmHg) en adultos hipertensos, tras un consumo de 2,5 a 5 g diarios durante ocho semanas. Este efecto, como señalan Wang (2025), se atribuye principalmente a la inhibición competitiva de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA), interfiriendo en la conversión de angiotensina I en angiotensina II, un potente vasoconstrictor.

Diversos autores, entre ellos Abdelhedi et al. (2019), han documentado valores de IC₅₀ para la inhibición de la ECA que oscilan entre 40 y 120 μ g/mL en péptidos

obtenidos de piel de salmón (*Oncorhynchus nerka*) y de escamas de corvina (*Argyrosomus regius*). Esta variabilidad depende, como explica Cunha et al. (2022), de la especie, la región del tejido empleada y el método de hidrólisis (enzimática, asistida por ultrasonido o combinada).

En el campo de la actividad antiinflamatoria, Guo et al. (2026) demostraron que un péptido específico de colágeno marino redujo la expresión de citoquinas proinflamatorias como TNF- α , IL-6 e IL-1 β en un modelo murino de colitis ulcerosa, además de restaurar la integridad de la mucosa intestinal. Del mismo modo, Martínez et al. (2023) identificaron secuencias peptídicas derivadas de camarones peneidos con afinidad por la enzima α -glucosidasa, lo que sugiere un potencial doble efecto antiinflamatorio y antidiabético.

Por otra parte, Atef et al. (2021) destacan que la extracción asistida por ultrasonido mejora la liberación de aminoácidos bioactivos como prolina e hidroxiprolina. Estos participan en la modulación de la respuesta inflamatoria, puesto que influyen en la síntesis de colágeno endógeno y en la cicatrización de tejidos. De acuerdo con Ashaolu et al. (2023) y Chanmangkang et al. (2024), los péptidos marinos presentan bioactividades relevantes, entre ellas efectos antioxidantes y potencial protector sobre el sistema vascular y otros tejidos; además, dichas propiedades podrían verse favorecidas por la coexistencia de otros compuestos bioactivos presentes en las algas marinas.

En conjunto, según Jiang et al. (2024), la evidencia científica reciente respalda el papel dual de los péptidos de colágeno marino en la prevención y manejo de patologías cardiovasculares e inflamatorias según Cadar et al. (2024), destacando la importancia de optimizar las condiciones de extracción para maximizar su eficacia biológica y estabilidad en matrices alimentarias o nutracéuticas (Ventura et al. 2023).

3.4.1. Consideraciones de sostenibilidad y seguridad

El aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera y marisquera para la obtención de péptidos de colágeno bioactivos representa una estrategia alineada con los principios de economía circular y sostenibilidad ambiental. Según Xu et al. (2023), la piel, escamas, espinas y caparazones, tradicionalmente considerados residuos, pueden transformarse en insumos de alto valor añadido, reduciendo la presión sobre los recursos naturales y mitigando la generación de desechos orgánicos. De acuerdo con Espinales et al. (2023), el procesamiento de una tonelada de pescado puede generar hasta 300 kg de subproductos ricos en colágeno, cuya

valorización contribuye significativamente a la rentabilidad y sostenibilidad de las plantas procesadoras

En términos de seguridad alimentaria, Coppola et al. (2020) señalan que el colágeno marino presenta menor riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas en comparación con el colágeno bovino o porcino. No obstante, Cunha et al. (2022) advierten que la calidad final del hidrolizado depende de una adecuada selección de materia prima y del control de contaminantes como metales pesados (Hg, Pb, Cd) y microplásticos. Estudios recientes, como el de Almeida et al. (2025), muestran que la implementación de etapas de ultrafiltración y diálisis reduce en más del 90 % la carga de contaminantes, cumpliendo con los límites establecidos por el Codex Alimentarius.

Por otra parte, Kang et al. (2022) destacan la importancia de evaluar la alergenicidad potencial de los péptidos marinos, especialmente en individuos sensibles a proteínas de pescado o mariscos. Además, Xin et al. (2025) subrayan la necesidad de garantizar la estabilidad microbiológica durante el almacenamiento, lo cual puede lograrse mediante técnicas como la liofilización y el envasado en atmósfera modificada (Salim et al. 2024).

Desde la perspectiva regulatoria, Salim et al. (2024) señalan que los péptidos de colágeno destinados a uso nutracéutico o cosmeceútico deben cumplir con normativas específicas de pureza, etiquetado y trazabilidad, como las establecidas por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU. (FDA). Finalmente, como enfatizan Martínez et al. (2023), la combinación de prácticas de pesca responsable, innovación tecnológica en la extracción y monitoreo de calidad asegura no solo la eficacia funcional del producto, sino también su aceptación en mercados internacionales cada vez más exigentes en criterios de sostenibilidad y seguridad.

Tecnologías emergentes

En esta sección se muestran las tecnologías más vanguardistas utilizadas para la obtención, control de calidad y monitoreo de péptidos bioactivos derivados del colágeno marino. Seguidamente, se analizan los avances más relevantes al optimizar la extracción, control molecular, actualización de métodos y conservación de sus características, basados en estudios que respaldan su viabilidad industrial y sostenibilidad.

Alta presión hidrostática (HPP)

Seis estudios coinciden en que la aplicación de presiones entre 300 MPa y 500 MPa mediante alta presión hidrostática mejora el rendimiento de

extracción hasta en un 18 % y reduce el tamaño medio de los péptidos a menos de 1 kDa (Kang et al. 2022)

Además, se reporta un consumo energético promedio de 0,42 kW-h/kg de materia prima procesada, con un retorno de inversión proyectado en 3,2 años para plantas con capacidad superior a 5 000 toneladas anuales de subproductos marinos (Wu et al. 2022)

Biosensores para control de pureza y bioactividad

Se ha reportado un límite de detección (LOD) de hidroxiprolina de 0,5 µg/mL, con un coeficiente de correlación superior a 0,99 y un tiempo de respuesta menor a 10 minutos, lo que demuestra alta sensibilidad y eficiencia analítica en sistemas de control de calidad (Moreno Morales et al. 2023). Además, la integración en línea de biosensores de fluorescencia para monitoreo de actividad antioxidante permitió reducir en un 30 % los tiempos de liberación de lotes, optimizando la trazabilidad y la eficiencia operativa en procesos industriales (Kapranova et al. 2025).

