

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.559>

Efecto del recubrimiento de alginato de sodio con gingerol para la conservación de filete de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*)

*Effect of sodium alginate coating with gingerol for the preservation of red tilapia fillet (*Oreochromis mossambicus*)*

Yamilet Estefanía Zambrano Mero

yamilet.zambrano6275@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-8616-5122>

Universidad Técnica de Cotopaxi

Ecuador – Cotopaxi

Sixto Xavier Armas Granja

sixto.armas8081@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-7338-6402>

Universidad Técnica de Cotopaxi

Ecuador – Cotopaxi

Marjorie Gissela Casco Toapanta

marjorie.casco7525@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9868-9023>

Universidad Técnica de Cotopaxi

Ecuador – Cotopaxi

Francisco Xavier Cardona González

panchotuma@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8136-2174>

Investigador Independiente

Ecuador – Cotopaxi

Artículo recibido: 20 octubre 2024 - Aceptado para publicación: 26 noviembre 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

Se evaluó el efecto del recubrimiento a base de alginato de sodio con diferentes concentraciones de gingerol (0%, 0.5%, 1%, y 1.5%) para prolongar la vida útil de la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) durante 21 días de almacenamiento en refrigeración; utilizando un diseño de bloques completamente al azar, donde se analizaron parámetros microbiológicos, fisicoquímicos, colorimétricos y sensoriales. Los resultados mostraron que el tratamiento tres (T3) con 1.5% de gingerol fue el más efectivo, reduciendo significativamente la carga microbiana de aerobios mesófilos (2.24 log UFC/g) y manteniendo la ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella*. Además, este tratamiento también presentó la mayor capacidad de retención de agua (20,11%), estabilidad del pH, niveles bajos de oxidación lipídica (< 0.1 meq o₂/kg) y TVB-N (17.54 mg/100 g al día 18). En cuanto a los valores de color indicaron estabilidad en los atributos visuales, mientras que el análisis sensorial reflejó una aceptación neutra por parte de los consumidores, demostrando que

el uso de alginato de sodio con gingerol al 1.5% es una manera efectiva para prolongar la calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial de los filetes de tilapia.

Palabras clave: gingerol, recubrimiento, conservación, tilapia, concentración

ABSTRACT

The effect of sodium alginate-based coating with different concentrations of gingerol (0%, 0.5%, 1%, and 1.5%) to prolong the shelf life of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) during 21 days of refrigerated storage was evaluated using a completely randomized block design, where microbiological, physicochemical, colorimetric, and sensory parameters were analyzed. The results showed that treatment three (T3) with 1.5% gingerol was the most effective, significantly reducing the microbial load of mesophilic aerobes (2.24 log CFU/g) and maintaining the absence of *Escherichia coli* and *Salmonella*. In addition, this treatment also presented the highest water holding capacity (20.11%), PH stability, low levels of lipid oxidation (< 0.1 meq o₂/kg) and TVB-N (17.54 mg/100 g at day 18). Color values indicated stability in visual attributes, while sensory analysis reflected a neutral acceptance by consumers, demonstrating that the use of sodium alginate with 1.5% gingerol is an effective way to prolong the microbiological, physicochemical and sensory quality of tilapia fillets.

Keywords: gingerol, coating, preservation, tilapia, concentration

INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis mossambicus*) es considerada como una de las especies invasoras (Lawson et al., 2015), esta fue introducida al Ecuador en el año 1965 como consecuencia del colapso en la industria del camarón por el acontecimiento del virus de la mancha blanca (Melo Benavides, 2022). El pescado es un producto altamente perecedero debido a su composición química, lo que los hace vulnerables a procesos de descomposición microbiana y oxidativa que reducen su vida útil y calidad organoléptica.

El deterioro del pescado se debe a diversos factores intrínsecos, como las variaciones en el pH, la rancidez lipídica, el alto contenido de lípidos y los elevados niveles de nitrógeno no proteico en el músculo, que favorecen el rápido crecimiento microbiano (FAO, 1998). Estos factores representan un desafío para la industria alimentaria, que busca desarrollar estrategias eficaces para conservar la frescura y prolongar la vida útil del pescado, sin comprometer su seguridad ni su calidad nutricional (Aguirre Arana, 2015).

En la actualidad los consumidores son cada vez más exigente (Mora Palma et al., 2021), prefieren optar por productos más "naturales", que no contengan aditivos sintéticos, saborizantes o colorantes artificiales, y que estén libres de conservantes químicos buscando productos con alta calidad sensorial y, sobre todo, frescos (Román et al., 2017).

