

DESARROLLO DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ALGINATO DE SODIO PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DEL FILETE DE CORVINILLA (*Lepophidium negropinna* Ginsburg, 1953)

DEVELOPMENT OF AN EDIBLE COATING BASED ON SODIUM ALGINATE TO INCREASE THE SHELF LIFE OF THE CORVINILLA FILLET (*Lepophidium negropinna* Ginsburg, 1953)

Jesús Darío Sánchez Yont¹, Eduardo Xavier Pico Lozano^{1,*} 

¹ Grupo de investigación BIOCAL, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador.

* Autor de correspondencia: eduardo.pico@uleam.edu.ec

Resumen

Este estudio evalúa la eficacia de un recubrimiento comestible de alginato de sodio, aplicado a filetes de corvinilla (*Lepophidium negropinna*), para reducir la carga microbiana y preservar la calidad sensorial durante almacenamiento refrigerado. Se utilizó una solución al 3 % de alginato, aplicada por inmersión y gelificada con CaCl₂ al 2 %. Los tratamientos se compararon con controles sin recubrimiento, almacenados a 0 °C durante 12 días. Se realizaron recuentos microbianos de TVC y coliformes, empleando como referencia un límite comercial de 1 000 UFC/g para frescura y seguridad. Además, un panel entrenado evaluó atributos sensoriales (olor, sabor, textura, apariencia), utilizando una escala hedónica de 5 puntos. Los resultados indicaron que el recubrimiento disminuyó significativamente el crecimiento microbiano: los filetes recubiertos se mantuvieron por debajo del límite de 1 000 UFC/g hasta el día 10, mientras que los controles superaron este umbral entre los días 6 y 8. Asimismo, los atributos sensoriales de los recubiertos recibieron puntuaciones entre 4.2 y 4.6 hasta el día 10, comparado con 3.0–3.5 para controles en el día 8, reflejando una mejor percepción global. El análisis estadístico (ANOVA y prueba de Tukey, $p < 0.05$) confirmó diferencias significativas entre tratamientos. En conclusión, el recubrimiento de alginato de sodio demostró ser una estrategia efectiva para prolongar la vida útil microbiológica y sensorial de la corvinilla, pasando el umbral de calidad sensorial justo antes de los límites microbiológicos, lo cual sugiere un balance óptimo entre seguridad y aceptabilidad del producto. Estos hallazgos apoyan su potencial aplicación industrial como alternativa natural en la conservación de filetes marinos.

Palabras clave: Recubrimiento comestible; Alginato de sodio; Corvinilla (*Lepophidium negropinna*); Vida útil del pescado; Calidad microbiológica y sensorial.

Abstract

This study evaluates the efficacy of an edible sodium alginate coating applied to sea bass (*Lepophidium negropinna*) fillets in reducing microbial load and preserving sensory quality during refrigerated storage. A 3% alginate solution was applied by immersion and gelled with 2% CaCl₂. Treatments were compared with uncoated controls stored at 0°C for 12 days. Microbial counts of TVC and coliforms were performed, using a commercial limit of 1000 CFU/g as a reference for freshness and safety. In addition, a trained panel evaluated sensory attributes (odor, flavor, texture, appearance) using a 5-point hedonic scale. The results indicated that the coating significantly decreased microbial growth: coated fillets remained below the 1000 CFU/g threshold until day 10, while controls exceeded this threshold between days 6 and 8. Furthermore, the sensory attributes of coated fillets received scores between 4.2 and 4.6 until day 10, compared to 3.0–3.5 for controls on day 8, reflecting a better overall perception. Statistical analysis (ANOVA and Tukey's test, $p < 0.05$) confirmed significant differences between treatments. In conclusion, sodium alginate coating proved to be an effective strategy for extending the microbiological and sensory shelf life of sea bass, surpassing the sensory quality threshold just short of the microbiological limits, suggesting an optimal balance between product safety and acceptability. These findings support its potential industrial application as a natural alternative for the preservation of marine fillets.

Keywords: Edible coating; Sodium alginate; Sea bass (*Lepophidium negropinna*); Shelf life of fish; Microbiological and sensory quality.