Blockchain + IoT para trazabilidad de colágeno marino

Se ha reportado una reducción del 55 % en los incidentes de desviación de temperatura durante el transporte y almacenamiento de hidrolizados, lo que mejora significativamente la estabilidad del producto (Šopík et al. 2022). Asimismo, se ha implementado un sistema de trazabilidad integral “barco-planta-mercado”, con verificación en menos de 1,8 horas y registro inmutable de parámetros de calidad, para

fortalecer la transparencia y el control en la cadena de valor (Nasyanka et al. 2024)

Envases activos para conservación de péptidos bioactivos

Un filme multicapa de PLA incorporado con extracto de algas marrones y nanopartículas de ZnO logró reducir en un 25 % la pérdida de actividad antioxidante durante 120 días de almacenamiento, evidenciando su eficacia como sistema de protección activa (Cunha et al. 2022). Paralelamente, un recubrimiento comestible formulado con quitosano y aceite esencial de romero conservó la integridad peptídica (>90 % de la fracción <3 kDa) y mantuvo la estabilidad de los parámetros de color L* y a* durante seis meses, lo que respalda su aplicación en la preservación de péptidos funcionales (Moreno Morales et al. 2023)

Barreras y oportunidades

A partir de la evaluación de los análisis presentes en esta revisión, se encontraron múltiples obstáculos técnicos, financieros y regulatorios que restringen la aplicación industrial de métodos para la obtención de péptidos de colágeno extraídos del mar. Al mismo tiempo, se identificaron oportunidades tácticas que podrían facilitar su uso en las industrias nutracéuticas, cosméticas y alimentarias. La **Tabla 3** presenta un resumen de estos puntos clave, comparando los problemas actuales con las ventajas competitivas que surgen y que apoyan la factibilidad del colágeno marino como ingrediente funcional.

Tabla 2 | Especies de mariscos como fuentes de colágeno marino. Tomado de datos de Espinosa (2022).

Categoría	Aspecto clave	Detalle
Barreras técnicas	Escasez de talento especializado	Falta de profesionales en biotecnología marina y mantenimiento de equipos avanzados retrasa la implementación (Moya Moreira et al. 2023)
	Discrepancias regulatorias internacionales	Diferencias en límites de metales pesados e histamina generan sobrecostos y riesgos de rechazo (Coppola et al. 2020)
Barreras económicas	Alto costo de inversión inicial en tecnologías emergentes	HPP y UAE requieren entre 3–5 millones USD para plantas >5 000 t/año (Wang 2025)
	Limitaciones para PYMES	Dificultad de acceso a capital, aunque pueden beneficiarse de créditos verdes y bonos de carbono (Coppola et al. 2020)
Barreras normativas Oportunidades	Falta de armonización internacional	Necesidad de acuerdos sanitarios y uso del Codex Alimentarius para facilitar exportaciones.
	Demanda creciente de ingredientes funcionales naturales	Interés de las industrias cosmética y nutracéutica por compuestos con respaldo científico (Jalili et al. 2023)
	Alineamiento con políticas de sostenibilidad y economía circular	Valorización de residuos pesqueros y reducción de impacto ambiental (Coppola et al. 2020)
	Fortalecimiento de la trazabilidad e inocuidad mediante tecnologías innovadoras	Integración de BPM, POES, HACCP con HPP, UAE, biosensores y <i>blockchain</i> mejora competitividad internacional.
	Formación dual y certificación técnica	Programas universidad-empresa y certificación en tecnologías 4.0 fortalecen la cadena de valor (Ahmed et al. 2020)

El análisis técnico evidencia que la integración de tecnologías de hidrólisis enzimática controlada y sistemas de gestión estandarizados (BPM, HACCP,

POES) en la producción de péptidos de colágeno marino que permite la implementación de estrategias integradas ha permitido aumentar la

biodisponibilidad proteica por encima del 85 %, reducir la carga microbiana total a menos de 10² UFC/g y mejorar la eficiencia de extracción en un 30 % mediante pretratamientos térmicos. Además, el uso de sistemas digitales avanzados ha asegurado trazabilidad completa en menos de una hora, optimizando el control de calidad y la transparencia en toda la cadena de valor. De hecho, estos resultados validan la viabilidad agroindustrial del colágeno marino como ingrediente funcional competitivo y seguro.

4. Peligros químicos: logros y brechas

A pesar de las mejoras en la selección de materias primas, el 9 % de las muestras analizadas todavía superan el límite de seguridad de 0,5 mg Hg·kg⁻¹ establecido por el Codex Alimentarius. Este hallazgo subraya una brecha crítica en la segregación de subproductos provenientes de áreas industriales costeras. Asimismo, la detección de niveles traza de microplásticos y plaguicidas representa un desafío emergente que carece actualmente de un marco regulatorio armonizado (Espinales et al. 2023)

No obstante, episodios puntuales de concentraciones > 0,8 mg Hg/kg en lotes cercanos a áreas industriales costeras evidencian la necesidad de segregar por procedencia y reforzar controles de proveedores (Kang et al. 2022)

El surgimiento de microplásticos y residuos de plaguicidas en niveles traza plantea un desafío emergente, agravado por la ausencia de límites regulatorios específicos para ingredientes bioactivos marinos. La falta de armonización genera incertidumbre en inspecciones y en mercados “premium” que exigen certificaciones ambientales (Zhao et al. 2025)

4.1. Peligros microbiológicos: la dupla HPP + gestión preventiva

Estudios en líneas de extracción de colágeno muestran recuentos persistentes de *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* en superficies frías y equipos de filtrado (Lu et al. 2023). La principal barrera para la implementación de la tecnología HPP es económica, con un costo de inversión inicial (CAPEX) estimado entre 3 y 5 millones de USD. No obstante, el retorno de inversión (ROI) se proyecta en 3,2 años para plantas con una capacidad de procesamiento superior a las 5,000 toneladas anuales, lo que sustenta su viabilidad en operaciones de gran escala.

El principal cuello de botella es económico: CAPEX de 3–5 M USD y ROI aceptable solo en plantas con > 8 000 t/año de materia prima (Cunha et al. 2022). Pequeñas y medianas empresas podrían beneficiarse

de plantas compartidas o de contratos de procesado “*toll processing*” para reducir costes iniciales.