Por otro lado, los recubrimientos comestibles han surgido como una solución eficaz para prolongar la vida útil de los productos frescos (Ramos Maquera Nicols Keshia Melanie et al., 2022). El alginato de sodio, un polisacárido derivado de algas, es ampliamente reconocido por sus propiedades formadoras de películas (Arturo Galindo Rodríguez et al., 2021), que actúan como una barrera protectora al reducir la pérdida de humedad y limitar el intercambio de gases, ralentizando así el deterioro (Herrera Silva, 2015). Además, la incorporación de compuestos bioactivos como el gingerol, un antioxidante y antimicrobiano presente en el jengibre, ofrece una protección adicional frente a la oxidación lipídica y el crecimiento microbiano.

El objetivo de este estudio fue evaluar cómo influye el recubrimiento de alginato de sodio combinado con gingerol, en concentraciones de 0.5%, 1% y 1.5%, sobre la calidad y el tiempo de conservación de los filetes de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) almacenados a 5°C. Para ello, se medirán varios parámetros, como el pH, la humedad, el color, el índice de peróxido, la oxidación de grasas y el nitrógeno básico volátil total (NBVT), además de la presencia de microorganismos que indican la calidad sanitaria, como *aerobios mesófilos*, *Salmonella spp.* y *E. coli*. pretendiendo ofrecer una alternativa natural y efectiva para prolongar la vida útil de los filetes de tilapia, contribuyendo al desarrollo de tecnologías de conservación más sostenibles y seguras para la industria pesquera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná. Las tilapias fueron adquiridas en una pescadería local, los ejemplares fueron fileteados, obteniendo dos secciones: una con la piel en la parte externa y la otra con tejido muscular en la parte interna. Posteriormente, estos fueron lavados cuidadosamente para eliminar cualquier resto de sangre o vísceras. Cada muestra, de aproximadamente 60 g, fue colocada en bolsas plásticas transparentes tipo Ziploc, y almacenadas a una temperatura de 5 ± 1 °C, hasta su análisis con el fin de mantener la cadena de frío.

Preparación del recubrimiento

Se preparó una solución de alginato de sodio al 2% (p/v) disolviendo 20 g de alginato en 1000 ml de agua destilada. A esta solución se añadieron las concentraciones correspondientes de gingerol según cada tratamiento (0%, 0.5%, 1.0% y 1.5%). La mezcla fue agitada utilizando un agitador magnético (Mtops Ms300h) a 200 RPM y a una temperatura de 150°C durante una hora, empleando una barra magnética para asegurar una disolución homogénea.

Aplicación del recubrimiento

Se seleccionaron tres filetes de 60g previamente lavados para cada tratamiento más el control. Los filetes se sumergieron en la solución de recubrimiento durante un minuto, formando una película delgada sobre su superficie. Posteriormente, se distribuyeron en bolsas plásticas transparentes tipo Ziploc, etiquetadas de acuerdo con cada tratamiento y posterior almacenamiento.

Estudio de almacenamiento

Estos análisis se realizaron en los días 0, 3, 6, 9, 12 y 15. Los filetes con el tratamiento que mantuvo por más tiempo las características fisicoquímicas (pH, humedad, color, %CRA) y microbiológicas durante los primeros 15 días de almacenamiento dentro de rangos aceptables, fueron sometidos a pruebas de grasa total, índice de peróxidos y Nitrógeno básico volátil total (NBVT) en los días 15, 18 y 21 de almacenamiento.

Análisis fisicoquímicos

pH

El pH inicial de los filetes de tilapia se midió utilizando un potenciómetro (Hanna Instruments pH 211 Microprocessor pH Meter with power source) utilizando una mezcla de 5 g de músculo en 50 ml de agua destilada.

Color

Para la evaluación de color se utilizó la metodología descrita por Pandia Estrada, (2020) registrando valores de L* de 0 a 100 (luminosidad), a* (intensidad de rojo) y b*(intensidad de amarillo), utilizando un colorímetro Lovinbond (LC 100 SV 100).

Humedad

La determinación de la humedad en los filetes de tilapia se realizó de acuerdo con el método AOAC 930.15, (2002). Se pesaron aproximadamente 5 g de muestra previamente homogenizada y se colocaron en cápsulas de aluminio previamente taradas. Las cápsulas con la muestra se introdujeron en una estufa a 105°C y se secaron hasta alcanzar un peso constante, para la lectura de resultados se utilizó la siguiente fórmula:

$$w = \frac{(mh - ms)}{(ms - mr)} \times 100$$

w= Humedad (%).

mh = Masa de recipiente más la muestra húmeda (g).

ms = masa del recipiente más la muestra seca (g).

mr = masa del recipiente (g)

