



DOI: <https://doi.org/10.70577/cieninter.v4i3.140>

**Avances en la valorización de escamas de pescado como fuente de
biopolímeros para biopelículas comestibles en la conservación de alimentos
durante el período 2020 – 2025**

**Progress in the Utilization of Fish Scales as a Source of Biopolymers for
Edible Biofilms in Food Preservation During the 2020–2025 Period**

Daniela Brigitte Guevara Campoverde¹

Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Agroindustria con mención en gestión de calidad y seguridad alimentaria Universidad Estatal de Milagro

dguevarac6@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-2917-8629>

Belén Narahí Garofalo Galeas²

Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Agroindustria con mención en gestión de calidad y seguridad alimentaria, Universidad Estatal de Milagro

bgarofalog@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-3374-0956>

Juan Diego Valenzuela Cobos³

Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Agroindustria con mención en gestión de calidad y seguridad alimentaria, Universidad Estatal de Milagro

jvalenzuelac@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1690-1204>

Cómo citar

Guevara Campoverde, D. B., Garofalo Galeas, B. N., & Valenzuela Cobos, J. D. (2026). Avances en la valorización de escamas de pescado como fuente de biopolímeros para biopelículas comestibles en la conservación de alimentos durante el período 2020 – 2025. *Ciencia Interdisciplinaria Internacional*, 4(3), 1325–1342.

<https://doi.org/10.70577/cieninter.v4i3.140>

Fecha de recepción: 2026-09-08

Fecha de aceptación: 2026-09-22

Fecha de publicación: 2026-10-08



RESUMEN

El aprovechamiento de escamas de pescado permite recuperar proteínas con potencial para desarrollar materiales destinados a la conservación alimentaria. El objetivo fue analizar los avances en su valorización como fuente de biopolímeros para biopelículas comestibles durante el período 2020–2025. Se realizó una revisión sistemática, mediante búsquedas en Scopus, ScienceDirect, Web of Science y SciELO. Se incluyeron 30 publicaciones, correspondientes a 25 revisiones y cinco investigaciones experimentales. La síntesis examinó los procesos de obtención, las propiedades funcionales y las aplicaciones alimentarias, y reservó la comparación cuantitativa para datos trazables a estudios primarios. Los hallazgos identificaron al colágeno y su derivado, la gelatina, como materiales de interés para formar matrices filmógenas. Las formulaciones con quitosano y otros componentes presentaron mejoras específicas en resistencia mecánica, flexibilidad y propiedades de barrera, así como actividad antioxidante o antimicrobiana, sin que estos efectos fueran uniformes. Una formulación con gelatina de escamas, quitosano y nanopartículas de carbonato de calcio prolongó la vida útil del longán en más de tres días y de la banana en más de cinco días frente al control. Sin embargo, la heterogeneidad metodológica, el predominio de fuentes secundarias y la ausencia de una evaluación formal del riesgo de sesgo limitaron la solidez de las inferencias. Se concluyó que las escamas constituyen una materia prima con potencial de valorización en sistemas de conservación alimentaria, pero su aplicación requiere estandarizar procesos y validar el desempeño en alimentos reales, la inocuidad y la viabilidad industrial. La biodegradabilidad de las películas, por sí sola, no acredita su comestibilidad.

Palabras clave: Polímero; Conservación de los alimentos; Tecnología alimentaria; Industria pesquera; Tratamiento de desechos.

ABSTRACT

The utilization of fish scales enables the recovery of proteins with potential for developing food preservation materials. This study aimed to analyze advances in their valorization as a source of biopolymers for edible films during the 2020–2025 period. A systematic review was conducted through searches of Scopus, ScienceDirect, Web of Science, and SciELO. Thirty publications were included, comprising 25 reviews and five experimental studies. The synthesis examined recovery processes, functional properties, and food applications, restricting quantitative comparisons to data traceable to primary studies. The findings identified collagen and its derivative, gelatin, as potential materials for developing film-forming matrices. Formulations containing chitosan and other components exhibited specific improvements in mechanical strength, flexibility, and barrier properties, as well as antioxidant or antimicrobial activity, although these effects were not consistent across formulations. A formulation containing fish scale gelatin, chitosan, and calcium carbonate nanoparticles extended the shelf life of longan by more than three days and bananas by more than five days compared with the control. However, methodological heterogeneity, the predominance of secondary sources, and the absence of a formal risk-of-bias assessment limited the strength of the inferences. It was concluded that fish scales constitute a raw material with potential for valorization in food preservation systems, but their application requires process standardization and validation of performance in actual foods, safety, and industrial feasibility. Film biodegradability alone does not establish edibility.

Keywords: Polymers; Food preservation; Food technology; Fishing industry; Waste treatment.



INTRODUCCIÓN

El procesamiento de pescado genera subproductos como pieles, escamas, espinas y vísceras, cuya proporción y composición dependen de la especie y de las operaciones de transformación (Waqar et al., 2025). Estas fracciones contienen compuestos de interés comercial que pueden recuperarse para obtener productos de mayor valor agregado (Rigueto et al., 2023). Su descarte o aprovechamiento limitado supone la pérdida de recursos y plantea dificultades de gestión ambiental; por ello, la valorización de sus componentes constituye una alternativa al tratamiento de estos materiales únicamente como residuos (Caruso et al., 2020).

Dentro de este enfoque de economía circular, las escamas representan una materia prima de interés por su fracción proteica y mineral (Manjudevi et al., 2024). Su estructura integra colágeno, principalmente de tipo I, asociado con minerales como la hidroxiapatita, lo que hace necesarios pretratamientos de limpieza y desmineralización para recuperar la proteína (Makgobole et al., 2024). El colágeno es un biopolímero proteico cuya estructura característica comprende tres cadenas polipeptídicas organizadas en una triple hélice. La gelatina se obtiene mediante su desnaturalización e hidrólisis parcial; por tanto, es un derivado del colágeno y no un componente equivalente que se encuentre en las escamas en su estado original. La reorganización de sus cadenas permite formar geles y matrices filmógenas, aunque sus propiedades dependen de la fuente y del procesamiento (Lu et al., 2022).

La obtención del biopolímero condiciona su aprovechamiento posterior. Makgobole et al. (2024) evaluaron las condiciones de extracción de colágeno de escamas con un sistema tampón Tris-glicina y

analizaron su identidad y características estructurales. Este antecedente aporta información sobre la recuperación del material, pero no demuestra su eficacia en la conservación de alimentos. Esa distinción resulta necesaria para relacionar los avances de extracción con las formulaciones y aplicaciones alimentarias, sin atribuir a una caracterización fisicoquímica resultados de conservación que no fueron evaluados.