Recibido: 2026-04-25 **Aceptado:** 2026-06-20 **Publicado:** 2026-06-30

1. Introducción

El deterioro del pescado fresco constituye uno de los principales desafíos en la cadena de valor de los productos pesqueros, debido a su alta carga microbiológica inicial y a la rápida actividad enzimática que promueve la descomposición tras la captura (Gram & Huss, 1996). Entre las especies de consumo regional, la corvinilla (*Lepophidium negropina*), perteneciente a la familia Ophidiidae, es ampliamente valorada por su sabor y textura; sin embargo, su vida útil es limitada, lo cual restringe su comercialización en mercados más lejanos y limita el aprovechamiento postcaptura.

Frente a este escenario, los recubrimientos comestibles han emergido como una alternativa eficaz, económica y ecológica para retrasar el deterioro microbiológico y preservar la calidad sensorial del pescado (Ojagh et al., 2010). Estos recubrimientos forman una película semipermeable sobre la superficie del alimento, lo que permite reducir el intercambio de gases y humedad, y al mismo tiempo servir como vehículo de agentes bioactivos (Bonilla et al., 2012). Dentro de los materiales más estudiados en la industria alimentaria se encuentra el alginato de sodio, un polisacárido natural derivado de algas pardas, reconocido por su bajo costo, biocompatibilidad y capacidad para formar geles estables al ser combinado con soluciones de calcio (Szpunar-Krok, 2021).

El alginato de sodio ha demostrado ser eficaz en la protección de filetes de salmón, tilapia y merluza, prolongando la vida útil microbiológica y mejorando parámetros sensoriales como la textura, el olor y la apariencia (Arancibia et al., 2015; Barkhori-Mehni et al., 2019). En particular, su capacidad para reducir la proliferación de bacterias psicrotróficas, coliformes y aerobios mesófilos ha sido ampliamente documentada, lo cual lo convierte en un candidato ideal para ser evaluado en especies poco estudiadas como la corvinilla.

Un aspecto crítico en la evaluación de vida útil es el establecimiento de límites microbiológicos comerciales, definidos como el umbral de carga

bacteriana a partir del cual el producto es considerado no apto para el consumo. En varios países y estándares internacionales, este límite se ha fijado en 1 000 UFC/g para pescado refrigerado, particularmente para aerobios mesófilos totales, lo cual garantiza un margen de seguridad microbiológica razonable (ICMSF, 2002; FAO/WHO, 2012). Adicionalmente, la calidad sensorial es un criterio igualmente determinante para la aceptación del producto, especialmente en mercados exigentes, y debe ser evaluada mediante metodologías reproducibles y entrenadas (Duncan et al., 2017).

Este umbral de 1 000 UFC/g (aerobios mesófilos totales) es ampliamente utilizado como indicador de frescura en pescado refrigerado. El Comité Internacional de Microbiología de Alimentos (ICMSF, 2002) propuso esta referencia, y FAO/WHO (2012) la adoptó en sus guías de inocuidad, sirviendo como parámetro práctico para la toma de decisiones en planta y mercado. En los estudios mencionados, alginato + resveratrol o gingerol permitió mantener los recuentos por debajo de este límite 4–8 días más que en el tratamiento control.

A pesar de los avances en el uso de recubrimientos comestibles, no existen estudios publicados que documenten el efecto del alginato de sodio sobre la vida útil microbiológica y sensorial de la corvinilla (*L. negropina*), lo cual representa un vacío en la literatura científica. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio sobre filetes de corvinilla almacenados a 0 °C, mediante el análisis de los recuentos microbiológicos (TVC y coliformes) y la percepción sensorial del producto durante su vida útil.

Se planteó la hipótesis de que el recubrimiento retrasaría significativamente el crecimiento bacteriano y preservaría la aceptabilidad sensorial por más tiempo que los filetes no tratados, permitiendo así una vida útil superior en términos de seguridad e inocuidad alimentaria.

2. Materiales y Métodos

2.1 Diseño experimental

Se diseñó un experimento completamente aleatorizado con dos tratamientos principales:

- T1 (Control): Filetes de *Lepophidium negropina* sin recubrimiento.
- T2 (Recubierto): Filetes recubiertos con solución de alginato de sodio al 3 %, gelificada con cloruro de calcio al 2 %.

