

Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de una formulación gelificada elaborada con colágeno a base de escamas de pescado

Evaluation of the physicochemical and microbiological quality of a gelled formulation made with collagen based on fish scales

Roger Alberto Palomino Huarcaya ^{1,a}, John Eder Collachagua Echevarría ^{2,b}, Ruth Lylybel Terrones Malca ^{1,c}, Jhulisa Yesenia Tantalean Muguerra ^{1,c}, Renee Mariela Oyola Rojas ^{1,c}, Eduard Franklin Quispe Conto ^{1,c}, David Tintaya Menacho ^{1,c}

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente trabajo fue demostrar si la formulación gelificada elaborada con colágeno extraído de escamas de pescado es estable, funcional y segura para aplicaciones cosméticas. **Material y Métodos:** Se desarrolló una gel formulada a partir de escamas de pescado y se analizaron parámetros fisicoquímicos (pH, viscosidad, contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, cenizas y humedad) siguiendo métodos AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Asimismo, se evaluaron aspectos microbiológicos (bacterias mesófilas, coliformes, mohos, levaduras y *Salmonella* spp.) y se realizó una prueba sensorial con consumidores. Se desarrolló una gel formulada a partir de escamas de pescado y se analizaron parámetros fisicoquímicos (pH, viscosidad, contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, cenizas y humedad) siguiendo métodos AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Asimismo, se evaluaron aspectos microbiológicos (bacterias mesófilas, coliformes, mohos, levaduras y *Salmonella* spp.) y se realizó una prueba sensorial con consumidores. **Resultados:** Los resultados mostraron un pH de 6.8 y una viscosidad de 150 cP, adecuados para su estabilidad. El contenido proteico fue del 25%, los carbohidratos alcanzaron el 60.2%, y los lípidos el 5.5%. No se detectó *Salmonella* spp. y los demás parámetros microbiológicos se mantuvieron dentro de los límites permitidos. En la prueba sensorial, los atributos de olor y textura fueron altamente aceptados, aunque el aspecto visual recibió una valoración moderadamente positiva. **Conclusiones:** La formulación cumple con estándares de calidad y representa una alternativa funcional, segura y sostenible. Además, su producción contribuye al aprovechamiento de residuos pesqueros, impulsando el desarrollo económico en zonas costeras mediante una estrategia de economía circular.

Palabras clave: Colágeno, cosmeceúticos, escamas de animales, peces, disponibilidad biológica.

¹ Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt. Huancayo, Perú.

² Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

^a Docente, Magister. ORCID: 0000-0003-0333-7269

^b Docente, Magister. ORCID: 0000-0001-8265-8073

^c Alumno

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to demonstrate whether a gel formulation developed with collagen extracted from fish scales is stable, functional, and safe for cosmetic applications. **Material and Methods:** A gel formulation derived from fish scales was developed, and physicochemical parameters (pH, viscosity, protein, lipid, carbohydrate, ash, and moisture content) were analyzed following AOAC (Association of Official Analytical Chemists) methods. Additionally, microbiological aspects (mesophilic bacteria, coliforms, molds, yeasts, and *Salmonella* spp.) were evaluated, and a sensory test was conducted with consumers. **Results:** The results showed a pH of 6.8 and a viscosity of 150 cP, which are suitable for stability. Protein content was 25%, carbohydrates reached 60.2%, and lipids were 5.5%. No *Salmonella* spp. was detected, and other microbiological parameters remained within permissible limits. In the sensory test, the attributes of odor and texture were highly accepted, although the visual appearance received a moderately positive rating. **Conclusions:** The formulation meets quality standards and represents a functional, safe, and sustainable alternative. Furthermore, its production contributes to the valorization of fishing waste, fostering economic development in coastal areas through a circular economy strategy.

Keywords: Collagen, cosmeceuticals, animal scales, fishes, biological availability.

INTRODUCCIÓN

Durante el ciclo de vida humano se producen diversos cambios fisiológicos, como la disminución progresiva de la densidad ósea, el aumento de dolores articulares y la aparición de líneas de expresión, procesos que suelen acentuarse a partir de los 25 años. Estos signos del envejecimiento están estrechamente relacionados con la reducción en la síntesis de colágeno, una proteína estructural clave para la piel, huesos, tendones y tejidos conectivos. Aunque tradicionalmente se ha asociado esta pérdida a la adultez mayor, hoy se reconoce que también afecta a mujeres jóvenes, comprometiendo su calidad de vida (1).

En respuesta a esta problemática, el uso de suplementos y productos a base de colágeno ha cobrado gran relevancia como estrategia para preservar la salud articular, ósea y dérmica. Particularmente, el colágeno marino derivado de subproductos como las escamas de pescado ha ganado protagonismo por su alto contenido de colágeno tipo I, el cual presenta mejor biodisponibilidad y mayor afinidad con la matriz dérmica que el colágeno de origen bovino o porcino (2). Este tipo de colágeno no solo posee propiedades regenerativas sobre los

tejidos dérmicos, sino que representa una fuente ecológica y sostenible, en concordancia con los principios de economía circular (3).

En países como Perú, donde existe abundante producción hidrobiológica, las escamas de pescado suelen ser descartadas como residuos, pese a su alto valor proteico (4). Su aprovechamiento, por tanto, constituye una oportunidad para transformar estos desechos en insumos funcionales con aplicación en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica (5). Esta práctica contribuye a la reducción del impacto ambiental de los desechos pesqueros y promueve el desarrollo económico de comunidades costeras mediante la generación de cadenas productivas innovadoras (6).