En otra investigación designa películas de base biopolimérica destinadas al consumo junto con el alimento, no comunidades microbianas adheridas a una superficie. Las películas se forman por separado y posteriormente se colocan sobre el producto o alrededor de él; los recubrimientos se generan directamente sobre su superficie, por ejemplo, mediante inmersión o aspersión de una solución filmógena (Devi et al., 2024). La gelatina puede constituir la matriz de estas estructuras o combinarse con otros componentes para modificar su resistencia, flexibilidad y capacidad de barrera (Lu et al., 2022). La biodegradabilidad describe la susceptibilidad a la degradación biológica bajo determinadas condiciones, mientras que la comestibilidad exige aptitud para el consumo humano. En consecuencia, el origen natural o la degradación de una película no bastan para acreditar su inocuidad ni la de todos sus aditivos (Perera et al., 2023).

Las películas proteicas pueden limitar el intercambio de gases, pero su carácter hidrofílico suele restringir la barrera frente al vapor de agua; este comportamiento varía con la humedad, la formulación y las condiciones de uso (Lu et al., 2022). Las revisiones sobre películas y recubrimientos describen la incorporación de lípidos y otros componentes para modificar estas propiedades, con posibles compromisos entre resistencia mecánica, flexibilidad y protección frente a la humedad (Devi et



al., 2024). Tales antecedentes corresponden a distintas matrices biopoliméricas y no deben interpretarse como beneficios universales de la gelatina obtenida de escamas.

Los estudios experimentales específicos ilustran esas posibilidades y limitaciones, así es como Guerrero et al. (2020) elaboraron películas de gelatina de escamas con fructosa o ácido ascórbico y tratamiento térmico. La reticulación modificó sus propiedades de barrera, y el ensayo de liberación de ácido ascórbico en un simulante alimentario mostró una disponibilidad limitada del compuesto tras su participación en la reacción. Por su parte, Kord et al. (2024) incorporaron extracto de *Prosopis cineraria* a películas de gelatina de escamas de *Otolithes ruber*: mejoraron propiedades mecánicas, de barrera y antioxidantes, pero no observaron actividad antibacteriana frente a los microorganismos ensayados. Ambos trabajos caracterizaron materiales; sus resultados no equivalen a demostrar una prolongación de la vida útil en alimentos reales.

Mottalib et al. (2024) combinaron gelatina de escamas de *Tenualosa ilisha* con quitosano procedente de caparazones de langostino y nanocrisales de celulosa de yute. Evaluaron propiedades mecánicas, interacción con el agua y biodegradación, sin realizar ensayos de conservación en alimentos. En contraste, Fu et al. (2021) formularon películas de gelatina de escamas, quitosano y nanopartículas de carbonato de calcio, y comunicaron una prolongación de la conservación de longan y banana frente al control. Este resultado corresponde a la formulación compuesta y a los alimentos ensayados; no permite atribuir el efecto únicamente a la gelatina ni extenderlo a cualquier producto alimentario.

Las revisiones sobre recubrimientos de frutas relacionan su desempeño con la matriz, los agentes

activos y las condiciones de almacenamiento, pero abarcan materias primas diversas y no constituyen evidencia específica sobre escamas (Vanaraj et al., 2024). Los antecedentes descritos justifican una revisión que articule la obtención de biopolímeros, las propiedades de las películas y su desempeño alimentario, con una distinción explícita entre potencial tecnológico y eficacia demostrada. Esta integración permitirá valorar el alcance de las aplicaciones y sus limitaciones dentro del período estudiado. De esta manera, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo las escamas de pescado han sido valorizadas como fuente de biopolímeros para la elaboración de biopelículas comestibles y cuál es su efectividad en la conservación de alimentos según la literatura científica publicada entre 2020–2025?

El objetivo de este estudio es analizar los avances en la valorización de escamas de pescado como fuente de biopolímeros para biopelículas comestibles en la conservación de alimentos, mediante una revisión bibliográfica de la literatura científica durante el período 2020–2025.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura y se reportó conforme a las directrices de PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Se consultaron Scopus, ScienceDirect, Web of Science y SciELO. La búsqueda se orientó a identificar publicaciones científicas del período 2020–2025 sobre la valorización de escamas de pescado como fuente de biopolímeros, principalmente colágeno y gelatina, destinados a la elaboración de películas o recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. Para la estrategia de búsqueda se utilizaron las siguientes combinaciones de términos y operadores



booleanos:

Scopus: TITLE-ABS-KEY(("fish scales" OR "fish scale waste") AND (biopolymer* OR collagen OR gelatin) AND ("edible film*" OR "edible coating*") AND ("food preservation" OR "food packaging")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026.

Web of Science: TS=((("fish scales" OR "fish scale waste") AND (biopolymer* OR collagen OR gelatin) AND ("edible film*" OR "edible coating*") AND ("food preservation" OR "food packaging"))); filtro temporal: 2020 – 2025.

ScienceDirect: ("fish scales" OR "fish scale waste") AND (biopolymer OR collagen OR gelatin) AND ("edible films" OR "edible coatings") AND ("food preservation" OR "food packaging"), limitada a publicaciones de 2020 – 2025.

SciELO: ("escamas de pescado" OR "fish scales") AND (biopolímeros OR biopolymers OR colágeno OR collagen OR gelatina OR gelatin) AND ("biopelículas comestibles" OR "edible films" OR "recubrimientos comestibles" OR "edible coatings") AND ("conservación de alimentos" OR "food preservation"), limitada al período 2020 – 2025.

Fecha de búsqueda: La revisión sistemática se realizó entre abril y junio de 2026, en el que se efectuaron las consultas en las bases de datos seleccionadas.

Criterios de elegibilidad. Se incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2025, en español e inglés, relacionados con escamas de pescado como fuente de biopolímeros, conservación de alimentos e investigaciones sobre elaboración o aplicación de biopelículas/recubrimientos comestibles. Se excluyeron estudios en aplicaciones farmacéuticas o biomédicas, documentos sin acceso a texto completo, literatura no indexada, publicaciones anteriores a

2020, estudios sin aplicación alimentaria, informes científicos y sitios web.