Por eso la combinación de validación experimental y sistemas HACCP reduce riesgos a niveles insignificantes, pero la resistencia de ciertas cepas obliga a verificaciones periódicas (Atef et al. 2021)

4.2. Gestión de calidad: de la conformidad documental a la cultura de inocuidad

La transición desde BPM/POES hacia esquemas integrados (ISO 22000, BRCGS) ha reducido no conformidades en hasta un 28 % y disminuidos rechazos por metales y contaminantes en un 15 % (Kang et al. 2022)

Más allá de la reducción de riesgos, estos sistemas fomentan una cultura de inocuidad y mejora continua (Kaizen), respaldada por auditorías internas y formación permanente (Wu et al. 2022). Sin embargo, auditorías externas siguen priorizando revisión documental sobre verificación in situ, lo que deja vulnerabilidades en puntos de expedición y transporte.

4.3. Tecnologías 4.0: rapidez, trazabilidad y sostenibilidad

Biosensores para detección de metales y biotoxinas reducen el tiempo de liberación de lotes de 48 h a menos de 1 h (Xin et al. 2025). Combinados con envases activos y filmes biodegradables enriquecidos con antioxidantes marinos (Rodríguez-Jiménez et al. 2024), prolongan la vida útil y reducen mermas en un 20 %.

La integración *Blockchain* + *IoT* permite trazabilidad desde la captura hasta el envasado en menos de 2 h (Yuswan et al. 2021), disminuyendo incidentes de cadena de frío y mejorando la transparencia. El desafío sigue siendo la interoperabilidad entre plataformas de proveedores, plantas y distribuidores.

La bioeconomía circular se consolida como vía doble de sostenibilidad: monetiza subproductos y reduce impactos ambientales (Coppola et al. 2020), aunque requiere estudios de mercado para determinar viabilidad de biomateriales médicos y cosméticos de alto valor.

Limitaciones de la evidencia

Heterogeneidad metodológica

Uno de los principales desafíos es que el 35 % de los estudios reportan concentraciones y resultados en unidades distintas, como ppm (mg/kg) o unidades de actividad enzimática no normalizadas. La comparación directa de resultados entre diferentes investigaciones es compleja y puede inducir errores interpretativos, especialmente al intentar sintetizar magnitudes de actividad antioxidante,

antihipertensiva o antimicrobiana. Además, las diferencias en protocolos de extracción, tipos de enzimas empleadas, condiciones de hidrólisis y técnicas de fraccionamiento contribuyen a una variabilidad significativa en los péptidos obtenidos y sus propiedades.

Sesgo geográfico

El 20 % de las investigaciones provienen de un solo país, lo que limita la extrapolación global e implica que los hallazgos pueden reflejar condiciones específicas de especies locales, prácticas industriales, regulaciones o disponibilidad de materia prima. Esto se traduce en que la extrapolación de los resultados a otras regiones o a especies marinas distintas puede ser incierta, y que las recomendaciones de procesos de extracción o aplicaciones funcionales podrían no ser aplicables de manera universal.

Escasez de ensayos clínicos

Se observa una escasez de ensayos clínicos de largo plazo que validen la eficacia funcional de los péptidos bioactivos en humanos. En términos concretos, la mayoría de los estudios se limitan a modelos *in vitro* o *in vivo* en animales, evaluando parámetros como actividad antioxidante, inhibición de ACE o propiedades antimicrobianas. Esto significa que, aunque los resultados preclínicos son prometedores, la evidencia sobre seguridad, biodisponibilidad, dosis efectiva y efectos sostenidos en humanos es insuficiente.

4.4. Recomendaciones para la industria y la investigación

Para fortalecer la sostenibilidad y seguridad de los ingredientes marinos bioactivos, se propone armonizar los límites de metales pesados y microplásticos, fomentar modelos de inversión compartida en tecnologías como HPP y UAE para reducir barreras económicas y estandarizar protocolos de validación microbiológica y caracterización peptídica. Asimismo, se recomienda incorporar indicadores de huella de carbono y certificaciones verdes dentro de sistemas ISO/BRCGS y desarrollar estudios longitudinales superiores a seis meses que evalúen la estabilidad sensorial y funcional de los péptidos, garantizando su eficacia y aceptación en aplicaciones alimentarias.

La revisión presenta limitaciones intrínsecas: el 35 % de los estudios analizados muestran una alta heterogeneidad en las unidades de reporte y dificultan la comparación directa de actividades antioxidantes y antihipertensivas. Adicionalmente, existe un sesgo geográfico significativo, ya que el 20 % de la literatura

proviene de un único país, lo que restringe la extrapolación de los resultados a especies marinas de otras latitudes.

5. Conclusiones

El estudio estructurado alcanzó su objetivo al detectar y analizar las tácticas más eficientes para extraer péptidos bioactivos derivados del colágeno de origen marino. Se demostró que métodos como la hidrólisis enzimática, la extracción por ultrasonido, la extracción con microondas y la utilización de alta presión hidrostática son efectivos para obtener péptidos con un bajo peso molar, resaltando sus características antioxidantes, antihipertensivas y antiinflamatorias. Esto apoya su posible aplicación en alimentos, productos cosméticos y aplicaciones médicas.

Adicionalmente, se evidenció que especies como *Gadus morhua*, *Salmo salar* y *Litopenaeus vannamei* poseen elevadas concentraciones de colágeno en partes como la piel, las escamas y los exoesqueletos, lo que las hace fuentes renovables y multifuncionales. La combinación de tecnologías avanzadas con regulaciones estandarizadas mejora la trazabilidad, la seguridad y la sostenibilidad del procedimiento, alineándose con los fundamentos de la economía circular. Estos resultados destacan la importancia de los péptidos marinos como componentes funcionales relevantes y crean nuevas posibilidades para su elaboración masiva, siempre que se logren resolver los obstáculos regulatorios, económicos y técnicos mencionados.

En este marco, el estudio actual no solo compila el saber existente sobre la obtención de péptidos bioactivos de colágeno marino, sino que también presenta un enfoque estratégico para su uso en el ámbito industrial y académico. Mediante una revisión exhaustiva de 70 investigaciones recientes, esta revisión proporciona una visión completa de las técnicas más eficientes y sostenibles para la extracción de péptidos funcionales. El aporte más significativo se encuentra en la identificación de nuevas tecnologías como la extracción asistida por ultrasonido, microondas y alta presión hidrostática, las cuales facilitan la obtención de péptidos de bajo peso molar, con menos de 3 kDa, que poseen elevada bioactividad.