En este contexto, la elaboración de formulaciones gelificadas a partir de colágeno marino representa una intersección entre la ciencia alimentaria, cosmética y farmacéutica (7). La presente investigación propone el desarrollo de una mascarilla facial natural gelificada denominada Collagen Glow formulada artesanalmente con colágeno extraído de escamas de pescado mediante hidrólisis térmica regulada, y enriquecida con ingredientes funcionales como yogurt natural, miel orgánica, aceite de coco y frutas tropicales (arándano, camu camu, naranja y cereza). Estos

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

componentes no solo aportan propiedades hidratantes, antioxidantes y regeneradoras, sino que también mejoran las características organolépticas del producto, enmascarando el olor natural del colágeno marino y favoreciendo su aceptación sensorial (8).

El estudio contempla tanto la evaluación fisicoquímica y microbiológica de la formulación: medición de pH, viscosidad, humedad, cenizas, proteína, lípidos y carbohidratos como su valoración sensorial por parte de un grupo de participantes. Con un pH registrado de 6,8 y una viscosidad de 150 cP, se considera que la formulación mantiene un equilibrio adecuado entre estabilidad química y aceptabilidad del consumidor (9). Asimismo, el contenido proteico del 25% sugiere una alta concentración de colágeno funcional, mientras que el bajo nivel de cenizas (3,0%) y de humedad (6,3%) indican buena conservación estructural, evitando la descomposición durante el almacenamiento.

Más allá de su aplicabilidad estética, esta propuesta responde a una necesidad creciente de productos cosmeceúticos que integren efectividad clínica, sostenibilidad ambiental e innovación tecnológica (10). En un mercado en el que la demanda de cosméticos naturales libres de compuestos sintéticos se incrementa constantemente, iniciativas como esta contribuyen a la diversificación de la oferta responsable, segura y ambientalmente amigable (11).

Por lo tanto, esta investigación no solo evalúa la viabilidad de un producto dermocosmético natural basado en colágeno marino, sino que también se alinea con objetivos globales de sostenibilidad, producción responsable, innovación y desarrollo económico local.

El objetivo general del estudio es evaluar de manera integral la calidad fisicoquímica y microbiológica de una formulación gelificada elaborada a partir de colágeno extraído de escamas de pescado, con el propósito de analizar su grado de cumplimiento respecto a los estándares establecidos para productos

destinados a las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. En este marco, se plantean como objetivos específicos: determinar cómo el pH de la formulación contribuye a su estabilidad y seguridad durante el almacenamiento; evaluar de qué manera la viscosidad influye en la consistencia y textura del producto, favoreciendo su aceptación sensorial; analizar cómo el alto contenido proteico derivado del colágeno marino potencia sus propiedades funcionales, como la regeneración tisular y el soporte articular; examinar el impacto de los niveles de lípidos y carbohidratos sobre el valor nutricional y sensorial de la formulación; y establecer cómo los contenidos de cenizas y agua permiten conservar la estructura física del gel y mantener su estabilidad a lo largo del tiempo.

Desde el ámbito microbiológico, los objetivos incluyen verificar que los bajos recuentos de bacterias aerobias mesófilas garantizan la inocuidad, confirmar la ausencia de coliformes y *Salmonella* spp. como indicadores clave de seguridad, evaluar que los niveles de mohos y levaduras son compatibles con una vida útil adecuada, e identificar estrategias de conservación que permitan mantener estos parámetros estables a lo largo del tiempo.

Este enfoque busca proporcionar una alternativa sostenible y accesible, que aproveche materias primas locales y ofrezca beneficios concretos para la salud. La formulación gelificada propuesta podría contribuir significativamente a la industria cosmética y farmacéutica, ampliando las opciones de suplementación proteica para distintos grupos poblacionales, especialmente aquellos vulnerables a la pérdida de colágeno, como las mujeres y los adultos mayores.

Como antecedentes internacionales se tienen a Makgobole et al., en el 2024, realizaron un estudio cuyo objetivo fue optimizar la extracción de colágeno tipo I a partir de escamas de pescado utilizando un tampón Tris-Glicina, aplicando el enfoque metodológico de Taguchi (12). Para ello, se evaluaron parámetros como la concentración del tampón, temperatura, pH y tiempo, utilizando espectroscopía FTIR y electroforesis SDS-PAGE para caracterizar el colágeno extraído.

Los resultados mostraron que las condiciones óptimas incluían 0,5 M de ácido acético, 100 mL de volumen, 120 minutos de remojo y 10 mL de tampón, alcanzando una pureza de colágeno de $17,14 \pm 0,05$ mg/g. Los autores concluyeron que el método de Taguchi es eficaz para optimizar la extracción de colágeno a partir de escamas, proponiendo una alternativa sostenible para la obtención de biomateriales.

Por su parte, Silva et al., en el 2024, desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento térmico y las propiedades fisicoquímicas de escamas de pescado, identificando su potencial uso para generar productos de valor agregado (13); la metodología incluyó análisis termogravimétricos (TG/DTG), análisis térmico diferencial (DTA), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y análisis de composición elemental; los resultados revelaron que las escamas contenían un 20% de carbono, 3% de hidrógeno, 6% de nitrógeno y 69% de oxígeno, indicando un alto contenido de colágeno y minerales, los investigadores concluyeron que las propiedades fisicoquímicas de las escamas las hacen adecuadas para su uso en aplicaciones biomédicas y cosméticas como fuente de colágeno.