Proceso de selección. Primero se consolidaron los registros recuperados de las cuatro fuentes y se eliminaron 25 duplicados, obteniéndose 95 registros únicos. Posteriormente se realizó el cribado por título y resumen, con 25 exclusiones, por lo que 70 registros continuaron a la siguiente etapa. De los 70 registros que continuaron después del cribado, 25 fueron excluidos por criterios de pertinencia y 45 pasaron a la evaluación de elegibilidad mediante texto completo. Finalmente, 15 documentos fueron excluidos durante la evaluación de texto completo y 30 estudios fueron incluidos en la síntesis. La selección se realizó mediante la lectura y valoración del contenido de los artículos, y se verificó su relación directa con el tema de investigación y su utilidad para responder al objetivo planteado. Las decisiones de inclusión y exclusión fueron revisadas y contrastadas conjuntamente por ambas autoras hasta alcanzar un criterio consensuado de selección, con el propósito de que los estudios seleccionados fueran pertinentes y aportaran información útil para la revisión.

Extracción y organización de datos. Para cada estudio se registraron, cuando estuvieron disponibles, autor y año, tipo de estudio, biopolímero, método o proceso de obtención, enfoque, aplicación alimentaria y principales propiedades funcionales. Para la síntesis comparativa se buscaron específicamente datos de resistencia a la tracción, elongación a la rotura, permeabilidad al oxígeno, permeabilidad al vapor de agua (WVP), actividad antioxidante o antimicrobiana y efecto sobre la conservación o vida útil. Los estudios se incorporaron a la tabla cuantitativa únicamente cuando el valor podía atribuirse directamente al artículo primario que generó el dato; los valores tomados de revisiones secundarias no se utilizaron



como datos experimentales.

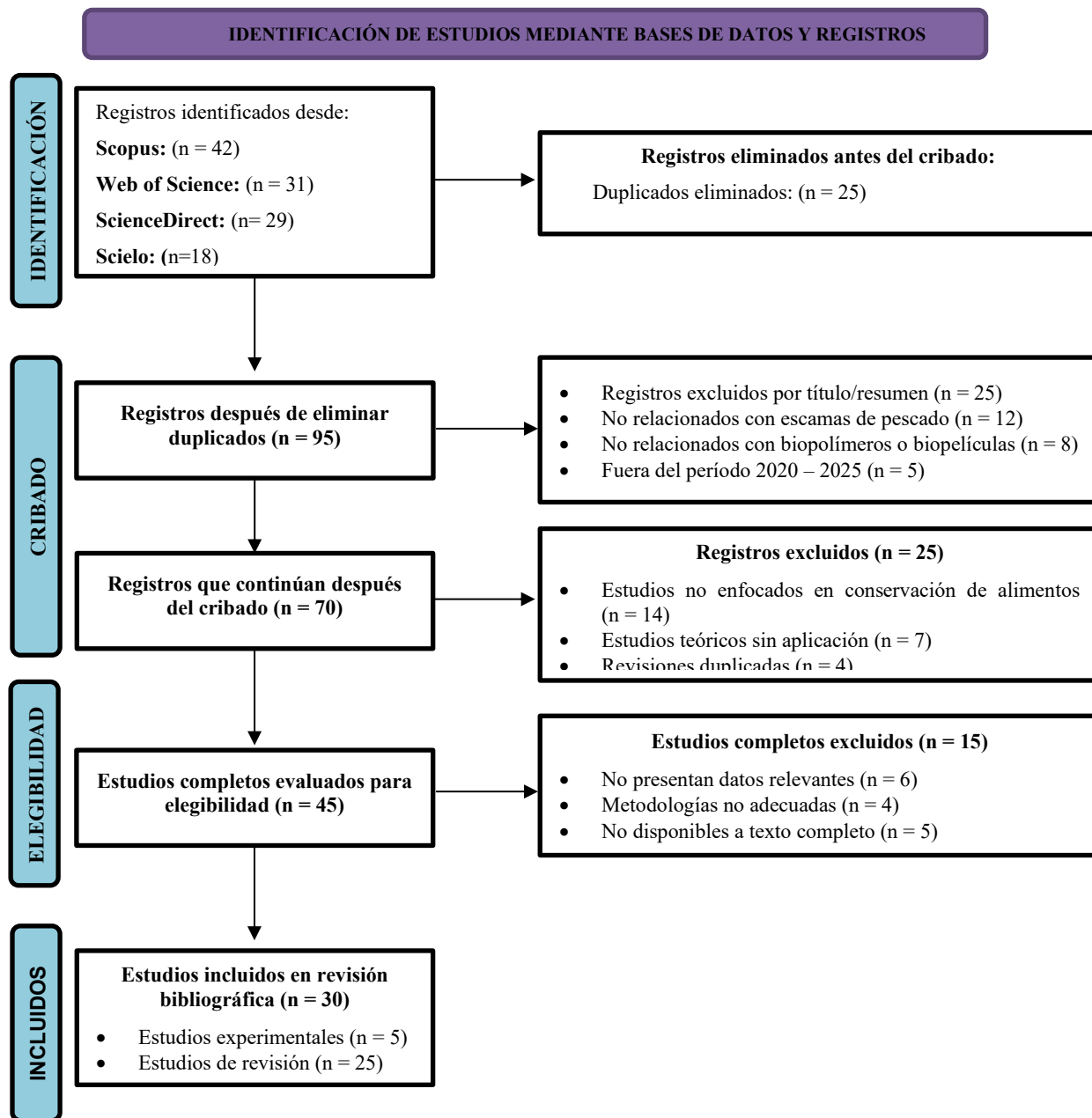
Construcción de las tablas. La Tabla 1 resume las características generales de los 30 estudios incluidos. La Tabla 2 organiza las variables extraídas y los hallazgos principales de los estudios. La Tabla 3 muestra resultados cuantitativos verificables de estudios experimentales primarios; por tanto, no se presentan como datos originales los rangos numéricos

provenientes de artículos de revisión.

Se analizaron 30 estudios tras aplicar los criterios de elegibilidad. La revisión de la naturaleza metodológica de cada documento permitió clasificar 5 estudios como investigaciones experimentales y 25 como revisiones. La Figura 1 presenta el diagrama de flujo con la metodología y constituye la base para la síntesis cualitativa del estado del conocimiento.

Figura 1

Diagrama de flujo con la metodología para la selección de estudios



Nota. Elaboración propia, (Page et al., 2021).