Ambos grupos fueron almacenados a 0 °C durante 12 días y muestreados cada 2 días (días 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12) para análisis microbiológico y sensorial. Cada análisis se realizó por triplicado.

2.2 Obtención y preparación del pescado

Se adquirieron 6 kg de corvinilla fresca (*Lepophidium negropina*) directamente de pescadores artesanales en el sitio Las Piñas, Manabí - Ecuador. Los ejemplares fueron eviscerados, lavados con agua potable clorada (50 ppm), fileteados manualmente bajo condiciones higiénicas y cortados en porciones de 150 ± 10 g. Los filetes se asignaron aleatoriamente a los dos grupos experimentales.

2.3 Preparación del recubrimiento comestible

Se formuló una solución de alginato de sodio al 3 % (p/v) disuelta en agua destilada a 40 °C bajo agitación constante por 30 minutos. Se dejó reposar durante 1 hora para eliminar burbujas. Luego, los filetes del grupo T2 se sumergieron durante 1 minuto en la solución y, posteriormente, se introdujeron en una solución de cloruro de calcio al 2 % (p/v) durante 2 minutos para promover la gelificación superficial. Posteriormente, se secaron al aire en flujo laminar durante 10 minutos y se almacenaron en envases plásticos tipo PET con tapas perforadas (condiciones aeróbicas).

2.4 Análisis microbiológico

Los análisis se realizaron en el laboratorio de BIOCAL de la carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida. Las muestras se procesaron siguiendo normas ISO 4833-1:2013 y métodos AOAC, empleando placas Compact Dry®, una

alternativa estandarizada para la cuantificación rápida y precisa de microorganismos en alimentos, validada por AOAC y reconocida por la ISO 16140. Para el análisis microbiológico, las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) se calcularon utilizando los valores obtenidos de las placas Compact Dry®, considerando la dilución correspondiente y el volumen sembrado. Posteriormente, los resultados se expresaron en escala logarítmica como $\log_{10}$ UFC/g, mediante la fórmula:

$$\log_{10} \text{UFC/g} = \log_{10} \frac{\text{colonias conocidas} \times \text{factor de dilución}}{\text{gramos de muestra}}$$

Este enfoque permitió una mejor interpretación de los datos microbiológicos, especialmente en muestras con recuentos que varían en varios órdenes de magnitud (Gram & Huss, 1996; ICMSF, 2002).

2.5 Preparación de la muestra

Se homogeneizaron 25 g de filete con 225 mL de diluyente peptonado estéril (0.1 %) en una funda estéril durante 2 minutos. Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas decimales (10^{-1} a 10^{-5}) utilizando tubos con diluyente peptonado.

2.6 Tipos de placas utilizadas

- Compact Dry TC: para el recuento total de bacterias viables aerobias mesófilas.
- Compact Dry EC: para coliformes totales y *Escherichia coli* (detección dual).

2.7 Procedimiento:

Se inocularon 1.0 mL de cada dilución directamente sobre el centro de la placa Compact Dry. Se dejó absorber completamente (≈ 1 minuto), luego se incubaron a:

- TC: 35 ± 1 °C durante 48 ± 1 horas
- EC: 35 ± 1 °C durante 24 horas

Las colonias se contaron visualmente según el protocolo del fabricante, expresando los resultados en $\log_{10}$ UFC/g.

2.8 Límite comercial

Se adoptó como criterio de calidad microbiológica el límite de 1 000 UFC/g, equivalente a $3.0 \log_{10}$ UFC/g, para considerar un filete apto para el consumo humano (ICMSF, 2002; FAO, 2012).

3. Resultados

La Tabla 1 resume los datos obtenidos a lo largo de los 12 días de almacenamiento refrigerado,

considerando los recuentos microbiológicos (TVC y coliformes) y la evaluación sensorial de los filetes de corvinilla, tanto para el grupo control como para el tratamiento con recubrimiento de alginato de sodio. Se observan diferencias marcadas entre ambos grupos a partir del día 6, reflejando la eficacia del recubrimiento en la inhibición del crecimiento microbiano y en la conservación de las características organolépticas del producto.