Finalmente, Coman et al., en el 2024 desarrollaron biomateriales biocompatibles para medicina regenerativa utilizando colágeno extraído de la piel de perca en forma de gel (14), la metodología incluyó la extracción de colágeno, su procesamiento en gel, caracterización fisicoquímica y estructural, y la evaluación de biocompatibilidad mediante fibroblastos dérmicos humanos adultos. Los resultados demostraron que los geles de colágeno tenían propiedades adecuadas para aplicaciones de cicatrización, incluyendo actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, además de buena capacidad de absorción de agua. Los autores concluyeron que el colágeno extraído en forma de gel es un material prometedor para la medicina regenerativa, especialmente en la cicatrización de heridas.

Desde el plano nacional, antecedentes como los de Quispe-López et al., en el 2024 realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar la calidad fisicoquímica del colágeno extraído de escamas de pescado amazónico para su aplicación en suplementos alimentarios (15), para ello, se recolectaron escamas de especies amazónicas como el paco (*Piaractus brachypomus*) en centros de pesca de Iquitos, aplicando procesos de limpieza, desmineralización y extracción ácida. Los investigadores analizaron parámetros como humedad, cenizas, proteína bruta y realizaron espectroscopía FTIR para evaluar la estructura del colágeno. Los resultados mostraron que el colágeno extraído presentó una pureza del 82% y un contenido proteico del 93%, confirmando patrones estructurales consistentes con colágeno tipo I. Como conclusión, los autores señalaron que las escamas de pescado amazónico constituyen una fuente viable de colágeno de alta calidad, con potencial para aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética.

Por otro lado, Gutiérrez-Paredes et al., en el 2024, llevaron a cabo un estudio orientado a evaluar la estabilidad microbiológica de formulaciones gelificadas elaboradas con colágeno proveniente de escamas de pescado de la costa peruana (16), se desarrollaron geles con colágeno marino extraído de especies como el anchoveta (*Engraulis ringens*) y se sometieron a pruebas microbiológicas, incluyendo recuento de mesófilos, coliformes, hongos y levaduras, siguiendo las normativas sanitarias peruanas. Los resultados demostraron que las formulaciones mantuvieron estabilidad microbiológica durante 30 días de almacenamiento, sin presencia de patógenos y con niveles microbianos dentro de los límites permitidos. Los autores concluyeron que estas formulaciones gelificadas de colágeno marino son adecuadas para su comercialización como suplementos funcionales seguros.

Finalmente, Alcántara-Valverde et al., en el 2024 desarrollaron un estudio para elaborar y evaluar sensorialmente una gelatina funcional enriquecida con colágeno extraído de escamas de pescado amazónico (17), el trabajo consistió en formular

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

gelatinas combinadas con frutas amazónicas como camu camu, evaluando parámetros fisicoquímicos básicos (pH, humedad, viscosidad) y realizando pruebas sensoriales mediante un panel de consumidores (n=50), quienes valoraron sabor, textura y aceptación general. Los resultados indicaron que la gelatina alcanzó un 85% de aceptación sensorial, destacando su buen sabor y textura, mientras que los análisis fisicoquímicos mostraron conformidad con los estándares para productos alimentarios. Los autores concluyeron que las gelatinas funcionales elaboradas con colágeno de escamas amazónicas representan una alternativa nutritiva e innovadora, con alto potencial de aceptación comercial.

Dentro de las bases teóricas, se señala que, el colágeno es una proteína estructural fundamental en el cuerpo humano, ya que proporciona soporte y resistencia a huesos, ligamentos, tendones, cartílagos y piel. Su estructura helicoidal y su organización en fibras entrecruzadas le confieren propiedades únicas de elasticidad, sujeción y capacidad de compresión, esenciales para la integridad de los tejidos conectivos (18). Existen diferentes tipos de colágeno, cada uno con características específicas según su ubicación en el organismo. El colágeno tipo I es predominante en huesos, piel y tendones, mientras que el tipo II se encuentra principalmente en el cartílago, y el tipo III en la piel y los vasos sanguíneos (19).

A medida que las personas envejecen, los procesos metabólicos se vuelven más lentos, lo que afecta directamente la capacidad del cuerpo para regenerar colágeno. De hecho, se estima que a partir de los 25 años, la producción natural de colágeno disminuye gradualmente, y a partir de los 40 años se pierde aproximadamente un 1% anual (20). Para los 70 años, el cuerpo ha perdido cerca del 30% del colágeno original, lo que contribuye a la aparición de líneas de expresión, pérdida de grosor de la piel y dolores articulares (21). Este deterioro progresivo ha llevado al desarrollo de suplementos de colágeno, recomendados para mantener la salud articular, fortalecer la piel, mejorar la calidad del cabello y las uñas, y favorecer la regeneración de cartílagos

y tendones, especialmente a partir de los 25 años (22).

El colágeno marino, obtenido principalmente de escamas y piel de pescado, ha ganado popularidad como alternativa a los colágenos bovino y porcino, especialmente tras los riesgos asociados a enfermedades como la encefalopatía espongiiforme bovina (23). El colágeno de escamas de pescado es rico en colágeno tipo I, el más abundante en el cuerpo humano, representando aproximadamente el 85% del colágeno total de la piel (2). Además, estas escamas son una fuente rica en calcio, ácidos grasos omega-3 y presentan un potencial reutilizable y sustentable para aplicaciones industriales (4).

Desde una perspectiva fisicoquímica, las escamas de pescado presentan un alto contenido proteico, con abundantes aminoácidos como glicina, prolina e hidroxiprolina, esenciales para la síntesis de colágeno en el cuerpo humano (24). Los análisis de aminoácidos revelan que los péptidos derivados de colágeno marino tienen una mejor biodisponibilidad, mostrando ser 1.5 veces más fáciles de digerir, absorber y distribuir en comparación con los colágenos de origen bovino o porcino (25). Esta alta absorción se atribuye a su pequeño tamaño molecular, que facilita su paso a través del tracto gastrointestinal y su distribución a los tejidos que requieren colágeno, como piel, huesos y articulaciones (26).