%CRA

La capacidad de retención de agua (CRA), se realizó mediante el método descrito por Skipnes D. et al., (2007) para la determinación de la capacidad de retención del agua de muestras crudas, para la lectura de estos resultados se utilizó la siguiente formula:

$$\%CRA = 1 - \frac{wi - wf}{wi} * 100$$

Análisis microbiológicos

Para la determinación de aerobios mesófilos, se utilizó el medio de cultivo *Plate Count Agar* (PCA) siguiendo el método NTE INEN 1529-5, (2006); La detección de *Salmonella* en 25 g de muestra se llevó a cabo utilizando el método INEN 1529-15, (2013), mientras que el recuento de *Escherichia coli* se realizó mediante la técnica descrita en la AOAC 998.08, (2019), empleando placas *Petrifilm*.

Grasa total

La grasa total en los filetes de tilapia se determinó utilizando el método de hidrólisis ácida descrito en la AOAC 948.15, (1948), específico para grasa cruda en mariscos. Para ello, se pesaron 10 g de muestra previamente homogenizada y se colocaron en un matraz de hidrólisis. A continuación, se añadieron 5 ml de una solución de ácido clorhídrico, esta mezcla se sometió a baño maría con agua a 100°C durante 30 minutos para asegurar la completa hidrólisis de la muestra. Tras la hidrólisis, la solución fue filtrada y el residuo se lavó repetidamente con agua destilada caliente para eliminar trazas de ácido.

Índice de peróxido

Para la determinación del índice de peróxido en los filetes de tilapia, se siguió la metodología establecida en la AOAC 965.33. Se pesaron 5 g de filete de tilapia y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. A continuación, se añadieron 30 ml de una mezcla de ácido acético al 60% y cloroformo al 40%, asegurando que la muestra quedara completamente

sumergida en la solución. Posteriormente, se incorporaron 0.5 ml de una solución saturada de yoduro de potasio (KI) y el matraz se mantuvo en la oscuridad durante 5 minutos para permitir la reacción. Tras este tiempo, se añadieron 30 ml de agua destilada y la mezcla se tituló con una solución de tiosulfato de sodio 0.01 N. Se utilizó una solución de almidón al 1% (m/v) como indicador. Una vez completada la titulación, los resultados se expresaron en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{\text{Gasto } Na_2S_2O_3(\text{ml}) \times \text{Normalidad } Na_2S_2O_3(\text{eq/ml}) \times 1000}{\text{Peso de la muestra (g)}} = \text{meq/Kg}$$

Nitrógeno básico volátil total (NBVT)

La determinación del nitrógeno básico volátil total (NBVT) se realizó siguiendo el método descrito en la norma NTE INEN 0182, (2012). Para el análisis, se utilizaron 10 g de filete de tilapia, que fueron transferidos a un balón de destilación. A la muestra se le añadieron 300 ml de agua destilada y 2 g de óxido de magnesio. El balón se conectó inmediatamente al condensador y se llevó a destilación durante 25 minutos. Al finalizar el proceso, el destilado se recogió en ácido bórico al 3% y se tituló con ácido clorhídrico (0.05 N). Los resultados se expresaron en miligramos de nitrógeno por cada 100 g de muestra.

Evaluación sensorial

Los filetes con el tratamiento que mantuvo por más tiempo la vida útil, fueron evaluados por 80 panelistas no entrenados por duplicado para disminuir el error. Para ello, se utilizó una prueba de aceptación de atributos de color, olor y sabor con escala hedónica de 5 puntos, donde 1 representaba "Me desagrada extremadamente" y 5 "Me gusta extremadamente".

Análisis estadístico

Todos los experimentos se realizaron por triplicado para garantizar la confiabilidad de los resultados. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico STATGRAPHICS Centurion 19. Versión 19.6.04, bajo un diseño completamente aleatorio. Para determinar diferencias significativas entre las muestras, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples con separación de medias Tukey, considerando un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológico

En este estudio, se evaluó el efecto de los distintos tratamientos y del control sobre la carga microbiana de aerobios mesófilos, mediante análisis de recuento en placa realizados cada tres días, así como la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella*. Los resultados obtenidos durante el período de almacenamiento de 15 días se presentan en la Tabla 1

Tabla 1*Evaluación microbiológica expresados en (log ufc/g) para los distintos tratamientos*

Tratamientos	Concentración (%)	Microorganismo (UFC/g)		
		Recuento total aerobios mesófilos (log UFC/g)	Recuento total <i>E. coli</i> (log UFC/g)	<i>Salmonella</i> (presencia/ausencia 25 g)
C	0	2.84 ± 0.029 ^c	Ausencia	Ausencia
T1	0.5	2.49 ± 0.029 ^b	Ausencia	Ausencia
T2	1	2.32 ± 0.030 ^a	Ausencia	Ausencia
T3	1.5	2.24 ± 0.028 ^a	Ausencia	Ausencia