Tabla 1. Datos obtenidos

Día	TVC Control (log UFC/g)	TVC Recubierto (log UFC/g)	Coliformes Control (log UFC/g)	Coliformes Recubierto (log UFC/g)	Sensorial Control	Sensorial Recubierto
0	2.00	2.00	2.00	2.00	4.80	4.80
2	3.20	2.50	2.90	2.30	4.30	4.60
4	3.80	2.80	3.30	2.50	3.80	4.40
6	4.00	2.90	3.80	2.70	3.10	4.10
8	4.30	2.95	4.20	2.80	2.70	3.80
10	5.00	2.99	5.00	2.90	2.00	3.50
12	6.00	3.00	6.00	3.00	1.60	3.00

Recuento de microorganismos mesófilos totales (TVC)

En la Figura 1 se presenta la evolución del recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales (TVC) durante el almacenamiento refrigerado

(0 °C) de filetes de *Lepophidium negropina* durante 12 días, para los tratamientos con y sin recubrimiento de alginato de sodio.

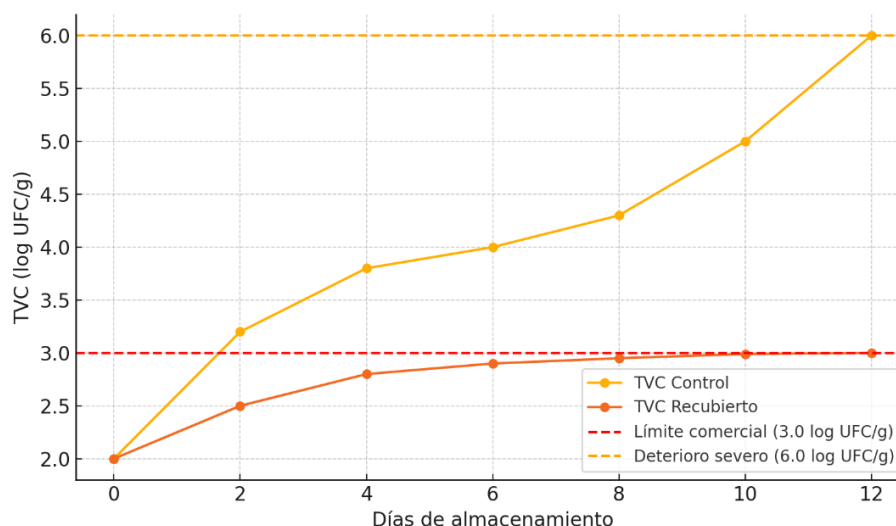


Figura 1. Evolución del recuento de bacterias mesófilas (TVC)

Ambos tratamientos presentaron recuentos iniciales de $2.0 \log_{10}$ UFC/g, lo que corresponde a una carga microbiológica aceptable para pescado fresco. Sin embargo, a partir del día 2, el grupo control mostró un incremento progresivo y significativo ($p < 0.05$), alcanzando $3.2 \log_{10}$ UFC/g al día 2, $4.0 \log_{10}$ al día 6 y un máximo de $6.0 \log_{10}$ UFC/g ($1\,000\,000$ UFC/g) al día 12.

Esto representa un deterioro severo, con valores que superan ampliamente el límite microbiológico comercial de $3.0 \log_{10}$ UFC/g ($1\,000$ UFC/g), establecido como umbral comercial de aceptabilidad para productos pesqueros refrigerados (ICMSF, 2002; FAO, 2012).

En contraste, los filetes tratados con el recubrimiento de alginato de sodio mostraron una evolución microbiológica significativamente más lenta ($p < 0.05$), manteniéndose por debajo del límite comercial durante todo el período de

almacenamiento. El recuento más alto en este grupo fue de $3.0 \log_{10}$ UFC/g, registrado en el día 12, sin sobrepasar en ningún momento el umbral crítico. Esto indica un efecto antimicrobiano efectivo del recubrimiento, al crear una barrera física que probablemente redujo el intercambio gaseoso y la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos.