Microbiológicamente, las escamas de pescado pueden albergar bacterias, levaduras y mohos, lo que requiere una adecuada limpieza y procesamiento para garantizar la seguridad del colágeno extraído (27). Sin embargo, algunos microorganismos presentes en las escamas pueden tener propiedades probióticas o producir enzimas útiles para aplicaciones alimentarias y farmacéuticas (28).

El colágeno marino tiene indicaciones claras como regenerador tisular, especialmente en lesiones cutáneas como úlceras, quemaduras y heridas quirúrgicas, promoviendo la cicatrización y remodelación del tejido conjuntivo. También se

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

emplea en tratamientos para cicatrices hipertróficas y queloides, y como inductor de la remodelación ósea en fracturas y osteoartritis, donde favorece el recambio de colágeno y la eliminación del exceso de proteínas fibrosas depositadas (29). La calidad de las materias primas, como las escamas de pescado, es esencial para garantizar un producto final seguro y efectivo, libre de contaminantes y con alto contenido de colágeno bioactivo (23).

El objetivo del presente trabajo fue demostrar si la formulación gelificada elaborada con colágeno extraído de escamas de pescado es estable, funcional y segura para aplicaciones cosméticas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental, con el objetivo de evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de una formulación gelificada elaborada a partir de colágeno extraído de escamas de pescado, una materia prima emergente con reconocido valor bioactivo y potencial funcional (4). Se aplicó un diseño metodológico de tipo experimental controlado, que permitió realizar análisis comparativos entre la formulación a base de colágeno marino y un grupo control constituido por una gelificada comercial convencional (26), lo que facilitó la identificación de diferencias significativas en términos de calidad e inocuidad (5). La investigación, de carácter analítico, se orientó a comparar propiedades como el pH, la viscosidad, la capacidad de retención de agua, y los contenidos de proteínas, lípidos y humedad, junto con parámetros microbiológicos obtenidos mediante el recuento de microorganismos indicadores de calidad e inocuidad (30). La muestra de estudio estuvo integrada por unidades del producto experimental y del grupo control, seleccionadas bajo criterios que garantizaron la representatividad y validez de los resultados (31), mediante un muestreo aleatorio que aseguró homogeneidad en cuanto a calidad visual, condiciones de almacenamiento y vigencia dentro de la fecha de caducidad (32).

Obtención del colágeno marino

Para la obtención del colágeno, se empleó un proceso de extracción a partir de escamas de pescado previamente lavadas con agua potable para eliminar residuos orgánicos. Posteriormente, las escamas fueron secadas al aire libre durante 4 a 5 horas. Se procedió con una etapa de hidratación alcalina, en la cual 200 g de escamas secas fueron sumergidas en agua destilada con la adición de una cucharadita de bicarbonato de sodio, permitiendo su hinchamiento durante 10 minutos. Finalizado este tiempo, se realizaron lavados con agua tibia para neutralizar la alcalinidad y prevenir la degradación proteica. La hidrólisis térmica se efectuó calentando 2 litros de agua destilada a 80 °C, añadiendo las escamas e incubando la mezcla durante 45 minutos con agitación ocasional. Tras este proceso, la mezcla fue enfriada a temperatura ambiente, licuada hasta obtener una textura homogénea y filtrada mediante colador de malla fina para separar el colágeno líquido. Finalmente, el extracto fue transferido a un recipiente hermético y refrigerado durante 24 horas para favorecer la gelificación, permitiendo la reorganización tridimensional de las cadenas peptídicas del colágeno.

Formulación del producto gelificado

Para la elaboración del producto cosmético, se utilizó una mezcla de ingredientes naturales seleccionados por sus propiedades funcionales. La base consistió en 25 mL de colágeno extraído de escamas de pescado, empleado como fuente proteica con función estructural y bioactiva. Se incorporaron 15 mL de yogurt natural, por su acción hidratante, suavizante y ligeramente antibacteriana; 15 mL de miel de abeja, reconocida por sus propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes útiles en el tratamiento del acné; y 15 mL de aceite de coco, por su contenido de ácidos grasos con propiedades antimicóticas y su capacidad para aportar elasticidad y luminosidad a la piel (figura 1).

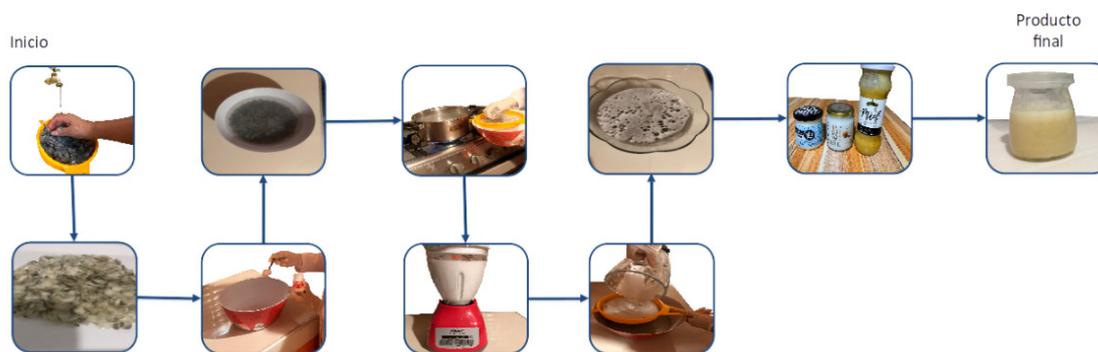


Figura 1. Flujograma de la formulación del producto.