Cada valor representa la media aritmética ± y la desviación estándar (SD). Las letras diferentes en cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

El tratamiento con la concentración de 1.5% de gingerol presentó el menor recuento promedio de mesófilos aeróbicos (2.24 Log UFC/g), seguido del tratamiento con 1% (2.32 Log UFC/g); por otro lado, el control (0%) registró el valor más alto, con un promedio de 2.84 Log UFC/g. mostrando una diferencia significativa con respecto a los tratamientos con concentraciones de 1% y 1.5%, lo que resalta la efectividad de los recubrimientos en la reducción de la carga microbiana.

Las variaciones observadas en la carga microbiana total durante el período de almacenamiento pueden atribuirse a la acción del recubrimiento como una barrera física contra la transferencia de oxígeno, lo que inhibe el crecimiento de bacterias aeróbicas Song et al., (2011). Además, investigaciones previas Manayay Vargas & Serquen Gonzales, (2022), señalan que concentraciones bajas de compuestos bioactivos afectan la actividad enzimática y el metabolismo energético de las bacterias, mientras que concentraciones más elevadas desnaturalizan sus proteínas, modifican su estructura y alteran la permeabilidad de las paredes y membranas celulares.

Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos en los tratamientos con 1% y 1.5% de gingerol, los cuales registraron los valores más bajos de aerobios mesófilos en los filetes de tilapia durante el almacenamiento, demostrando su mayor eficacia en la inhibición microbiana. En contraste, el tratamiento con 0.5% tuvo un efecto intermedio, y el control, sin recubrimiento, mostró una mayor susceptibilidad al crecimiento bacteriano.

Además, no se detectó la presencia de microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella* en ninguno de los tratamientos. Esto puede atribuirse a la implementación de buenas prácticas de manufactura aplicada a la manipulación de esta materia prima.

Análisis físicos químicos

La Tabla 2 presenta el resumen de los resultados correspondiente a los indicadores fisicoquímicos evaluados durante el periodo de almacenamientos 15 días para los distintos tratamientos con diferentes concentraciones de gingerol, evidenciando una variabilidad intrínseca

en cada uno de ellos, influenciada por factores externos. Los valores de porcentaje de humedad obtenidos fueron consistentes con los reportados por Manayay Vargas & Serquen Gonzales, (2022) para la especie de pescado caballa (*Scomber japonicus peruanus*) fresca refrigerada durante 5 días de almacenamiento. Sin embargo, el tratamiento con 1.5% de gingerol mostró una diferencia significativa en los valores de humedad, lo que se asocia con la capacidad de retención de agua (CRA).

Tabla 2

Capacidad de retención de agua (CRA), Ph y Humedad en los distintos tratamientos

Tratamiento	(%) Concentración	% CRA	pH	% Humedad
C	0	8.57 ± 0.285 ^a	6.60 ± 0.016 ^d	77,33 ± 0,60 ^a
T1	0.5	13.87 ± 0.285 ^c	6.53 ± 0.016 ^c	77,16 ± 0,60 ^a
T2	1	11.18 ± 0.297 ^b	6.49 ± 0.016 ^b	77,33 ± 0,60 ^a
T3	1.5	20.11 ± 0.285 ^d	6.33 ± 0.016 ^a	80,83 ± 0,60 ^b

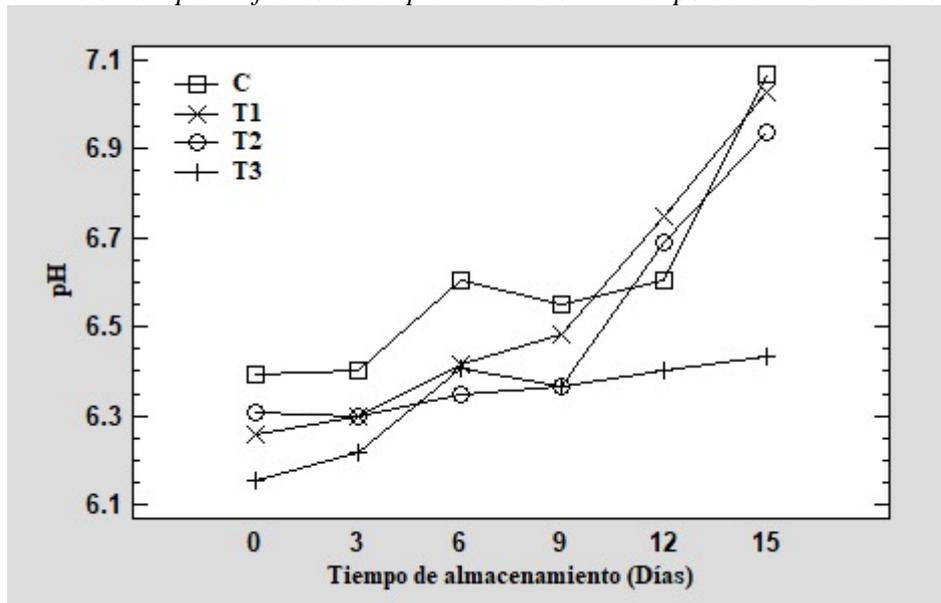
Cada valor representa la media aritmética ± y la desviación estándar (SD). Letras diferentes en cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian diferencias significativas en la capacidad de retención de agua (CRA) y el pH entre los tratamientos. El tratamiento de 1.5% de gingerol mostró la mayor CRA, con un promedio de 20.11%, mientras que el control registró el menor porcentaje con una media de 8.57 % de CRA.