RESULTADOS

Se analizaron 30 estudios tras aplicar criterios de la metodología de revisión sistemática, los cuales presentaron diversidad en cuanto al tipo de investigación, biopolímeros abordados y sus aplicaciones, cuyas características se presentan en la Tabla 1. Predominan las revisiones (25 estudios), mientras que cinco trabajos presentan investigación experimental. En conjunto, la literatura coincide en el potencial de la gelatina y el colágeno derivados de subproductos pesqueros, para el desarrollo de materiales destinados al envasado y conservación de

alimentos; sin embargo, los diseños y variables evaluadas son heterogéneos, por lo que los resultados cuantitativos no deben combinarse sin considerar sus diferencias metodológicas.

Para la comparación de las propiedades funcionales se realizó una recopilación sistemática de las variables de interés. Se consideraron para la síntesis cuantitativa únicamente estudios experimentales primarios que reportaran valores directamente atribuibles a sus propios ensayos de caracterización de películas o materiales de interés alimentario.

Tabla 1.

Características generales de los estudios incluidos

Autor / Año	Tipo de estudio	Biopolímero	Enfoque	Aplicación
(Fu et al., 2021)	Experimental	Gelatina quitosano	+ Nanocompuestos	Frutas
(Jafari et al., 2020)	Revisión	Colágeno	Biomateriales	General
(Lionetto & Esposito, 2021)	Revisión	Biopolímeros	Packaging	Alimentos
(Qin et al., 2022)	Revisión	Colágeno	Extracción	Materiales
(Devi et al., 2024)	Revisión	Biopolímeros	Recubrimientos	Alimentos
(Zhan et al., 2024)	Revisión	Biopolímeros	Packaging	Industrial
(Gao et al., 2025)	Experimental	Gelatina alginato	+ Nanocompuesto	Fresas
(Makgobole et al., 2024)	Experimental	Colágeno	Optimización	Industrial
(Mottalib et al., 2024)	Experimental	Gelatina	Biodegradable	Packaging
(I. Oliveira et al., 2025)	Revisión	Biopolímeros	Sostenibilidad	Frutas
(Perera et al., 2023)	Revisión	Biopolímeros	Packaging	Alimentos
(Teixeira et al., 2025)	Revisión	Polímeros	Sostenibilidad	Packaging
(Jimenez-Champi et al., 2024)	Revisión	Biocompuestos	Valorización	Alimentos
(Karnwal et al., 2025)	Revisión	Biopolímeros	Conservación	Frutas
(Vanaraj et al., 2024)	Revisión	Recubrimientos	Shelf-life	Frutas
(L. Xia et al., 2025)	Revisión	Biopolímeros	Futuro	Packaging



Autor / Año	Tipo de estudio	Biopolímero	Enfoque	Aplicación
(Waqar et al., 2025)	Revisión	Subproductos	Bioactivos	Alimentos
(Rajabimashhadi et al., 2023)	Revisión	Colágeno	Propiedades	Biomaterial
(Lu et al., 2022)	Revisión	Gelatina	Aplicaciones	Packaging
(Rigueto et al., 2023)	Revisión	Residuos	Circularidad	Industria
(Caruso et al., 2020)	Revisión	Subproductos	Extracción	General
(Toniciolli Rigueto et al., 2022)	Revisión	Gelatina	Producción	Alimentos
(Perez-Vazquez et al., 2023)	Revisión	Recubrimientos	Shelf-life	Frutas
(Manjudevi et al., 2024)	Revisión	Escamas	Economía circular	Industria
(Nelluri et al., 2024)	Revisión	Residuos	Valor agregado	Industrial
(Oliveira et al., 2021)	Revisión	Colágeno	Caracterización	General
(Ramírez et al., 2020)	Experimental	Gelatina+quitosano	Nanocompuesto	Packaging
(Râpă & Popa, 2022)	Revisión	Biopolímeros	Clasificación	General
(Arshad et al., 2025)	Revisión	Biopolímeros	Seguridad	Packaging
(Ahmad et al., 2024)	Revisión	Colágeno	Funcionalidad	Alimentos

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 1 reúne 30 publicaciones del período 2020–2025, de las cuales 25 se clasifican como revisiones y 5 como estudios experimentales. Las publicaciones de 2024 y 2025 suman 16 registros, por lo que más de la mitad de los trabajos corresponde a los dos últimos años del período analizado. En cuanto a los materiales, se identifican estudios sobre colágeno, gelatina y otros biopolímeros, junto con trabajos de alcance más amplio sobre residuos y subproductos pesqueros.

Los enfoques registrados comprenden la extracción, caracterización y optimización de materiales, así como el desarrollo de nanocompuestos, recubrimientos y sistemas de envasado. También se incluyen trabajos sobre valorización, economía circular, sostenibilidad, seguridad y propiedades funcionales. Esta distribución muestra la coexistencia de investigaciones centradas

en la obtención y caracterización de los materiales y de estudios orientados a sus aplicaciones.

El análisis se enfoca en su mayoría en el uso de colágeno y gelatina provenientes de las escamas de pescado con potencial para desarrollar materiales sostenibles para la conservación de alimentos. De manera general los estudios predominantes son de tipo revisión, seguido de investigaciones experimentales con aplicaciones centradas en recubrimientos comestibles, empaques biodegradables y conservación de alimentos.

Para el análisis comparativo de las propiedades funcionales de las biopelículas, se realizó una síntesis de los estudios analizados detallados en la Tabla 2, y la Tabla 3 presenta los resultados cuantitativos verificables de los estudios experimentales primarios



que reportaron datos comparables de desempeño de biopelículas. Cuando una propiedad no fue reportada

o no pudo verificarse directamente en la fuente primaria, se consignó como 'No reportada.'

Tabla 2.