Análisis fisicoquímico y microbiológico

Se aplicó un muestreo sistemático a los diferentes lotes de gel de colágeno y del grupo control, asegurando la representatividad estadística. Las muestras fueron homogeneizadas y acondicionadas siguiendo protocolos estándar. Posteriormente, se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar pH, viscosidad, contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, cenizas y agua. El pH se midió utilizando un pH-metro previamente calibrado con soluciones tampón. La viscosidad se determinó con un viscosímetro ajustado según especificaciones del fabricante, obteniendo valores en centipoises (cP). Las proteínas se cuantificaron mediante el método Kjeldahl (AOAC 981,10), que incluyó digestión con ácido sulfúrico, destilación del nitrógeno y titulación del amoníaco, usando un factor de conversión de 6.25 (27). El contenido de lípidos se midió mediante el método Soxhlet (AOAC 989,05), y los carbohidratos fueron calculados por diferencia. Las cenizas se determinaron por calcinación en mufla a 550 °C (AOAC 942,05), mientras que el contenido de agua fue evaluado según AOAC 925,23, mediante pérdida de peso tras secado a 105 °C.

En el análisis microbiológico se evaluaron: recuento total de bacterias aerobias mesófilas (AOAC 966.23), coliformes totales y fecales (AOAC 991,14), detección de *Salmonella spp.* (AOAC 967.26) y recuento de mohos y levaduras (AOAC 997,02). Se utilizaron medios de cultivo específicos, técnicas de siembra por dilución,

incubación en condiciones controladas y conteo de colonias en unidades formadoras por gramo (UFC/g).

Consideraciones éticas

El estudio cumplió con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki, garantizando el consentimiento informado, la confidencialidad de los datos y el respeto a las normativas nacionales vigentes para el uso de productos de origen animal y la investigación con participación humana (35).

RESULTADOS

La formulación gelificada elaborada con colágeno de escamas de pescado presentó un pH de 6.8, valor considerado adecuado para garantizar la estabilidad fisicoquímica del producto, ya que los geles muestran mayor resistencia a la degradación en rangos próximos a la neutralidad (30). La viscosidad fue de 150 cP, lo que sugiere una consistencia idónea para formulaciones gelificadas, proporcionando una textura homogénea y aceptable desde el punto de vista sensorial (33).

El contenido proteico alcanzó un 25.0%, lo cual evidencia el elevado aporte funcional del colágeno marino como ingrediente bioactivo, con potenciales beneficios en aplicaciones cosméticas y nutracéuticas (23). El contenido lipídico fue moderado (5.5%), mientras que los carbohidratos representaron la fracción mayoritaria (60.2%), lo que contribuye a la estructura del gel y a su perfil energético (4). Las cenizas (3.0%) indican una

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

proporción mineral equilibrada, y el contenido de agua (6.3%) es suficiente para mantener la estructura tridimensional del gel sin comprometer su estabilidad microbiológica (5) (tabla 1).

Los análisis microbiológicos demostraron que el recuento total de bacterias aerobias mesófilas es bajo (500 UFC/g), lo cual está dentro de los límites aceptables para productos alimentarios y cosméticos, asegurando la calidad microbiológica del producto (32). Tanto los coliformes totales como los fecales estuvieron por debajo del límite de detección (<10 UFC/g), lo que confirma la ausencia de contaminación fecal y respalda la higiene en la producción (27) (tabla 2).

No se detectó *Salmonella* spp. en 25 gramos de muestra, lo cual es crítico para garantizar la inocuidad del producto (31), ya que la presencia de este patógeno es un criterio obligatorio de

ausencia para garantizar la seguridad alimentaria y cosmética. El recuento de mohos y levaduras fue de 100 UFC/g, considerado aceptable según los estándares microbiológicos internacionales, sugiriendo que el producto está libre de contaminación fúngica significativa (37).

Los resultados obtenidos muestran que la formulación gelificada a base de colágeno de escamas de pescado cumple con parámetros fisicoquímicos adecuados en términos de estabilidad (38), composición proteica, contenido mineral y retención de agua, lo que le otorga propiedades funcionales relevantes para aplicaciones tanto alimentarias como cosméticas (25). Desde el punto de vista microbiológico, los bajos recuentos de bacterias mesófilas, la ausencia de coliformes y *Salmonella* (26), y el bajo nivel de mohos y levaduras, confirman que el producto es seguro y de buena calidad, alineándose con las normativas sanitarias vigentes (18).

Se aplicó una prueba sensorial no dirigida a 20 evaluadores voluntarios, seleccionados por conveniencia. Los participantes valoraron cuatro atributos organolépticos (aspecto, olor, color y textura) mediante un cuestionario estructurado, utilizando una escala ordinal de 4 puntos. Las muestras se presentaron en condiciones controladas de temperatura y envasado, sin revelar la composición exacta para evitar sesgos.

Tabla 1. Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Valor
pH	6.8
Viscosidad (cP)	150
Proteínas (%)	25
Lípidos (%)	5.5
Carbohidratos (%)	60.2
Cenizas (%)	3
Agua (%)	6.3

Tabla 2. Resultados microbiológicos.