De acuerdo con Rengifo Gonzales & Ordóñez Gómez, (2010), una baja CRA está estrechamente relacionada con el pH de la muestra. En este sentido, Henrik Huss (1988) señala que la capacidad de retención de agua en el músculo del pescado tiende a disminuir durante períodos prolongados de almacenamiento debido a cambios estructurales en las proteínas musculares, que afectan la capacidad del tejido para retener agua.

Figura 1

Variación del pH en filetes de tilapia en relación al tiempo de almacenamiento



Los valores de pH en el control experimentaron cambios significativos a lo largo del período de almacenamiento, tal como se observa en la figura 1, alcanzando un pH de 7.07 al día 15 en los filetes con sin recubrimiento y con 0,5% de gingerol; este aumento puede atribuirse a la actividad de enzimas endógenas y microbianas, responsables de la producción de compuestos volátiles básicos, tal como lo señala Bazargani-Gilani et al., (2015), reflejando los procesos químicos y fisiológicos que ocurren tras la muerte del pescado, como la acumulación de ácido láctico, producto final de la glucólisis anaeróbica Veciana Nogués María Teresa, (1991), representando un equilibrio dinámico entre la acidificación inicial y la posterior alcalinización causada por la degradación proteica y la formación de compuestos básicos volátiles (Kirschnik & Macedo-viegas, 2009). Por otro lado, el tratamiento con 1.5% de concentración presentó mayor estabilidad, manteniendo los valores de pH cercanos a los niveles iniciales, reflejando su capacidad para retardar el deterioro del pescado.

Evaluación de color

La Tabla 3 presenta los valores obtenidos para los parámetros de color: Luminosidad (L), índice rojo-verde (a^*), índice amarillo-azul (b^*) y Delta E (ΔE), el cual refleja la diferencia total de color durante el período de almacenamiento

Tabla 3

Valores L^ , a^* y b^* de los filetes de tilapia para los distintos tratamientos durante el almacenamiento*

Tratamiento	(%) Concentración	L^*	a^*	b^*	ΔE
C	0	63.06 ± 1.356 ^a	1.6 ± 0.94 ^a	5.36 ± 0,785 ^a	39.69 ± 1.38 ^a
T1	0.5	58.66 ± 1.356 ^a	5.37 ± 0.94 ^b	12.35 ± 0,785 ^b	43.88.69 ± 1.38 ^b
T2	1	60.95 ± 1.411 ^a	1.38 ± 0.98 ^a	7.92 ± 0,817 ^a	41.66 ± 1.44 ^{ab}
T3	1.5	63.06 ± 1.356 ^a	0.09 ± 0.94 ^a	6.47 ± 0,785 ^a	37.79 ± 1.38 ^{ab}