Síntesis de estudios analizados

Autor / Año	Método de extracción	Propiedades evaluadas	Hallazgo clave
(Fu et al., 2021)	Ácido + nanocompuesto	Mecánica, barrera, antimicrobiana	Mejora vida útil y reduce deterioro
(Jafari et al., 2020)	Variado	Estructural, funcional	Alta versatilidad del colágeno
(Lionetto & Esposito, 2021)	Diversos	Mecánicas, sostenibilidad	Alternativa a plásticos
(Qin et al., 2022)	Diversos; revisión	Estructura, composición y aplicaciones	Síntesis de biomateriales derivados de escamas
(Devi et al., 2024)	Variado	Barrera, mecánica	Mejora conservación
(Zhan et al., 2024)	Diversos	Funcionales	Potencial industrial alto
(Gao et al., 2025)	Diverso	Mecánica, barrera, antioxidantes, antimicrobiana	Mejoramiento en la resistencia al agua, reducción de WVP
(Makgobole et al., 2024)	Optimizado	Rendimiento	Mejora eficiencia extracción
(Mottalib et al., 2024)	Combinado	Mecánica, biodegradable	Material sostenible
(Oliveira et al., 2021)	Diversos	Barrera, sostenibilidad	Extiende vida útil
(Perera et al., 2023)	Diversos	Funcionales	Retos y oportunidades
(Teixeira et al., 2025)	Variado	Sostenibilidad	Clave en economía circular
(Jimenez-Champi et al., 2024)	Diverso	Funcional	Alto potencial valorización
(Karnwal et al., 2025)	Variado	Conservación	Mejora shelf-life
(Vanaraj et al., 2024)	Diverso	Barrera	Reduce deterioro
(L. Xia et al., 2025)	Diverso	Sostenibilidad	Futuro prometedor
(Waqar et al., 2025)	Diverso	Bioactivo	Potencial funcional alto
(Rajabimashhadi et al., 2023)	Diverso	Mecánico	Amplias aplicaciones
(Lu et al., 2022)	Variado	Funcional	Material versátil
(Rigueto et al., 2023)	Diverso	Circularidad	Valor agregado sostenible
(Perez-Vazquez et al., 2023)	Diverso	Barrera, conservación y calidad	Los recubrimientos comestibles pueden mejorar la vida útil de frutas y hortalizas.
(Manjudevi et al., 2024)	Diverso	Valorización y circularidad	Las escamas presentan potencial de valorización en esquemas de economía circular.
(Nelluri et al., 2024)	Diverso	Tecnologías de gestión y valorización.	Se sintetizan tecnologías convencionales y emergentes para aprovechar residuos



Autor / Año	Método de extracción	Propiedades evaluadas	Hallazgo clave
			pesqueros.
(Caruso et al., 2020)	Diverso	Biomoléculas y extracción.	Los residuos pesqueros constituyen fuentes de biomoléculas de valor agregado.
(Toniciolli Rigueto et al., 2022)	Diverso	Producción y caracterización de películas de gelatina.	La gelatina de residuos presenta potencial para películas aplicadas a conservación.
(Y. Xia et al., 2022)	Extracción de gelatina + formulación de matriz FSG/CTS; adición de LCP y sílice.	Mecánica, WVP, UV, antimicrobiana.	La incorporación de LCP mejoró absorción UV, flexibilidad y actividad antibacteriana; la sílice aumentó resistencia y tolerancia al agua y redujo la WVP.
(Râpă & Popa, 2022)	Diversos	Biopolímeros para películas y recubrimientos.	Síntesis de aplicaciones alimentarias de biopolímeros en películas y recubrimientos.
(Arshad et al., 2025)	Diversos	Seguridad y funcionalidad de películas/recubrimiento.	Los biopolímeros se presentan como alternativas biodegradables para envases alimentarios.
(Ahmad et al., 2024)	Diversos	Estructura y funcionalidad de colágeno/gelatina.	La estructura molecular condiciona las propiedades funcionales de estos biopolímeros.
(Oliveira et al., 2025)	Diversos	Sostenibilidad, barrera y conservación.	Analiza desafíos, perspectivas y beneficios de materiales bio-basados para frutas.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 2 presenta hallazgos sobre la obtención y caracterización de biopolímeros, la formulación de películas y su aplicación en alimentos. En los procedimientos registrados se identifican extracción en medio ácido, procesos combinados y métodos optimizados, mientras que otras entradas describen procedimientos diversos o variados. Las variables evaluadas comprenden el rendimiento de extracción, la estructura y funcionalidad del colágeno y la gelatina, las propiedades mecánicas y de barrera, la biodegradabilidad y las propiedades bioactivas.

En los trabajos sobre películas, los resultados consignados incluyen mejoras en resistencia, flexibilidad, tolerancia al agua y absorción de radiación ultravioleta, así como una menor permeabilidad al vapor de agua y la presencia de

actividad antibacteriana. Estas propiedades aparecen en diferentes combinaciones según la formulación descrita. Por su parte, los estudios centrados en la extracción y caracterización presentan resultados relativos a la recuperación de biomoléculas, el rendimiento de obtención y las características estructurales de los materiales.

En las aplicaciones alimentarias se registran mejoras de conservación, prolongación de la vida útil y reducción del deterioro, con aplicaciones en frutas y hortalizas. Otros registros se concentran en la producción de películas de gelatina y en las posibilidades de aprovechamiento de residuos pesqueros. De este modo, se distinguen resultados de caracterización de materiales, resultados de conservación y síntesis sobre valorización y



aplicaciones de los biopolímeros.

Tabla 3.

Comparación de propiedades y desempeño de biopelículas derivadas de escamas de pescado

Autor / Año	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Permeabilidad O ₂	WVP	Actividad bioactiva	Resultado clave
(Fu et al., 2021)	No se conserva: valor numérico no trazado en la fuente consultada.	No se conserva: valor numérico no trazado.	Barrera al O ₂ reportada cualitativamente.	No reportada en la fuente consultada.	Antimicrobiana	Película de gelatina de escamas + quitosano + nano CaCO ₃ ; prolongó >3 días la vida útil de longan y >5 días la de banana.
(Mottalib et al., 2024)	11.24–13.93	48.00–64.05	No reportada	No reportada	No reportada como ensayo específico en los datos verificados.	Películas gelatina quitosano con CNC; aumento de resistencia con CNC y biodegradación de 71–84% a 21 días.
(Qin et al., 2022)	87.50 (formulación FSG/CTS 7:3).	No conservada: valor no trazado en la fuente consultada.	No reportada	La incorporación de sílice redujo la WVP; no se conserva el valor numérico en la fuente consultada.	Antimicrobiana y UV	Película FSG/CTS/LCP/Si; la formulación optimizada alcanzó 87.50 MPa y presentó mejor resistencia al agua y baja WVP.
(Vanaraj et al., 2024)	No se conserva: valor numérico no trazado en la fuente consultada.	No se conserva: valor numérico no trazado en la fuente consultada.	No reportada	Reducción de la WVP y mejora de la resistencia al agua.	DPPH: 92,35 %; actividad antibacteriana frente a E. coli y S. aureus.	Película FSG/SA/CV@ZIF-8; prolongó la vida útil de fresas hasta 8 días en condiciones ambientales.
	No se conserva: valor numérico no trazado en la fuente consultada.	No se conserva: valor numérico no trazado.	Barrera al O ₂ reportada cualitativamente.	No reportada en la fuente consultada.		