Parámetro	Valor
Recuento total de bacterias aerobias mesófilas	500 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Coliformes fecales	<10 UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente en 25 g
Mohos y levaduras	100 UFC/g

Tabla 3. Resultados del análisis sensorial de la formulación gelificada a base de colágeno marino

Característica organoléptica	Me encanta	Me gusta mucho	Neutral	Está aceptable
Aspecto	2	3	5	10
Olor	4	12	3	1
Color	3	9	5	3
Textura	5	11	3	1

(n = 20 evaluadores; escala de 4 puntos: 1 = Me encanta, 2 = Me gusta mucho, 3 = Neutral, 4 = Está aceptable)

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

El análisis sensorial mostró que los atributos más valorados por los evaluadores fueron el olor y la textura, predominando en la categoría “Me gusta mucho”, lo que sugiere que estos factores influyen positivamente en la aceptación del producto. El color también recibió valoraciones mayormente positivas, aunque en menor proporción. El aspecto fue el atributo con menor puntuación, ya que la mayoría lo calificó como “aceptable”, lo que indica un área de mejora para optimizar la presentación visual de la formulación (tabla 3).

DISCUSIÓN

Los resultados fisicoquímicos indican que la formulación gelificada a base de colágeno de escamas de pescado presenta propiedades adecuadas para uso cosmético. El pH de 6,8 se encuentra dentro del rango seguro para aplicaciones dérmicas, similar a lo reportado por Martins et al., quienes encontraron un pH de 6.2 en formulaciones con colágeno de *Greenland halibut*, considerado estable y compatible con la piel humana (39). El contenido proteico del 25% refleja un aporte significativo de colágeno tipo I, comparable con los valores reportados por Pajaputra et al., quienes documentaron concentraciones de hasta 61.26% de colágeno en pieles de atún amarillo mediante extracción ácida, destacando su potencial antioxidante y efecto hidratante prolongado tras dos semanas de aplicación (40).

Asimismo, los lípidos (5,5%) y carbohidratos (60,2%) favorecen la textura y estabilidad del gel. Martins et al., también reportaron que el colágeno marino mejoró la retención de humedad cutánea en un 22,5% tras aplicación tópica, lo cual refuerza su utilidad en productos cosméticos (39), estos resultados respaldan el uso del colágeno marino como ingrediente activo funcional y seguro en formulaciones destinadas al cuidado de la piel.

Desde el punto de vista microbiológico, la formulación presentó un recuento total de bacterias aerobias mesófilas de 500 UFC/g, con ausencia de *Salmonella spp.* y coliformes fecales y totales. Estos resultados cumplen con

los criterios de la ISO 17516, que establece para productos cosméticos de categoría 2 un límite máximo de $<10^3$ UFC/g y ausencia de patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. En línea con ello, el estudio de Prada-Ramírez et al., reportó que más del 93% de los productos de cuidado personal analizados cumplieron estos límites mediante el método Soleris, validado bajo la USP <1223> y en concordancia con AOAC 997.02 para mohos y levaduras, lo que respalda la fiabilidad de este tipo de análisis alternativos (41).

La aplicación de métodos estandarizados por AOAC International, como Kjeldahl para proteínas (AOAC 981,10), Soxhlet para lípidos (AOAC 989,05) y AOAC 997,02 para mohos y levaduras, refuerza la precisión y trazabilidad de los datos obtenidos. Del Castillo et al., destacan que estos métodos garantizan comparabilidad internacional (42), mientras que Shaik et al., subrayan que su aplicación en matrices marinas mejora la reproducibilidad, particularmente cuando se usan fuentes como piel y escamas de pescado, cuyo contenido colagénico supera el 20% de la materia seca (43).

Respecto al análisis sensorial, los resultados mostraron que los atributos de olor y textura fueron los mejor valorados, con un 85% de los evaluadores calificándolos como “me encanta” o “me gusta mucho”. Este patrón coincide con lo señalado por Rico et al., quienes resaltan que la percepción sensorial, especialmente en cuanto a textura y fragancia, influye directamente en la aceptación del consumidor, en su revisión, indican que una adecuada correlación entre reología, microestructura y evaluación sensorial es clave para el éxito de productos cosméticos con ingredientes biobasados (44).

El enfoque de sostenibilidad de la formulación se ve respaldado por el uso de escamas de pescado, un subproducto marino de bajo costo y alta disponibilidad. Según Pajaputra et al., el colágeno extraído de piel y escamas de atún puede alcanzar hasta un 61,26% de rendimiento bajo el método ASC, promoviendo no solo el aprovechamiento de residuos pesqueros, sino también la transición

hacia ingredientes ecoamigables y biodegradables (40). Esto se alinea con los principios de economía circular y reducción de desperdicio promovidos por la industria cosmética actual. Desde una perspectiva económica, el desarrollo de la formulación a base de colágeno marino representa una alternativa con alto potencial de impacto productivo. Su implementación promueve la generación de empleo en etapas como la recolección, procesamiento y transformación de escamas de pescado, lo cual puede dinamizar sectores pesqueros y manufactureros locales (5). Además, esta estrategia permite a las empresas convertir residuos en una fuente de ingresos, disminuyendo los costos asociados a la gestión de desechos y mejorando los márgenes de ganancia mediante la obtención de colágeno de alta pureza y valor agregado (26). A nivel territorial, el aprovechamiento de materias primas locales impulsa nuevas inversiones y fortalece el ecosistema productivo regional, generando beneficios económicos sostenibles y descentralizados (31).