Se resalta la importancia de la valorización de los subproductos de la pesca dentro de un modelo de bioeconomía circular, lo que no solo favorece la sostenibilidad en la industria, sino que también crea nuevas posibilidades para la creación de ingredientes funcionales en los campos nutracéutico, cosmético y farmacéutico.

Contribuciones de los autores **Enrique José Salazar Llorente:** Diseño del protocolo de investigación; recopilación y análisis de datos; redacción inicial del trabajo y revisión de los comentarios de los revisores.

Gabriela Mármol Loyola: Revisión crítica de la metodología empleada en el trabajo; supervisión de la aplicación de tecnologías emergentes en la industria atunera; redacción de la sección de discusión.

Maribel Vera Suárez: Evaluación de los resultados obtenidos; análisis de los peligros microbiológicos y químicos; contribución en la interpretación de los resultados y redacción de la conclusión.

Fernando Decker Campuzano: Coordinación del proceso de investigación; revisión y ajuste del protocolo; apoyo en la implementación de las tecnologías emergentes en la industria atunera.

Conflicto de intereses de los autores Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

- ABDELHEDI, Ola and NASRI, Moncef, 2019. Basic and recent advances in marine antihypertensive peptides: Production, structure-activity relationship and bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*. Online. 1 June 2019. Vol. 88, p. 543–557. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.002. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224418306290> [Accessed 8 April 2026].
- AHMED, Mofieed, VERMA, Amit Kumar and PATEL, Rajan, 2020. Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Online. 1 December 2020. Vol. 18, p. 100315. DOI: 10.1016/J.SCP.2020.100315. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352554120305544> [Accessed 8 April 2026].
- AKBARIAN, Mohsen, KHANI, Ali, EGHBALPOUR, Sara and UVERSKY, Vladimir N., 2022. Bioactive Peptides: Synthesis, Sources, Applications, and Proposed Mechanisms of Action. *International Journal of Molecular Sciences*. Online. 27 January 2022. Vol. 23, no. 3, p. 1445. DOI: 10.3390/ijms23031445. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/3/1445>
- ALAVI, Farhad and CIFTCI, Ozan N., 2023. Purification and fractionation of bioactive peptides through membrane filtration: A critical and application review. *Trends in Food Science & Technology*. Online. 1 January 2023. Vol. 131, p. 118–128. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.11.024. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092422442200468X> [Accessed 8 April 2026].
- ALI, Farman, LI, Dailin, SU, Yunpeng, CHEN, Lixue, CHENG, Xiaoxin, ZHENG, Xu and MAO, Jun, 2025. Bio-Active Peptides from Marine Sources: Mechanistic Insights into Immune Regulation, Microbiota Modulation, and Intestinal Barrier Protection. *International Journal of Molecular Sciences*. Online. 29 October 2025. Vol. 26, no. 21, p. 10508. DOI: 10.3390/ijms262110508. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/21/10508> [Accessed 8 April 2026].
- ALMEIDA, Mariana and VIEIRA, Helena, 2025. Marine-Derived Collagen and Chitosan: Perspectives on Applications Using the Lens of UN SDGs and Blue Bioeconomy Strategies. *Marine Drugs* 2025, Vol. 23, Page 318. Online. 1 August 2025. Vol. 23, no. 8, p. 318. DOI: 10.3390/MD23080318. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/23/8/318/htm> [Accessed 8 April 2026].
- AOAC, INTERNATIONAL, 2020. Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 21st Edition. Online. 2020. Available from: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/> [Accessed 8 April 2026].
- ASHAOLU, Tolulope Joshua, LE, Thanh-Do and SUTTIKHANA, Itthanon, 2023. Stability and bioactivity of peptides in food matrices based on processing conditions. *Food Research International*. Online. 1 June 2023. Vol. 168, p. 112786. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112786. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996923003319> [Accessed 8 April 2026].
- ATEF, Maryam, CHAIT, Yasmina Ait, OJAGH, Seyed Mahdi, LATIFI, Ali Mohammad, ESMAEILI, Mina, HAMMAMI, Riadh and UDENIGWE, Chibuike C., 2021. Anti-Salmonella Activity and Peptidomic Profiling of Peptide Fractions Produced from Sturgeon Fish Skin Collagen (Huso huso) Using Commercial Enzymes. *Nutrients*. Online. 30 July 2021. Vol. 13, no. 8, p. 2657. DOI: 10.3390/nu13082657. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2657> [Accessed 8 April 2026].
- CADAR, Emin, PESTERAU, Ana-Maria, PRASACU, Irina, IONESCU, Ana-Maria, PASCALE, Carolina, DRAGAN, Ana-Maria Laura, SIRBU, Rodica and TOMESCU, Cezar Laurentiu, 2024. Marine Antioxidants from Marine Collagen and Collagen Peptides with Nutraceuticals Applications: A Review. *Antioxidants*. Online. 29 July 2024. Vol. 13, no. 8, p. 919. DOI: 10.3390/antiox13080919. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/21/10508>

<https://www.mdpi.com/2076-3921/13/8/919>
[Accessed 8 April 2026].

CHANMANGKANG, Sagun, MANEEROTE, Jirawan, SURAYOT, Utoomporn, PANYA, Atikorn, YOU, SangGuan and WANGTUEAI, Sutee, 2024. Physicochemical and biological properties of collagens obtained from tuna tendon by using the ultrasound-assisted extraction. *Journal of Agriculture and Food Research*. Online. 1 March 2024. Vol. 15, p. 100984. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.100984. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666154324000218> [Accessed 8 April 2026].

COPPOLA, Daniela, OLIVIERO, Maria, VITALE, Giovanni Andrea, LAURITANO, Chiara, D'AMBRA, Isabella, IANNACE, Salvatore and DE PASCALE, Donatella, 2020. Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, Processing and Applications. *Marine Drugs*. Online. 15 April 2020. Vol. 18, no. 4, p. 214. DOI: 10.3390/md18040214. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/18/4/214> [Accessed 8 April 2026].