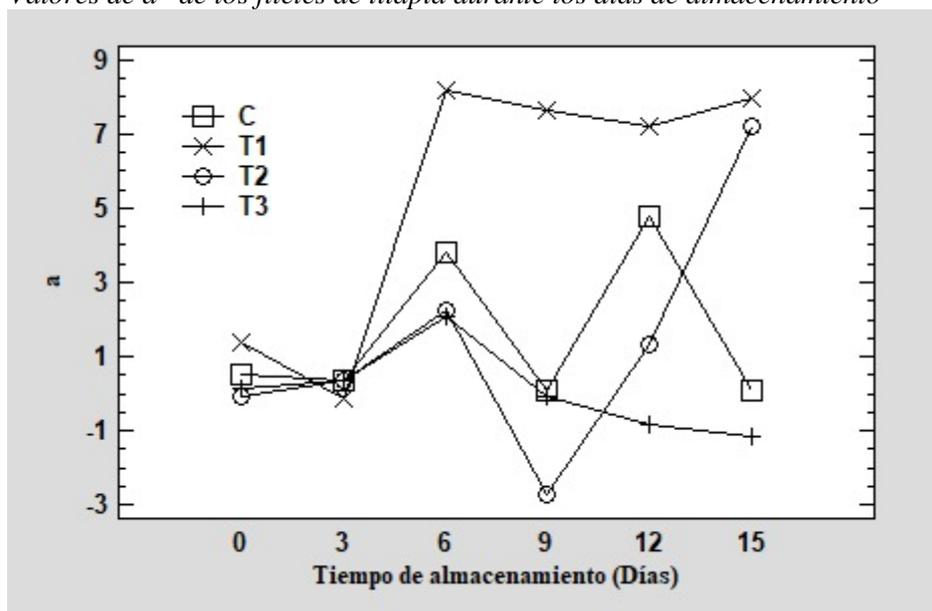
Cada valor representa la media aritmética ± y la desviación estándar (SD). Letras diferentes en cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Los valores de Luminosidad (L) de los filetes de tilapia no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en la Tabla 3 se observa que el Tratamiento 2 registró el valor más alto de ΔE (43.88), lo que indica una mayor diferencia de color en comparación con los otros tratamientos. Por otro lado, el control y el Tratamiento 3 presentaron los valores más bajos de ΔE , sugiriendo una mayor estabilidad del color a lo largo del tiempo.

En cuanto al índice a^* (rojo), los tratamientos con 0.5% y 1% de gingerol presentaron un aumento positivo en los valores de (a^*), como se puede observar en la gráfica 2, lo que indica un mayor enrojecimiento en las muestras. Este fenómeno coincide con los hallazgos de Wetterskog & Undeland, (2004), quienes mencionan que los cambios en a^* están asociados al desarrollo de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) durante el almacenamiento, reflejando la progresión de la oxidación lipídica.

Figura 2

Valores de a^* de los filetes de tilapia durante los días de almacenamiento

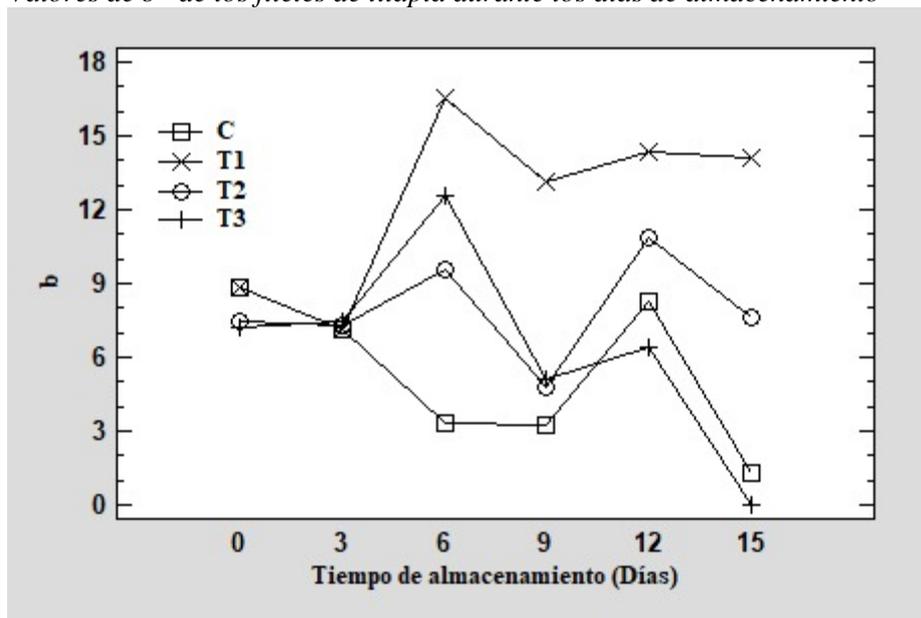


Por otro lado, el control y el tratamiento con 1.5% de gingerol presentaron valores negativos de ($-a^*$), lo que sugiere una menor intensidad de color rojo. Esto puede atribuirse al procesamiento, ya que el sangrado del pescado se realizó poco después del sacrificio, dejando menos músculo rojo en las muestras. Zhao et al., (2017) también observaron valores negativos de (a^*) en pescados procesados y asociaron este fenómeno con la eliminación insuficiente de tejido muscular rojo durante el sacrificio.