En cuanto al impacto ambiental, el uso de escamas de pescado como materia prima permite una reducción significativa del desperdicio industrial, al valorizar subproductos que habitualmente serían descartados (24). A esto se suma el hecho de que el colágeno marino es un ingrediente natural, biodegradable y biocompatible, lo que lo posiciona como una alternativa más sostenible frente a los colágenos de origen bovino o porcino, tanto en términos ecológicos como culturales (25). Además, la formulación considera el uso de envases reciclables, contribuyendo a una economía circular y a la mitigación de residuos plásticos (32). Finalmente, la adopción de prácticas responsables por parte de las empresas productoras de colágeno marino ha permitido la obtención de certificaciones ambientales, lo que refuerza su aceptación comercial y su alineamiento con los principios de sostenibilidad exigidos por la industria cosmética actual (38).

CONCLUSIONES

La formulación gelificada elaborada con

colágeno extraído de escamas de pescado demostró ser estable, funcional y segura para aplicaciones cosméticas, al presentar parámetros fisicoquímicos adecuados (pH 6,8, viscosidad 150 cP, proteínas 25%) y cumplir con los estándares microbiológicos internacionales (bajo recuento mesófilo, ausencia de coliformes y *Salmonella* spp.). Además, obtuvo buena aceptación sensorial, especialmente en olor y textura, y evidenció un impacto positivo en términos económicos, sociales y ambientales al valorizar residuos pesqueros mediante prácticas sostenibles alineadas con la economía circular.

Correspondencia:

Roger Alberto Palomino Huarcaya

Correo electrónico: rpalomino@uroosevelt.edu.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zague V. A new view concerning the effects of collagen hydrolysate intake on skin properties. *Arch Dermatol Res.* 2008;300(9):479–483. doi:10.1007/s00403-008-0895-7
2. Wang L, An X, Yang F, Xin Z, Zhao L, Hu Q. Isolation and characterization of collagens from the skin, scale, and bone of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). *Food Chem.* 2008;108(2):616–623. doi:10.1016/j.foodchem.2007.11.023
3. Plaza M, Herrero M, Cifuentes A, Ibáñez E. Innovative natural functional ingredients from microalgae. *J Agric Food Chem.* 2009;57(16):7159–7170. doi:10.1021/jf901070g
4. Benjakul S, Kittiphattanabawon P, Regenstein JM. Fish collagen: Extraction, characterization, and applications for biomaterials and nutraceuticals. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2015; 56(10):1437–1449. doi:10.1080/10408398.2013.767221
5. Silva TH, Moreira-Silva J, Marques ALP, Domingues A, Bayon Y, Reis RL. Marine origin collagens and its potential applications. *Mar Drugs.* 2014;12(12):5881–5901. doi:10.3390/md12125881
6. Chang T, Liu P, Wu S. High Capability of Pentagalloylglucose (PGG) in Inhibiting Multiple Types of Membrane Ionic Currents. *Int J Mol Sci.* 2020; 21(24): 9369; <https://doi.org/10.3390/ijms21249369>
7. Nakashima Y. Marine-derived collagen peptides improve skin hydration and elasticity in humans: A clinical study. *Nutrients.* 2020; 12(3): 829. <https://doi.org/10.3390/nu12030829>
8. Dureja H, Kaushik D, Gupta M, Kumar V, Lather