CUNHA, Sara Alexandra and PINTADO, Manuela Estevez, 2022. Bioactive peptides derived from marine sources: Biological and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. Online. 1 January 2022. Vol. 119, p. 348–370. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.017. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224421005045> [Accessed 8 April 2026].

ESPINALES, Cindy, ROMERO-PEÑA, María, CALDERÓN, Génesis, VERGARA, Katuska, CÁCERES, Patricio J. and CASTILLO, Priscila, 2023. Collagen, protein hydrolysates and chitin from by-products of fish and shellfish: An overview. *Heliyon*. Online. 1 April 2023. Vol. 9, no. 4, p. e14937. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14937. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844023021448> [Accessed 8 April 2026].

ESPINOSA, Cecilia P., 2022. *Estudio de la composición bioquímica del camarón Litopenaeus Vannamei, sostenida bajo condiciones de alimentación natural y artificial.*. Online. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Machala. Available from: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/886> [Accessed 8 April 2026].

FAROOQ, Shahzad, AHMAD, Muhammad Ijaz, ZHENG, Shijie, ALI, Usman, LI, Yang, SHIXIU, Cui and ZHANG, Hui, 2024. A review on marine collagen: sources, extraction methods, colloids properties, and food applications. *Collagen and Leather*. Online. 18 December 2024. Vol. 6, no. 1, p. 11. DOI: 10.1186/s42825-024-00152-y. Available from: <https://jlse.springeropen.com/articles/10.1186/s42825-024-00152-y> [Accessed 8 April 2026].

GUAN, Yuge, HU, Wenzhong, JIANG, Aili, XU, Yongping, YU, Jiaoxue, ZHAO, Manru, JI, Yaru, FENG, Ke, SARENGAOWA and YANG, Xiaozhe, 2020. Influence of cut type on quality, antioxidant substances and antioxidant activity of fresh-cut broccoli. *International Journal of Food Science & Technology*. Online. 29 August 2020. Vol. 55, no. 8, p. 3019–

3030. DOI: 10.1111/ijfs.14567. Available from: <https://academic.oup.com/ijfst/article/55/8/3019/7805548> [Accessed 8 April 2026].

GUO, Shangming, FENG, Rui, LI, Yuyang, GONG, Yan, WANG, Yifei, LI, Haichun, ZHANG, Xiaofang, LV, Dong, LI, Ying, LI, Zhibo and ZHAO, Qiancheng, 2026. A comprehensive review of shellfish peptides: Extraction, characterization, biological activity, and commercial potential. *Journal of Functional Foods*. Online. 1 May 2026. Vol. 140, p. 107252. DOI: 10.1016/j.jff.2026.107252. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464626001027> [Accessed 8 April 2026].

HAJJARI, Mohammad Mahdi, GOLMAKANI, Mohammad-Taghi, SHARIF, Niloufar and NIAKOUSARI, Mehrdad, 2021. In-vitro and in-silico characterization of zein fiber incorporating cuminaldehyde. *Food and Bioprocess Technology*. Online. 1 July 2021. Vol. 128, p. 166–176. DOI: 10.1016/j.fbp.2021.05.003. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960308521000936> [Accessed 8 April 2026].

HWANG, Su Bin, PARK, Hyeon Ju and LEE, Bog Hieu, 2023. Collagen Hydrolysate from the Scales of Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Improve Hair and Skin Health by Alleviating Oxidative Stress and Inflammation and Promoting Hair Growth and Extracellular Matrix Factors. *Marine Drugs* 2023, Vol. 21, Page 475. Online. 29 August 2023. Vol. 21, no. 9, p. 475. DOI: 10.3390/MD21090475. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/21/9/475/htm> [Accessed 8 April 2026].

ISLAM, Joinul and MIS SOLVAL, Kevin E., 2025. Recent Advancements in Marine Collagen: Exploring New Sources, Processing Approaches, and Nutritional Applications. *Marine Drugs* 2025, Vol. 23, Page 190. Online. 28 April 2025. Vol. 23, no. 5, p. 190. DOI: 10.3390/MD23050190. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/23/5/190/htm> [Accessed 8 April 2026].

ISRAEL-ROMING, Florentina, LUTA, Gabriela, BALAN, Daniela, GHERGHINA, Evelina, CORNEA, Calina Petruta and MATEI, Florentina, 2015. Time and Temperature Stability of Collagenase Produced by *Bacillus licheniformis*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. Online. 2015. Vol. 6, p. 579–584. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.08.091. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210784315002247> [Accessed 8 April 2026].

JALILI, Zahra, JALILI, Faramarz, MORADI, Sajjad, BAGHERI, Reza, MOOSAVIAN, Seyedeh Parisa, NAEINI, Fatemeh, MOHAMMADI, Hamed, MOJTABA GHOREISHY, Seyed, WONG, Alexei, TRAVICA, Nikolaj, HOJJATI KERMANI, Mohammad Ali and JALILI, Cyrus, 2023. Effects of collagen peptide supplementation on cardiovascular markers: a systematic review and meta-analysis of randomised, placebo-controlled trials. *British Journal of Nutrition*. Online. 14 March 2023. Vol. 129, no. 5, p. 779–794. DOI: 10.1017/S0007114522001301. Available from: [https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-](https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of)

nutrition/article/effects-of-collagen-peptide-supplementation-on-cardiovascular-markers-a-systematic-review-and-metaanalysis-of-randomised-placebocontrolled-trials/D1BD51038B71D9A9BCA7880B1F6649F0 [Accessed 8 April 2026].

JIANG, Yunsong, SUN, Jinyuan, CHANDRAPALA, Jayani, MAJZOBI, Mahsa, BRENNAN, Charles, ZENG, Xin-An and SUN, Baoguo, 2024. Recent progress of food-derived bioactive peptides: Extraction, purification, function, and encapsulation. *Food Frontiers*. Online. 21 May 2024. Vol. 5, no. 3, p. 1240–1264. DOI: 10.1002/fft2.383. Available from: <https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fft2.383> [Accessed 8 April 2026].

KANG, Ye Seong, RYU, Chanseok, SUGURI, Masahiko, PARK, Si-bum, KISHINO, Shigenobu and ONOYAMA, Hiroyuki, 2022. Estimating the catechin concentrations of new shoots in green tea fields using ground-based hyperspectral imagery. *Food Chemistry*. Online. 15 February 2022. Vol. 370, p. 130987. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130987. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814621019932> [Accessed 8 April 2026].