Respecto al índice b (amarillo-azul), los tratamientos 0.5% y 1% de gingerol mostraron valores más altos en comparación con el control y el tratamiento con 1.5%, los cuales presentaron valores más bajos como lo indica la figura 3. Este comportamiento está relacionado con la oxidación lipídica, ya que los productos secundarios de oxidación, como los aldehídos, pueden contribuir a la formación de compuestos carbonílicos que intervienen en reacciones de Maillard. Jouki et al., (2014) demostraron que los recubrimientos con compuestos antioxidantes ayudan a prevenir la oxidación lipídica y, en consecuencia, retrasan los cambios de color asociados.

Figura 3

Valores de b^* de los filetes de tilapia durante los días de almacenamiento



Índice de peróxido, grasa y nitrógeno básico volátil total

La Tabla 4 presenta los valores del índice de peróxido (IP), porcentaje de grasa y nitrógeno básico volátil total (TVB-N) en los filetes de tilapia tratados con una concentración de 1.5% de gingerol. Este tratamiento demostró una notable estabilidad en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos a lo largo del período de almacenamiento, destacándose por su capacidad para preservar la calidad del producto.

Tabla 4

Cambios en valor de peróxido (meq O₂/kg), índice de grasa y TVB-N para el tratamiento con 1.5% de gingerol a partir del día 15 de almacenamiento

Días	Índice de peróxido (meq O ₂ /kg)	Índice de grasa (%)	TVB-N (mg/100)
15	>0.1 ^a	8.96 ± 0.35 ^a	9.10 ± 1.63 ^a
18	>0.1 ^a	9.60 ± 0.35 ^{ab}	17.54 ± 1.63 ^b
21	>0.1 ^a	10.72 ± 0.35 ^b	25.67 ± 1.63 ^c

Cada valor representa la media aritmética ± y la desviación estándar (SD). Letras diferentes en cada columna indican una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

A los 15 días de almacenamiento, se realizaron análisis detallados para evaluar la estabilidad y calidad de los filetes tratados con esta concentración. Los resultados indicaron que la oxidación fue <0.1 , lo que refleja niveles mínimos de oxidación lipídica, este bajo nivel de oxidación puede atribuirse al efecto protector del recubrimiento de alginato de sodio con gingerol, el cual contiene compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, que inhiben la oxidación de lípidos y protegen las membranas celulares Varasteh et al., (2012).

Según estudios previos realizado por Mao et al., (2019), los compuestos fenólicos presentes en el gingerol actúan como agentes quelantes de radicales libres, los cuales reducen la formación

de peróxidos lipídicos, lo que mejora la estabilidad oxidativa del pescado durante el tiempo de almacenamiento.

En cuanto al porcentaje de grasa, los valores se mantuvieron relativamente constantes, sin cambios significativos hasta el día 21 de almacenamiento. Esto refleja la capacidad del recubrimiento para minimizar la pérdida de grasa y prevenir reacciones de oxidación secundaria.

Los valores de nitrógeno básico volátil total (TVB-N) evolucionaron de manera gradual durante el almacenamiento. En el día 15, el tratamiento con 1.5% de gingerol (T3) presentó un valor de 9.10 mg/100 g, considerado bajo y dentro de los límites de frescura aceptados. Para el día 18, este valor aumentó moderadamente a 17.54 mg/100 g, sin embargo, en el día 21, se observó un incremento significativo, alcanzando 25.67 mg/100 g, aunque este valor se mantuvo por debajo del límite crítico de 30 mg/100 g, el cual es reconocido como indicador de deterioro, según Song et al., (2011). Esto sugiere que los filetes de tilapia tratados con 1.5% de gingerol aún podían clasificarse como frescos a los 21 días de almacenamiento refrigerado.

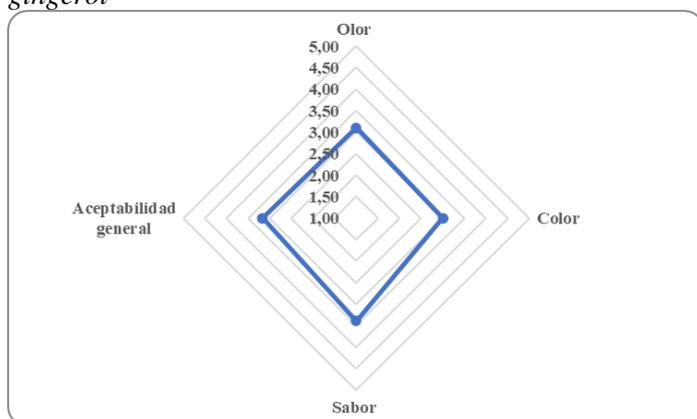
Kilinceker et al., (2009), indicaron que los niveles bajos de TVB-N están asociados con una menor capacidad de las bacterias para realizar desaminaciones oxidativas de compuestos nitrogenados no proteicos, lo que impacta de forma positiva en la calidad del pescado. En este estudio, el recubrimiento de alginato de sodio enriquecido con gingerol al 1.5% inhibió eficazmente la degradación proteica, reduciendo la formación de compuestos nitrogenados volátiles y ralentizando los procesos microbiológicos que conducen al deterioro.