- V. Cosmeceuticals: An emerging concept. *Indian Journal of Pharmacology*. 2005; 37(3): 155-159. DOI: 10.4103/0253-7613.16211
9. Choi SY, Ko EJ, Lee YH, et al. Effects of collagen tripeptide supplement on skin properties: a prospective, randomized, controlled study. *J Cosmet Laser Ther*. 2014;16(3):132-7. doi: 10.3109/14764172.2013.854119
 10. Sibilla S, Godfrey M, Brewer S, Budh-Raja A, Genovese L. An Overview of the Beneficial Effects of Hydrolysed Collagen as a Nutraceutical on Skin Properties: Scientific Background and Clinical Studies. *The Open Nutraceuticals Journal*. 2015; 8(1): 29–42. Doi: 10.2174/1876396001508010029
 11. Zague V, de Freitas V, da Costa Rosa M, de Castro GA, Jaeger RG, Machado-Santelli GM. Collagen Hydrolysate Intake Increases Skin Collagen Expression and Suppresses Matrix Metalloproteinase 2 Activity. *Journal of Medicinal Food*. 2011; 14(6): 618–624. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0085>
 12. Makgobole MU, Onwubu SC, Baruwa A, et al. Optimization of Collagen Extraction from Fish Scales Using Tris-Glycine Buffer: A Taguchi Methodological Approach. *Mar Drugs*. 2024;22(12):562. DOI: 10.3390/md22120562
 13. Silva AVS, Costa GM, Cruz G. Thermal Behavior and Physicochemical Properties of Fish Scales for the Generation of Value-Added Products. *ResearchGate*. 2024. DOI:10.1007/978-981-99-8593-7_18
 14. Coman A, Marin M, Roşca A, Kaya M, Constantinescu R, Titorencu I. Marine Resources Gels as Main Ingredient for Wound Healing Biomaterials: Obtaining and Characterization Gels. 2024;10(11):729. doi: 10.3390/gels10110729.
 15. Quispe-López C, Ramírez V, Rojas M. Evaluación fisicoquímica del colágeno extraído de escamas de pescado amazónico para suplementos alimentarios. *Rev Peru Biotecnol*. 2024; 10(1): 22–30.
 16. Gutiérrez-Paredes L, Herrera S, Chávez R. Estabilidad microbiológica de formulaciones gelificadas con colágeno marino de escamas de pescado. *Rev Peru Quím Farm*. 2024;60(2):55–63.
 17. Alcántara-Valverde M, Rodríguez P, Torres L. Desarrollo y evaluación sensorial de una gelatina funcional elaborada con colágeno de escamas de pescado amazónico. *Rev Peru Investig Aliment*. 2024;12(1):40–48.
 18. Shoulders MD, Raines RT. Collagen structure and stability. *Annu Rev Biochem*. 2009;78:929–58. doi:10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833
 19. Ricard-Blum S. The collagen family. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2011;3(1):a004978. doi:10.1101/cshperspect.a004978
 20. Varani J, Warner RL, Gharaee-Kermani M, et al. Vitamin A antagonizes decreased cell growth and elevated collagen-degrading matrix metalloproteinases and stimulates collagen accumulation in naturally aged human skin. *J Invest Dermatol*. 2000;114(3):480–6. doi:10.1046/j.1523-1747.2000.00902.x
 21. Ezure T, Amano S. Influence of age on viscoelastic properties of the dermis in human facial skin. *Skin Res Technol*. 2010;16(3):292–8. doi:10.1111/j.1600-0846.2010.00439.x
 22. Czajka A, Kania EM, Genovese L, et al. Daily oral supplementation with collagen peptides combined with vitamins and minerals improves skin elasticity, hydration, and reduces wrinkles. *Nutr Res*. 2018;57:97-108. doi: 10.1016/j.nutres.2018.06.001
 23. Gómez-Guillén MC, Giménez B, López-Caballero ME, Montero MP. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocoll*. 2011;25(8):1813–27. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.02.007
 24. Matmaroh K, Benjakul S, Prodpran T, Encarnacion AB, Kishimura H. Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*). *Food Chem*. 2011;129(3):1179–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.099>
 25. Song E, Kim SY, Chun T, Byun HJ, Lee YM. Collagen scaffolds derived from a marine source and their biocompatibility. *Biomaterials*. 2006;27(15):2951–61. doi:10.1016/j.biomaterials.2006.01.015
 26. Kim HK, Kim MG, Leem KH. Oral administration of marine collagen peptides enhances skin hydration and elasticity in human subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Mar Drugs*. 2018;16(12):429. doi:10.3390/md16120429
 27. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Microbiological hazards in fish and fish products*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 444; 2020. (Citado el 15 de Julio del 2024). Disponible en: <https://www.fao.org/3/y9324e/y9324e.pdf>
 28. Tseng YC, Yu RF, Lee CF, Wang WH. Bacterial diversity in fish scales and skin mucus of freshwater fish cultured in Taiwan. *Microbiol Res*. 2019;223-225:13–23.
 29. Oesser S, Adam M, Babel W, Seifert J. Oral administration of ¹⁴C labeled gelatin hydrolysate leads to an accumulation of radioactivity in cartilage of mice (C57/BL). *J Nutr*. 1999;129(10):1891–5. doi:10.1093/jn/129.10.1891
 30. Codex Alimentarius. *General Principles of Food Hygiene*. Washington DC: FAO/WHO; 2020. (Citado el 15 de Julio del 2024). Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
 31. Ministerio de Salud del Perú. *Reglamento Sanitario de Alimentos*. Lima: Ministerio de Salud del Perú; 2022.

32. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in foods 8: Use of data for assessing process control and product acceptance. New York: Springer; 2011.
33. Montgomery DC. Design and analysis of experiments. 9th ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2017.
34. Field A. Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 5th ed. London: Sage Publications; 2018.
35. World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. World Medical Association; 2013. (Citado el 15 de Julio del 2024). Disponible en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki>
36. Song H, Zhang S, Zhang L, Zhang Y, Wang H, Wang J. Preparation and characterization of fish scale collagen peptides from *Hypophthalmichthys molitrix*. *J Food Sci Technol*. 2020;57(7):2571–9. doi:10.1007/s13197-020-04329-7
37. World Health Organization. Salmonella (non-typhoidal). Washington DC: World Health Organization; 2018. (Citado el 15 de Julio del 2024). Disponible en: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))
38. Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. Modern food microbiology. 7th ed. New York: Springer Science & Business Media; 2005.
39. Martins E, Reis RL, Silva TH. In vivo skin hydrating efficacy of fish collagen from Greenland halibut as a high-value active ingredient for cosmetic applications. *Marine Drugs*. 2023; 21(2): 57. DOI: <https://doi.org/10.3390/md21020057>
40. Prajaputra V, Isnaini N, Maryam S, et al. Exploring marine collagen: Sustainable sourcing, extraction methods, and cosmetic applications. *South African Journal of Chemical Engineering*. 2004; 47(1): 197-211. DOI: 10.1016/j.sajce.2023.11.006
41. Prada-Ramírez HA, Celeita S, Fonseca JC. Efficacy Comparison of an Automated Growth-Based System and Plate-Count Method on the Detection of Yeasts and Molds in Personal Care Products. *Journal of AOAC International*. 2023; 106(6): 1564-1573. doi: 10.1093/jaoacint/qsad075
42. Del Castillo A, Pérez MJ, Falqué E, Domínguez H. Stability of sun creams formulated with thermal spring waters from Ourense, Northwest Spain. *Cosmetics*. 2016; 3(4): 42. DOI: 10.3390/cosmetics3040042
43. Shaik MI, Rahman SHA, Yusri AS, Ismail-Fitry MR, Kumar N, Sarbon N. A review on the processing technique, physicochemical, and bioactive properties of marine collagen. *Journal of Food Science*. 2024; 89(9). 5205-5229. DOI: 10.1111/1750-3841.17273
44. Rico F, Mazabel A, Egurrola G, et al. Meta-Analysis and Analytical Methods in Cosmetics Formulation: A Review. *Cosmetics*. 2023; 11(1): 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/cosmetics11010001>

Recibido: 12/07/2024

Aceptado: 17/11/2024