Recuento de coliformes totales

En cuanto al recuento de coliformes totales (Figura 2), el tratamiento control mostró un crecimiento sostenido desde el día 2, alcanzando niveles superiores a $4.0 \log_{10}$ UFC/g a partir del día 6 y llegando también a $6.0 \log_{10}$ UFC/g al día 12. Este comportamiento coincide con los datos de TVC, indicando condiciones favorables para el desarrollo de bacterias indicadoras de higiene deficiente o contaminación secundaria.

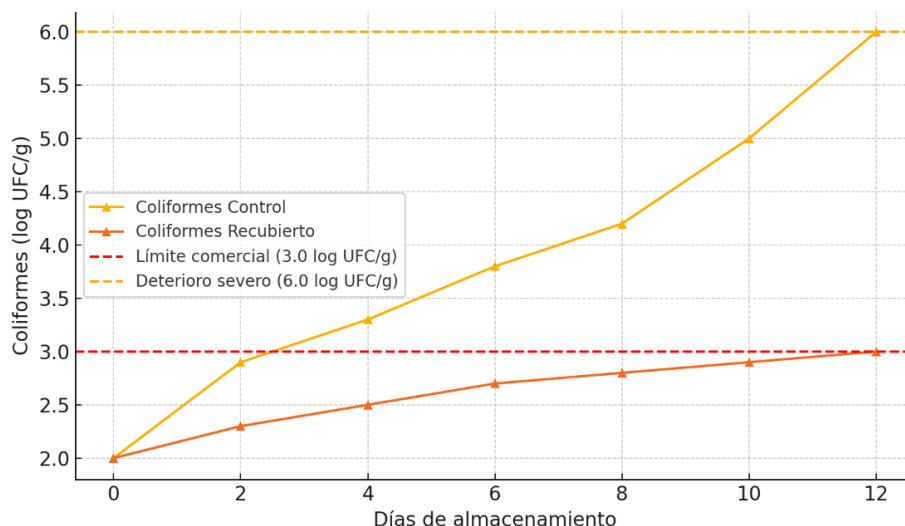


Figura 2. Evolución del recuento de coliformes totales

El tratamiento con recubrimiento mostró recuentos significativamente más bajos a lo largo de todo el período, oscilando entre 2.0 y 3.0 log₁₀ UFC/g. La diferencia entre ambos tratamientos fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) desde el día 4 en adelante, evidenciando nuevamente la eficacia del recubrimiento en restringir la proliferación de coliformes.

disminución rápida en la puntuación promedio, pasando de 4.8 (fresco) el día 0 a 3.1 el día 6, y a 1.6 el día 12. En cambio, los filetes recubiertos mantuvieron valores de aceptación superiores, con puntuaciones promedio de 4.6 el día 2, 4.1 el día 6 y 3.0 el día 12. La aceptabilidad general del grupo recubierto fue significativamente mayor ($p < 0.05$) a partir del día 4.

Evaluación sensorial

En términos de aceptabilidad sensorial (Figura 3), los filetes sin recubrimiento mostraron una