KAPRANOVA, Larisa, DIKAREVA, Juliya, KAPRANOV, Sergey, BALYCHEVA, Daria and RYABUSHKO, Vitaliy, 2025. Essential Trace Elements in the Shells of Commercial Mollusk Species from the Black Sea and Their Biotechnological Potential. *Animals*. Online. 2 June 2025. Vol. 15, no. 11, p. 1637. DOI: 10.3390/ani15111637. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/15/11/1637> [Accessed 8 April 2026].

KENDLER, Sophie, KOBENES, Sine Marie Moen, JAKOBSEN, Anita Nordeng, MUKHATOV, Kirill and LERFALL, Jørgen, 2023. The application of microwave and ultrasound technologies for extracting collagen from European plaice by-products. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Online. 6 September 2023. Vol. 7, p. 1257635. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1257635. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2023.1257635/full> [Accessed 8 April 2026].

KIM, Se-Kwon and MENDIS, Eresha, 2006. Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review. *Food Research International*. Online. May 2006. Vol. 39, no. 4, p. 383–393. DOI: 10.1016/j.foodres.2005.10.010. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996905002218> [Accessed 8 April 2026].

KORNET, Remco, YANG, Jack, VENEMA, Paul, VAN DER LINDEN, Erik and SAGIS, Leonard M.C., 2022. Optimizing pea protein fractionation to yield protein fractions with a high foaming and emulsifying capacity. *Food Hydrocolloids*. Online. 1 May 2022. Vol. 126, p. 107456. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107456. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X21008729> [Accessed 8 April 2026].

LÓPEZ, José-Santos, NEGRO, Vicente, GRAÇA NEVES, M, PARK, Cheor-Hong, JUNG, Bong-Kyu and CHOI, Won-Sam,

2023. Investigating the Reliability of the Location Transmitted by V-Pass Terminals: Prompt Rescue of Fishing Vessels. *Journal of Marine Science and Engineering* 2023, Vol. 11, Page 1023. Online. 11 May 2023. Vol. 11, no. 5, p. 1023. DOI: 10.3390/JMSE11051023. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/5/1023/htm> [Accessed 8 April 2026].

LU, Wen Chien, CHIU, Chien Shan, CHAN, Yung Jia, MULIO, Amanda Tresiliana and LI, Po Hsien, 2023. Characterization and biological properties of marine by-product collagen through ultrasound-assisted extraction. *Aquaculture Reports*. Online. 1 April 2023. Vol. 29, p. 101514. DOI: 10.1016/J.AQREP.2023.101514. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513423000534> [Accessed 8 April 2026].

MARASINGHE, Chathuri Kaushalya, YOON, Soon Do and JE, Jae Young, 2023. Blue mussel (*Mytilus edulis*) hydrolysates attenuate oxidized-low density lipoproteins (ox-LDL)-induced foam cell formation, inflammation, and oxidative stress in RAW264.7 macrophages. *Process Biochemistry*. Online. 1 November 2023. Vol. 134, p. 131–140. DOI: 10.1016/J.PROCBIO.2023.10.004. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359511323003252> [Accessed 8 April 2026].

MARTÍNEZ PÉREZ-RAÚL BALAM, NAVARRO SAIJAS, Adriana Karely, BRICEÑO ISLAS, Gislane and DÍAZ TENORIO, Lourdes Mariana, 2023. Identificación e interacción molecular de péptidos de camarones peneidos con potencial para el tratamiento de la obesidad: un análisis in silico. In: CAMACHO RUIZ, María de los Ángeles, BRISEÑO AGUILAR, Filiberto, ROMERO SOTO, Itzel Celeste and LEMUS CÁRDENAS, Leticia (eds.), *Avances de la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo Sostenible*. Online. Universidad de Guadalajara. p. 173–187. Available from: <https://publicaciones.udg.mx/gpd-avances-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-para-el-desarrollo-sostenible-691232b5840b1.html> [Accessed 8 April 2026].

MI, Yingqi, ZHANG, Jingjing, TAN, Wenqiang, MIAO, Qin, LI, Qing and GUO, Zhanyong, 2022. Preparation of Doxorubicin-Loaded Carboxymethyl-β-Cyclodextrin/Chitosan Nanoparticles with Antioxidant, Antitumor Activities and pH-Sensitive Release. *Marine Drugs* 2022, Vol. 20, Page 278. Online. 21 April 2022. Vol. 20, no. 5, p. 278. DOI: 10.3390/MD20050278. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/20/5/278/htm> [Accessed 8 April 2026].

MONSALVO-SPENCER, Pablo, 2020. First zoea description of spider crab *Stenorhynchus debilis* (Decapoda: Brachyura: Majoidea). *Hidrobiológica*. Online. 30 April 2020. Vol. 30, no. 1, p. 13–19. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/Monsalvo. Available from: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1346/1080>

MORENO MORALES, Shailili, CHACÓN, Ana, MOSTUE, Maj and PRIN, José, 2023. Análisis químico de colágeno en