Nota. Elaboración propia a partir de fuentes primarias verificadas. Se conservaron únicamente los valores que pudieron atribuirse directamente al estudio experimental correspondiente; cuando una cifra no pudo trazarse inequívocamente, se consignó como “No reportado”.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión es que las escamas de pescado permiten obtener biopolímeros con capacidad para formar películas funcionales, aunque la evidencia de conservación alimentaria depende de formulaciones y productos específicos. En la extracción, la diversidad de procedimientos recogidos impide identificar un método universalmente superior. Makgobole et al. (2024) analizaron condiciones de recuperación de colágeno de escamas mediante un diseño Taguchi, pero

señalaron que no realizaron un ensayo confirmatorio de las condiciones óptimas predichas. Su aporte se sitúa, por tanto, en la optimización del proceso y la caracterización del colágeno, sin demostrar desempeño alimentario. Esta distinción también permite interpretar los biopolímeros identificados: la gelatina deriva de la desnaturalización e hidrólisis parcial del colágeno y presenta propiedades filmógenas dependientes de su origen y procesamiento (Lu et al., 2022) .

Respecto de la comparación entre colágeno y gelatina,



los estudios incluidos no permiten afirmar que uno de los dos materiales sea universalmente superior para biopelículas comestibles. La gelatina aparece como una matriz filmógena recurrente y, en el estudio experimental de Mottalib et al. (2024), su combinación con cristales de celulosa y quitosano permitió alcanzar el 64.05% de elongación en las formulaciones evaluadas y hasta 13.93 MPa de resistencia a la tracción. Por su parte, Qin et al. (2022) es una revisión y no debe utilizarse para presentar valores experimentales propios.

Las propiedades mecánicas muestran que mejorar una característica no implica maximizar simultáneamente las demás. En Mottalib et al. (2024), la incorporación de nanocristales de celulosa incrementó la resistencia de las películas de gelatina de escamas y quitosano; no obstante, los valores máximos de resistencia y elongación correspondieron a formulaciones diferentes. Como comparación, Guerrero et al. (2020) observaron que aumentar la concentración de agentes de reticulación en películas de gelatina de escamas modificó de manera distinta la resistencia y la elongación. La formulación debe equilibrar las propiedades requeridas para su aplicación.

Xia et al. (2022) comunicaron mejoras en flexibilidad y actividad antibacteriana con quitina licuada, y en resistencia y barrera al vapor de agua con sal de sílice, dentro de una matriz de gelatina de escamas y quitosano. En estos sistemas compuestos, la hidrofiliidad de la gelatina condiciona su respuesta frente a la humedad, por lo que una barrera favorable al oxígeno no permite inferir una protección equivalente frente al vapor de agua (Lu et al., 2022) .

La funcionalidad antimicrobiana tampoco resulta uniforme. Fu et al. (2021) reportaron actividad antimicrobiana en películas de gelatina de escamas, quitosano y nanopartículas de carbonato de calcio. En

cambio, como antecedente experimental de contraste, Kord et al. (2024) mejoraron propiedades mecánicas, de barrera y antioxidantes mediante extracto de *Prosopis cineraria*, pero no observaron actividad antibacteriana frente a los microorganismos ensayados. Esta divergencia impide tratar la capacidad antioxidante y la antibacteriana como propiedades intercambiables, o atribuirles de manera general a cualquier película elaborada con gelatina de escamas.

La aplicación en alimentos aporta una evidencia distinta de la caracterización del material. Los ensayos de Fu et al. (2021) sobre longan y banana respaldan un efecto favorable de su formulación sobre la conservación de esos frutos frente al control. Su alcance no debe extenderse automáticamente a otros alimentos ni atribuirse exclusivamente a la gelatina. Por su parte, los ensayos mecánicos y de biodegradación de Mottalib et al. (2024) permiten valorar el material, pero no acreditan su eficacia durante el almacenamiento alimentario. Asimismo, la biodegradabilidad no demuestra comestibilidad: la aptitud de toda la formulación para el consumo y la seguridad de sus componentes requieren evaluación específica (Perera et al., 2023) .

El aprovechamiento de las escamas coincide con las oportunidades de valorización descritas por Riguetto et al. (2023) y con el enfoque de economía circular analizado por Manjudevi et al. (2024). Sin embargo, los resultados de esta revisión no incluyen comparaciones suficientes de costos, consumo de recursos o impactos ambientales que permitan afirmar una ventaja industrial o ecológica general. Su beneficio debe examinarse junto con las exigencias de extracción, formulación y aplicación.

Desde un enfoque de implementación, las principales limitaciones no están relacionadas únicamente a la obtención del biopolímero. También debe tenerse en



cuenta la variabilidad de la materia prima, los costos de procesamiento, la estabilidad del material, la reproducibilidad de las propiedades, el rendimiento del proceso y la necesidad de validar el comportamiento de las películas en alimentos reales. Zhan et al. (2024), Teixeira et al. (2025) y Waqar et al. (2025) coinciden en señalar que antes de alcanzar una adopción industrial amplia, la transición hacia soluciones bio-basadas requiere resolver barreras técnicas y económicas.

Las limitaciones de esta revisión afectan la solidez de esas inferencias. El predominio de revisiones sobre estudios experimentales, exige evitar que la reiteración de un mismo resultado en fuentes secundarias se interprete como evidencia independiente. La heterogeneidad de materias primas, formulaciones y métodos de ensayo dificulta las comparaciones directas; además, los datos no reportados en las tablas no equivalen a ausencia de efecto. El procedimiento descrito tampoco documenta una evaluación formal del riesgo de sesgo, lo que limita la valoración de la confianza en los hallazgos.

Los avances identificados sustentan la recuperación de colágeno, su aprovechamiento como gelatina y el desarrollo de películas con propiedades ajustables. La principal necesidad de investigación es conectar esos avances con pruebas comparables en alimentos. Para ello, conviene evaluar conjuntamente propiedades mecánicas y de barrera, estabilidad microbiológica, cambios fisicoquímicos, aceptación sensorial y seguridad bajo condiciones de almacenamiento definidas. Así se podrá precisar qué formulaciones ofrecen ventajas verificables para la conservación alimentaria.