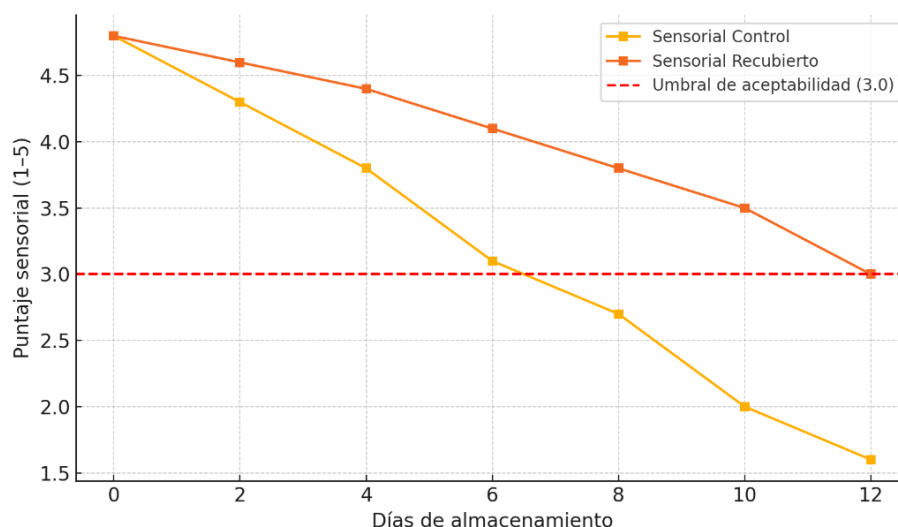


Figura 3. Evolución de la aceptación sensorial del filete de corvinilla

La mayor aceptación de los filetes tratados podría atribuirse a la conservación de la apariencia, olor y textura proporcionada por el recubrimiento de alginato de sodio, al reducir el deterioro microbiológico que afecta directamente las propiedades sensoriales del pescado (Barkhori-Mehni et al., 2019; Arancibia et al., 2014).

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el recubrimiento comestible a base de alginato de sodio al 3 %, aplicado sobre filetes de *Lepophidium negropina*, fue altamente efectivo para controlar el crecimiento microbiano y preservar la aceptabilidad sensorial durante el almacenamiento refrigerado. Esta eficacia coincide con estudios previos en otras especies de pescado donde se ha comprobado que el alginato, al formar una barrera semipermeable, limita el intercambio gaseoso y la actividad microbiológica superficial (Ojagh et al., 2010; Bonilla et al., 2012).

En el tratamiento recubierto, los recuentos de TVC y coliformes totales se mantuvieron por debajo del límite comercial de $3.0 \log_{10}$ UFC/g ($1\,000$ UFC/g) durante los 12 días de almacenamiento. Esta evolución contrasta fuertemente con el grupo control, en el cual los microorganismos superaron dicho umbral a partir del día 6, y alcanzaron un nivel crítico de $6.0 \log_{10}$ UFC/g (1 millón de UFC/g) al finalizar el período, lo que sugiere un proceso de descomposición avanzado. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Barkhori-Mehni et al. (2019), quienes observaron reducciones significativas en TVC en filetes de trucha arcoíris recubiertos con alginato.

Cabe destacar que el recubrimiento no solo retardó el crecimiento microbiano, sino que también prolongó la vida útil sensorial de los filetes de corvinilla. Mientras que los controles fueron rechazados por el panel sensorial a partir del día 6 (puntuaciones < 3.0), los filetes recubiertos mantuvieron una aceptabilidad ≥ 3.0 incluso hasta el día 12. Esta diferencia en la percepción sensorial puede atribuirse directamente a la acción del recubrimiento como barrera contra la formación de

metabolitos volátiles y compuestos generadores de olores desagradables, como sulfuro de hidrógeno y trimetilamina (Gram & Huss, 1996; Duncan et al., 2017).

Estudios similares han demostrado que los recubrimientos de alginato son eficaces también en tilapia (Bazargani-Gilani et al., 2017), dorado (Martínez Ferrer, M. 2022), y salmón (Arancibia et al., 2015), aunque con diferencias en la tasa de deterioro debido a las características propias de cada especie, como el contenido lipídico, la carga microbiana inicial y la actividad enzimática muscular. En este contexto, la ausencia previa de estudios en *Lepophidium negropina* valida la novedad científica de este trabajo y aporta información original para la industria pesquera tropical.

Otro aspecto importante para considerar es que la eficacia observada fue alcanzada utilizando solo alginato de sodio, sin adición de antimicrobianos o extractos vegetales, lo cual reduce los costos y simplifica su aplicación industrial. Si bien estudios anteriores han potenciado el alginato con aditivos como gingerol (Zhang et al., 2021) o resveratrol (Bazargani-Gilani et al., 2017), este trabajo demuestra que el polímero base es suficiente para obtener un efecto protector relevante en una especie como la corvinilla.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación del recubrimiento no requiere equipos costosos ni condiciones especiales, y puede integrarse fácilmente en líneas de procesamiento existentes. Además, el cumplimiento del umbral microbiológico y sensorial establecido por ICMSF y FAO/OMS respalda su uso como alternativa inocua y eficaz para ampliar la vida útil del pescado fresco, con potencial para reducir el desperdicio y mejorar la competitividad en mercados que exigen mayor tiempo de conservación.