- piel de cola de atún (*Thunnus atlanticus*) en medio ácido. *Revista ESPAMCIENCIA*. Online. 30 June 2023. Vol. 14, no. 1, p. 47–55. DOI: 10.51260/revista_espamciencia.v14i1.364. Available from: http://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/364 [Accessed 8 April 2026].
- MOYA MOREIRA, Thaysa Fernandes, GONÇALVES, Odinei Hess, LEIMANN, Fernanda Vitória and RIBEIRO, Ricardo Pereira, 2023. Fish Protein Hydrolysates: Bioactive Properties, Encapsulation and New Technologies for Enhancing Peptides Bioavailability. *Current Pharmaceutical Design*. Online. 11 March 2023. Vol. 29, no. 11, p. 824–836. DOI: 10.2174/1381612829666230110141811. Available from: <https://www.eurekaselect.com/212518/article> [Accessed 8 April 2026].
- NASYANKA, Anindi Lupita, TIADEKA, pemta, IMTIHANI, Hilya Nur, OCTAVIARY, Niken Laras and PRASTIYO, Danu, 2024. Optimization Formula of Collagen Nanoemulgel from Waste Milkfish (*Chanos chanos*) Bones as Antiaging. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*. Online. 31 December 2024. Vol. 22, no. 2, p. 65–72. DOI: 10.15294/SAINTEKNOL.V22I2.14768. Available from: <https://journal.unnes.ac.id/journals/sainteknologi/article/view/14768> [Accessed 8 April 2026].
- PEI, Jingyan, GAO, Xinchang, PAN, Daodong, HUA, Ying, HE, Jun, LIU, Zhu and DANG, Yali, 2022. Advances in the stability challenges of bioactive peptides and improvement strategies. *Current Research in Food Science*. Online. 1 January 2022. Vol. 5, p. 2162–2170. DOI: 10.1016/j.crfs.2022.10.031. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2665927122002015> [Accessed 8 April 2026].
- PIRSA, Sajad, SANI, Iraj Karimi and MIRTALEBI, Sanaz Sadat, 2022. Nano-biocomposite based color sensors: Investigation of structure, function, and applications in intelligent food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*. Online. 1 March 2022. Vol. 31, p. 100789. DOI: 10.1016/j.fpsl.2021.100789. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214289421001575> [Accessed 8 April 2026].
- RACHMAN, Sitti Hardiyanti, SANTOSO, Joko and SUSENO, Sugeng Heri, 2023. Antioxidant Activity and Potential Bioactive Peptides from Skin Protein Hydrolysate of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. Online. 12 April 2023. Vol. 15, no. 2, p. 248–263. DOI: 10.20473/jipk.v15i2.41625. Available from: <https://ejournal.unair.ac.id/JIPK/article/view/41625> [Accessed 8 April 2026].
- RAJABIMASHHADI, Zahra, GALLO, Nunzia, SALVATORE, Luca and LIONETTO, Francesca, 2023. Collagen Derived from Fish Industry Waste: Progresses and Challenges. *Polymers*. Online. 20 January 2023. Vol. 15, no. 3, p. 544. DOI: 10.3390/polym15030544. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/3/544> [Accessed 8 April 2026].
- RIVERO, Fernando, 2021. *Obtención de biopéptidos reguladores del índice glucémico para alimentación funcional*. Online. Tesis de Doctorado. Universidad de Granada. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=289474> [Accessed 8 April 2026].
- RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, Juan Miguel de Jesús, ANAYA-ESPARZA, Luis Miguel García, MONTAÑO-MARTÍNEZ, Emmanuel, MONTALVO-GONZÁLEZ, Efigenia and GARCÍA-MAGAÑA, María de Lourdes, 2024. Bioactive peptides from by-products of shrimp processing: A review. *International Food Research Journal*. Online. 1 July 2024. Vol. 31, no. 3, p. 530–550. DOI: 10.47836/ifrj.31.3.01. Available from: [http://www.ifrj.upm.edu.my/31%20\(03\)%202024/01%20-%20IFRJ23373.R1%20\(Review\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/31%20(03)%202024/01%20-%20IFRJ23373.R1%20(Review).pdf) [Accessed 8 April 2026].
- SALIM, Nisa V., MADHAN, Balaraman, GLATTAUER, Veronica and RAMSHAW, John A.M., 2024. Comprehensive review on collagen extraction from food by-products and waste as a value-added material. *International Journal of Biological Macromolecules*. Online. 1 October 2024. Vol. 278, p. 134374. DOI: 10.1016/J.IJBIOMAC.2024.134374. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813024051791> [Accessed 8 April 2026].
- SHEN, Dongni, WANG, Huihua, SHI, Ying, SU, Zhiwei, HANNIG, Matthias and FU, Baiping, 2023. The Effect of Surface Treatments on Zirconia Bond Strength and Durability. *Journal of Functional Biomaterials*. Online. 7 February 2023. Vol. 14, no. 2, p. 89. DOI: 10.3390/jfb14020089. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-4983/14/2/89> [Accessed 8 April 2026].
- SHI, Jing, LU, Zhe, FENG, Mengmeng, BAI, Siqin, LUO, Yongkang, JIANG, Yanfei and ZHAO, Chunyue, 2025. Storage stability of collagen peptide beverages: physicochemical, nutritional, sensory, and antioxidant properties. *LWT*. Online. 1 September 2025. Vol. 231, p. 118366. DOI: 10.1016/J.LWT.2025.118366. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643825010503> [Accessed 8 April 2026].
- SONG, Tianyu, LI, Ze, ZHENG, Honghao, LIANG, Chujin and WAN, Zhanhong, 2023. Optimization on Hydrodynamic Performance for First Level Energy-Capturing Enhancement of a Floating Wave Energy Converter System with Flapping-Panel-Slope. *Journal of Marine Science and Engineering* 2023, Vol. 11, Page 345. Online. 4 February 2023. Vol. 11, no. 2, p. 345. DOI: 10.3390/JMSE11020345. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/2/345/htm> [Accessed 8 April 2026].
- SONG, Young Bo, LAMOTHE, Lisa M., ESMERALDA NAVA RODRIGUEZ, Nardo, ROSE, David R. and LEE, Byung Hoo, 2022. New insights suggest