CONCLUSIONES

La valorización de escamas de pescado representa una alternativa sostenible para el desarrollo de biopelículas comestibles destinadas a la conservación de alimentos, debido a su contenido de proteínas estructurales, principalmente colágeno, que puede ser aprovechado para la obtención de gelatina y el desarrollo de matrices filmógenas.

La literatura revisada del período 2020–2025 identificó el colágeno y la gelatina como los principales biopolímeros de interés derivados de las escamas de pescado. Los procedimientos de obtención descritos incluyeron extracción en medio ácido y procesos combinados u optimizados. Las diferencias entre los métodos y el detalle limitado de su descripción impidieron establecer la superioridad de un procedimiento de extracción.

La presencia de biopolímeros naturales confiere a estos materiales propiedades funcionales de interés para el desarrollo de sistemas de conservación de alimentos; sin embargo, su seguridad y aptitud para aplicaciones alimentarias deben validarse mediante estudios específicos de migración, estabilidad, inocuidad y aceptación sensorial.

La gelatina se empleó como matriz para películas compuestas con quitosano y otros componentes. En las formulaciones reforzadas con nanocristales de celulosa se registraron propiedades de resistencia y elongación, así como biodegradación; la incorporación de estos nanocristales aumentó la resistencia mecánica. Las películas de gelatina y quitosano con nanopartículas de carbonato de calcio presentaron actividad antimicrobiana y propiedades de barrera al oxígeno. Estos hallazgos corresponden a formulaciones específicas y no constituyen propiedades uniformes de todas las biopelículas.



Sin embargo, la variedad en los métodos de extracción, la falta de estandarización y los altos costos de procesamiento limitan su aplicación a gran escala. Por ello, las futuras investigaciones deben enfocarse en la optimización de procesos, evaluación en sistemas reales alimentarios y escalabilidad industrial.

El enfoque de economía circular fortalece la relevancia de este tipo de estudios, pues promueve la transformación de residuos en alternativas como las biopelículas comestibles para la conservación de los alimentos, contribuye a reducir la contaminación ambiental generada por estos residuos y ofrece soluciones innovadoras para la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. I., Li, Y., Pan, J., Liu, F., Dai, H., Fu, Y., Huang, T., Farooq, S., & Zhang, H. (2024). Collagen and gelatin: Structure, properties, and applications in food industry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 128037. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.128037>
- Arshad, M. T., Naveed, F., Rasheed, A., Ikram, A., Maqsood, S., Hossain, M. S., & Gnedeka, K. T. (2025). Biopolymer-based edible films and coatings: toward eco-friendly and safe food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(2). <https://doi.org/10.1093/IJFOOD/VVAF213>
- Caruso, G., Floris, R., Serangeli, C., & Di Paola, L. (2020). Fishery Wastes as a Yet Undiscovered Treasure from the Sea: Biomolecules Sources, Extraction Methods and Valorization. *Marine Drugs* 2020, Vol. 18, Page 622, 18(12), 622. <https://doi.org/10.3390/MD18120622>
- Devi, L. S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2024). Lipid incorporated biopolymer based edible films and coatings in food packaging: A review. *Current Research in Food Science*, 8, 100720. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2024.100720>
- Fu, B., Mei, S., Su, X., Chen, H., Zhu, J., Zheng, Z., Lin, H., Dai, C., Luque, R., & Yang, D. P. (2021). Integrating waste fish scale-derived gelatin and chitosan into edible nanocomposite film for perishable fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 1164–1174. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.09.171>
- Gao, Y., Xiong, Q., Li, R., Yang, H., & Liu, R. (2025). Designing fish scale gelatin microgel network by moderate pre-dispersion: A new attempt to construct a bigels-based pig fat analog. *Food Hydrocolloids*, 164, 111165. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2025.111165>
- Guerrero, P., Zugasti, I., Etxabide, A., Bao, H. N. D., Si, T. T., Peñalba, M., & de la Caba, K. (2020). Effect of Fructose and Ascorbic Acid on the Performance of Cross-Linked Fish Gelatin Films. *Polymers* 2020, Vol. 12, Page 570, 12(3), 570. <https://doi.org/10.3390/POLYM12030570>
- Jafari, H., Lista, A., Siekapien, M. M., Ghaffari-Bohlouli, P., Nie, L., Alimoradi, H., & Shavandi, A. (2020). Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering. *Polymers* 2020, Vol. 12, Page 2230, 12(10), 2230. <https://doi.org/10.3390/POLYM12102230>
- Jimenez-Champi, D., Romero-Orejón, F. L., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2024). The



- Revalorization of Fishery By-Products: Types, Bioactive Compounds, and Food Applications. *International Journal of Food Science*, 2024(1), 6624083. <https://doi.org/10.1155/2024/6624083>
- Karnwal, A., Kumar, G., Singh, R., Selvaraj, M., Malik, T., & Al Tawaha, A. R. M. (2025). Natural biopolymers in edible coatings: Applications in food preservation. *Food Chemistry: X*, 25, 102171. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2025.102171>
- Kord, Z., Taheri, A., Ghaffari, M., & Sharifian, S. (2024). Incorporation of Prosopis cineraria Extract Improved the Mechanical, Barrier and Antioxidant Properties but Not the Antibacterial Activity of Tigertooth croaker Fish Scale Gelatin Film. *Foods* 2024, Vol. 13, Page 538, 13(4), 538. <https://doi.org/10.3390/FOODS13040538>
- Lionetto, F., & Esposito Corcione, C. (2021). Recent Applications of Biopolymers Derived from Fish Industry Waste in Food Packaging. *Polymers* 2021, Vol. 13, Page 2337, 13(14), 2337. <https://doi.org/10.3390/POLYM13142337>
- Lu, Y., Luo, Q., Chu, Y., Tao, N., Deng, S., Wang, L., & Li, L. (2022). Application of Gelatin in Food Packaging: A Review. *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 436, 14(3), 436. <https://doi.org/10.3390/POLYM14030436>
- Makgobole, M. U., Onwubu, S. C., Baruwa, A., Mpofana, N., Obiechefu, Z., Naidoo, D., Khathi, A., & Mkhwanazi, B. (2024). Optimization of Collagen Extraction from Fish Scales Using Tris-Glycine Buffer: A Taguchi Methodological Approach. *Marine Drugs* 2024, Vol. 22, Page 562, 22(12), 562. <https://doi.org/10.3390/MD22120562>
- Manjudevi, M., Kamaraj, M., Aravind, J., & Wong, L. S. (2024). Application of the circular economy to fish scale waste. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 8, 100170. <https://doi.org/10.1016/J.SCENV.2024.100170>
- Mottalib, M. A., Islam, M. H., Dhar, M. C., Akhtar, K., & Goni, M. A. (2024). Preparation and Characterization of New Biodegradable Packaging Materials Based on Gelatin Extracted from Tenulosa ilisha Fish Scales with Cellulose Nanocrystals. *ACS Omega*, 9(52), 51175. <https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.4C07015>
- Nelluri, P., Kumar Rout, R., Kumar Tammineni, D., Joshi, T. J., & Sivaranjani, S. (2024). Technologies for management of fish waste & value addition. *Food and Humanity*, 2, 100228. <https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2024.100228>
- Oliveira, I., Pinto, T., Afonso, S., Karaś, M., Szymanowska, U., Gonçalves, B., & Vilela, A. (2025). Sustainability in Bio-Based Edible Films, Coatings, and Packaging for Small Fruits. *Applied Sciences* 2025, Vol. 15, Page 1462, 15(3), 1462. <https://doi.org/10.3390/APP15031462>
- Oliveira, V. de M., Assis, C. R. D., Costa, B. de A. M., Neri, R. C. de A., Monte, F. T., Freitas, H. M. S. da C. V., França, R. C. P., Santos, J., Bezerra, R. de S., & Porto, A. L. F. (2021). Physical, biochemical, densitometric and spectroscopic techniques for characterization collagen from alternative sources: A review based on the sustainable valorization of aquatic by-products. *Journal of Molecular Structure*, 1224, 129023. <https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2020.129023>



- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Perera, K. Y., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2023). Biopolymer-Based Sustainable Food Packaging Materials: Challenges, Solutions, and Applications. *Foods 2023*, Vol. 12, Page 2422, 12(12), 2422. <https://doi.org/10.3390/FOODS12122422>
- Perez-Vazquez, A., Barciela, P., Carpena, M., & Prieto, M. A. (2023). Edible Coatings as a Natural Packaging System to Improve Fruit and Vegetable Shelf Life and Quality. *Foods 2023*, Vol. 12, Page 3570, 12(19), 3570. <https://doi.org/10.3390/FOODS12193570>
- Qin, D., Bi, S., You, X., Wang, M., Cong, X., Yuan, C., Yu, M., Cheng, X., & Chen, X. G. (2022). Development and application of fish scale wastes as versatile natural biomaterials. *Chemical Engineering Journal*, 428, 131102. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.131102>
- Rajabimashhadi, Z., Gallo, N., Salvatore, L., & Lionetto, F. (2023). Collagen Derived from Fish Industry Waste: Progresses and Challenges. *Polymers 2023*, Vol. 15, Page 544, 15(3), 544. <https://doi.org/10.3390/POLYM15030544>
- Ramírez-Ramírez, J., Loya-Olguín, J., Ulloa, J., Rosas-Ulloa, P., Gutiérrez-Leyva, R., Silva-Carrillo, Y., Ramírez-Ramírez, J., Loya-Olguín, J., Ulloa, J., Rosas-Ulloa, P., Gutiérrez-Leyva, R., & Silva-Carrillo, Y. (2020). Aprovechamiento de desechos de pescado y cáscara de piña para producir ensilado biológico. *Abanico Veterinario*, 10. <https://doi.org/10.21929/ABAVET2020.29>
- Râpă, M., & Popa, E. E. (2022). Biopolymers for Edible Films and Coatings in Food Applications. *Handbook of Biopolymers*, 1–31. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6603-2_40-1
- Rigueto, C. V. T., de Oliveira, R., Gomes, K. S., Alessandretti, I., Nazari, M. T., Rosseto, M., Krein, D. D. C., Loss, R. A., & Dettmer, A. (2023). From waste to value-added products: A review of opportunities for fish waste valorization. *Environmental Quality Management*, 33(1), 203–221. <https://doi.org/10.1002/TQEM.22040>; WGROU P:STRING:PUBLICATION
- Teixeira, S. C., de Oliveira, T. V., de Fátima Ferreira Soares, N., & Raymundo-Pereira, P. A. (2025). Sustainable and biodegradable polymer packaging: Perspectives, challenges, and opportunities. *Food Chemistry*, 470, 142652. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.142652>
- Toniciolli Rigueto, C. V., Rosseto, M., Alessandretti, I., de Oliveira, R., Wohlmuth, D. A. R., Ferreira Menezes, J., Loss, R. A., Dettmer, A., & Pizzutti, I. R. (2022). Gelatin films from wastes: A review of production, characterization, and application trends in food preservation and agriculture. *Food Research International*, 162, 112114.



<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.1121>

<https://doi.org/10.3390/FOODS13132122>

14

Vanaraj, R., Suresh Kumar, S. M., Mayakrishnan, G., Rathinam, B., & Kim, S. C. (2024). A Current Trend in Efficient Biopolymer Coatings for Edible Fruits to Enhance Shelf Life. *Polymers* 2024, Vol. 16, Page 2639, 16(18), 2639. <https://doi.org/10.3390/POLYM16182639>

Waqar, M., Sajjad, N., Ullah, Q., Vasanthkumar, S. S., Ahmed, F., Panpipat, W., Aluko, R. E., Kaur, L., Chaijan, M., & Ageru, T. A. (2025). Fish By-Products Utilization in Food and Health: Extraction Technologies, Bioactive, and Sustainability Challenges. *Food Science and Nutrition*, 13(11), e71184. <https://doi.org/10.1002/FSN3.71184>;CTYPE:STRING:JOURNAL

Xia, L., Gui, T., Wang, J., Tian, H., Wang, Y., Ning, L., & Wu, L. (2025). Bio-Based Coatings: Progress, Challenges and Future Perspectives. *Polymers* 2025, Vol. 17, Page 3266, 17(24), 3266. <https://doi.org/10.3390/POLYM17243266>

Xia, Y., Meng, F., Wang, S., Li, P., Geng, C., Zhang, X., Zhou, Z., & Kong, F. (2022). Tough, antibacterial fish scale gelatin/chitosan film with excellent water vapor and UV-blocking performance comprising liquefied chitin and silica sol. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222, 3250–3260. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.10.097>

Zhan, Z., Feng, Y., Zhao, J., Qiao, M., & Jin, Q. (2024). Valorization of Seafood Waste for Food Packaging Development. *Foods* 2024, Vol. 13, Page 2122, 13(13), 2122.