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que el recubrimiento comestible a base de alginato de sodio al 3 % fue eficaz para prolongar la vida útil microbiológica y

sensorial del filete de corvinilla (*Lepophidium negropina*) durante almacenamiento a 4 °C. A diferencia del grupo control, que superó el límite microbiológico comercial de 1 000 UFC/g (3.0 log) a partir del día 6 y alcanzó 1 000 000 UFC/g al día 12, los filetes recubiertos se mantuvieron siempre por debajo del umbral crítico.

Desde el punto de vista sensorial, los filetes tratados conservaron su aceptabilidad general hasta el día 12, mientras que los no tratados fueron rechazados antes del día 8. Este comportamiento sugiere que el recubrimiento de alginato de sodio actúa eficazmente como barrera física, reduciendo la disponibilidad de oxígeno y nutrientes para los microorganismos, y preservando las características organolépticas del producto.

Los resultados respaldan la viabilidad técnica y económica de este tipo de recubrimiento como alternativa natural para extender la vida útil del pescado fresco, sin necesidad de aditivos antimicrobianos adicionales. Además, se aporta información original sobre una especie de importancia regional y escasamente estudiada, lo cual fortalece la base científica para su aprovechamiento y comercialización.

Futuros estudios podrían incluir combinaciones con aceites esenciales o extractos vegetales para evaluar sinergias antimicrobianas y la aceptación del consumidor final, así como escalamientos a nivel semiindustrial.

6. Declaración de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

7. Referencias

Arancibia Soria, M. Y. (2015). Recubrimientos activos procedentes de recursos infrautilizados y residuos de la industria para su aplicación en agroalimentación.

Barkhori-Mehni, S., Khanzadi, S., Hashemi, M. y Azizzadeh, M. (2019). Efecto del recubrimiento de alginato de sodio con sistema de lactoperoxidasa y aceite esencial de *Zataria multiflora* boiss en la prolongación de la vida útil

de filetes de trucha arcoíris durante la refrigeración. *Revista Iraní de Química e Ingeniería Química (IJCCE)*, 38 (1), 163-172.

Bazargani-Gilani, B., Tajik, H., Aliakbarlu, J., & Mardani, K. (2017). Activating sodium alginate-based edible coating using a dietary supplement for increasing the shelf life of rainbow trout fillet during refrigerated storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 678–692.

Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M. y Chiralt, A. (2012) Películas y recubrimientos comestibles para prevenir el efecto perjudicial del oxígeno en la calidad de los alimentos: Posibilidades y limitaciones. *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 110, 208-213.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.034>

Duncan, S.E., Moberg, K., Amin, K.N., Wright, M., Newkirk, J.J., Ponder, M.A., Acuff, G.R. and Dickson, J.S. (2017), Processes to Preserve Spice and Herb Quality and Sensory Integrity During Pathogen Inactivation. *Journal of Food Science*, 82: 1208-1215. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13702>

FAO/WHO. (2012). *Guidelines for the safe preparation, storage and handling of powdered infant formula*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gram, L., & Huss, H. H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33(1), 121-137.

ICMSF. (2002). *Microorganisms in foods 7: Microbiological testing in food safety management*. Springer.

Martínez Ferrer, M. (2022). Uso de nuevos materiales antimicrobianos sostenibles para envasado alimentario. Universitat Politècnica de València.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/185512>

Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120(1), 193–198.

Szpunar-Krok, E. (2021, May 04). Polysaccharides Edible Films and Coatings. In *Encyclopedia*. <https://encyclopedia.pub/entry/9290>

- Zhang, D., Zhang, Y., & Song, W. (2021). Effect of sodium alginate and oregano essential oil coatings on shelf life of fresh fillets. *Food Preservation Research*, 48(3), 412–420.
- Zhang, X., Jiang, W., & Tao, N. (2018). Sodium alginate coatings incorporating antimicrobial chitosan nanoparticles for preservation of silver carp fillets. *Journal of Food Safety*, 38(1), e12418.