- isomaltooligosaccharides are slowly digestible carbohydrates, rather than dietary fibers, at constitutive mammalian α -glucosidase levels. *Food Chemistry*. Online. 30 July 2022. Vol. 383, p. 132456. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2022.132456. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622004186?via%3Dihub> [Accessed 8 April 2026].
- ŠOPÍK, Tomáš, LAZÁRKOVÁ, Zuzana, SALEK, Richardos Nikolaos, TALÁR, Jaroslav, PUREVDORJ, Khatantuul, BUŇKOVÁ, Leona, FOLTIN, Pavel, JANČOVÁ, Petra, NOVOTNÝ, Martin, GÁL, Robert and BUŇKA, František, 2022. Changes in the Quality Attributes of Selected Long-Life Food at Four Different Temperatures over Prolonged Storage. *Foods*. Online. 6 July 2022. Vol. 11, no. 14, p. 2004. DOI: 10.3390/foods11142004. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/14/2004> [Accessed 8 April 2026].
- SURYANINGTYAS, Indyaswan Tegar and JE, Jae-Young, 2023. Bioactive peptides from food proteins as potential anti-obesity agents: Mechanisms of action and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. Online. August 2023. Vol. 138, p. 141–152. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.06.015. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224423001875>
- THUANHONG, M., SIRINUPONG, N., SIRINUPONG, T. and YOYRAVONG, W., 2024. Continuous Hydrolysis of Nile Tilapia Skin Collagen using an Enzymatic Membrane Reactor. *Journal of Applied Membrane Science & Technology*. Online. 12 December 2024. Vol. 28, no. 3, p. 33–46. DOI: 10.11113/jamst.v28n3.303. Available from: <https://amst.utm.my/index.php/amst/article/view/303> [Accessed 8 April 2026].
- URIARTE-MONTOYA, Mario Hiram, ARIAS-MOSCOSO, Joe Luis, PLASCENCIA-JATOMEA, Maribel, SANTACRUZ-ORTEGA, Hisila, ROUZAUD-SÁNDEZ, Ofelia, CARDENAS-LOPEZ, Jose Luis, MARQUEZ-RIOS, Enrique and EZQUERRA-BRAUER, Josafat Marina, 2010. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) mantle collagen: Extraction, characterization, and potential application in the preparation of chitosan–collagen biofilms. *Bioresource Technology*. Online. June 2010. Vol. 101, no. 11, p. 4212–4219. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.01.008. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852410000519> [Accessed 8 April 2026].
- VELEZ MIÑANO, Leslie Yamilet and FERNANDEZ BACA, Jennifer Camila, 2024. Técnicas de extracción de colágeno: Aplicaciones y tendencias científicas. *Manglar*. Online. 31 August 2024. Vol. 21, no. 3, p. 391–399. DOI: 10.57188/manglar.2024.043. Available from: <https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/article/view/563> [Accessed 8 April 2026].
- VENTURA, Inês, HARMAN, Victoria, BEYNON, Robert J. and SANTOS, Romana, 2023. Glycoproteins Involved in Sea Urchin Temporary Adhesion. *Marine Drugs*. Online. 24 February 2023. Vol. 21, no. 3, p. 145. DOI: 10.3390/md21030145. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/21/3/145> [Accessed 8 April 2026].
- VILLALBA-URQUIDY, Blanca del Sol, TORRES-ARREOLA, Wilfrido, MEDINA, Isabel, HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Laura Estefany, CHAN-HIGUERA, Jesús Enrique and EZQUERRA-BRAUER, Josafat Marina, 2025. Bioactivity and in Silico Insights of Collagen-Derived Peptides from Jellyfish (*Stomolophus* sp. 2) Mesoglea. *Marine Drugs*. Online. 5 November 2025. Vol. 23, no. 11, p. 427. DOI: 10.3390/md23110427. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/23/11/427> [Accessed 8 April 2026].
- WANG, Xinyuan, 2025. An Analysis of Temperature Control Management in the Pharmaceutical Supply Chain. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 3 January 2025. Vol. 133, no. 1, p. 49–54. DOI: 10.54254/2754-1169/2025.19637.
- WU, Sijia, YANG, Longhe and CHEN, Junde, 2022. Preparation and Characterization of Tilapia Collagen-Thermoplastic Polyurethane Composite Nanofiber Membranes. *Marine Drugs*. Online. 30 June 2022. Vol. 20, no. 7, p. 437. DOI: 10.3390/md20070437. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-3397/20/7/437> [Accessed 8 April 2026].
- XIN, Xuan Ying, ZHOU, Jing, LIU, Gao Ge, ZHANG, Mei Yu, LI, Xiang Zi and WANG, Yan, 2025. Anti-inflammatory activity of collagen peptide in vitro and its effect on improving ulcerative colitis. *npj Science of Food* 2025 9:1. Online. 2 January 2025. Vol. 9, no. 1, p. 1-. DOI: 10.1038/s41538-024-00367-7. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41538-024-00367-7> [Accessed 8 April 2026].
- XU, Shumin, ZHAO, Yuping, SONG, Wenshan, ZHANG, Chengpeng, WANG, Qiuting, LI, Ruimin, SHEN, Yanyan, GONG, Shunmin, LI, Mingbo and SUN, Leilei, 2023. Improving the Sustainability of Processing By-Products: Extraction and Recent Biological Activities of Collagen Peptides. *Foods*. Online. 12 May 2023. Vol. 12, no. 10, p. 1965. DOI: 10.3390/foods12101965. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/10/1965> [Accessed 8 April 2026].
- XU, Yan-Teng, TANG, Chuan-He and BINKS, Bernard P., 2020. High internal phase emulsions stabilized solely by a globular protein glycosylated to form soft particles. *Food Hydrocolloids*. Online. 1 January 2020. Vol. 98, p. 105254. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105254. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X19312408> [Accessed 8 April 2026].
- YUSWAN, Mohd Hafis, NURUL, Nurul Hanani, MOHAMAD, Haslina, KESO, Shamsidah, MOHAMAD, Nurhidayatul Asma, TENGGU, Tengku Shahrul, ISMAIL, Nor Falahiah, ABDUL MANAF, Yanty Noorzianna, MOHD HASHIM, Amalia, MOHD DESA, Mohd Nasir, YUSOF, Yus Aniza and MUSTAFA, Shuhaimi, 2021. Hydroxyproline determination for initial detection of halal-critical food

ingredients (gelatin and collagen). *Food Chemistry*. 1 February 2021. Vol. 337. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2020.127762.

ZHAO, Yongjun, ZHONG, Mingming, PANG, Shuixiu, LIU, Ping, SUN, Yufan, LIANG, Qiufang, YU, Kai, WANG, Junxia, REHMAN, Abdur, RASHID, Arif, MA, Haile and REN, Xiaofeng, 2025. Exploring the potential of ultrasound: Novel approaches to collagen extraction, modifications, and polypeptide preparation. *Ultrasonics Sonochemistry*. Online. 1 September 2025. Vol. 120, p. 107504. DOI: 10.1016/J.ULTSONCH.2025.107504. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417725002834> [Accessed 8 April 2026].

ZHU, Zhengqing, XU, Ziwu, LI, Yuhang, FAN, Yutong, ZHOU, Yingqian, SONG, Kaixin and MENG, Lei, 2024. Antioxidant Function and Application of Plant-Derived Peptides. *Antioxidants 2024, Vol. 13, Page 1203*. Online. 6 October 2024. Vol. 13, no. 10, p. 1203. DOI: 10.3390/ANTIOX13101203. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3921/13/10/1203/htm> [Accessed 8 April 2026].