Análisis sensorial

Se evaluó la muestra correspondiente al mejor tratamiento, (1.5% de gingerol), obteniendo una aceptación general promedio de 3, lo que indica que los atributos evaluados fueron percibidos como indiferentes por los consumidores, lo que nos indica la efectividad del recubrimiento con gingerol al 1.5% en la conservación de los atributos sensoriales del producto ya que no los altera su percepción por parte de los consumidores.

Figura 2

Perfil de aceptación sensorial de los filetes con recubrimiento de alginato de sodio y 1.5% de gingerol



CONCLUSIONES

El recubrimiento de alginato de sodio con gingerol al 1.5% demostró ser la concentración óptima para la conservación de filetes de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*), evidenciado principalmente por su capacidad superior para mantener un pH estable, junto con su efectividad para controlar el crecimiento microbiano, manteniendo niveles seguros de mesófilos aerobios 2.24 Log UFC/g y ausencia para *E coli* y *Salmonella* hasta el día 15 de almacenamiento.

La evaluación temporal de los parámetros de calidad demostró que el recubrimiento al 1.5% fue particularmente efectivo en prevenir la oxidación lipídica, manteniendo el índice de peróxido consistentemente bajo (<0.1 meq O_2/g). Además, el contenido de humedad permaneció estable (80.83%), lo que sugiere que el recubrimiento contribuye a preservar las características organolépticas naturales del producto. No obstante, el incremento progresivo del TVB-N, de 9.10 a 25.65 mg/100g entre los días 15 y 21, se identificó como un factor limitante clave para la vida útil del producto.

REFERENCIAS

- Aguirre Arana, D. J. (2015). *Calidad de la carne de tilapia (Oreochromis Niloticus) bajo diferentes métodos y tiempos de conservación.*
- AOAC 930.15. (2002). *Determination of Moisture and Fat in Meats.*
- AOAC 948.15. (1948). *Fat (crude) in seafood. Acid hydrolysis method.*
- AOAC 998.08. (2019). *Instructivo Técnico para el recuento de Coliformes y E. coli mediante técnica de petrifilm.*
- Arturo Galindo Rodríguez, S., Mauricio Piña-Barrera, A., Saraí Ramírez Pérez, M., Álvarez Román, R., Gabriel Báez González, J., & Abel Amaya Guerra, C. (2021). *Recubrimiento comestible a base de alginato en combinación con eugenol nanoencapsulado y su efecto conservador en la vida útil de jitomate (Solanum lycopersicum).* 133–139. <http://biotecnia.unison.mx>
- Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J., & Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.007>
- Chéret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., & Lamballerie, M. de. (2005). Effects of High Pressure on Texture and Microstructure of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fillets. *Journal of Food Science*, 70(8). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11518.x>
- FAO. (1998). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad.* <https://www.fao.org/4/v7180s/v7180s06.htm>
- Herrera Silva, M. (2015). *Caracterización óptica, porcentaje de humedad, solubilidad y permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles compuestas a base de alginato, goma aguar.* [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- INEN 1529-15. (2013). *Control microbiológico de los alimentos; salmonella. método de detección.*
- Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., Koocheki, A., & Khazaei, N. (2014). Use of quince seed mucilage edible films containing natural preservatives to enhance physico-chemical quality of rainbow trout fillets during cold storage. *Food Science and Human Wellness*, 3(2), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2014.05.002>
- Kilinceker, O., Dogan, İ. S., & Kucukoner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 42(4), 868–873. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.11.003>
- Kirschnik, P. G., & Macedo-viegas, E. M. (2009). Efeito da lavagem e da adição de aditivos sobre a estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

- durante estocagem a -18 °C. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 200–206. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100031>
- Lawson, L., Hill, J., Hardin, S., Vilizzi, L., & Copp, G. (2015). Evaluation of the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK v2) for peninsular Florida. *Management of Biological Invasions*, 6(4), 413–422. <https://doi.org/10.3391/mbi.2015.6.4.09>
- Manayay Vargas, L. A., & Serquen Gonzales, C. M. (2022). *Efecto de la oleorresina de jengibre (Zingiber officinale) sobre el estado de frescura de la caballa (Scomber japonicus peruanus) refrigerada* [TESIS]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Mao, Q.-Q., Xu, X.-Y., Cao, S.-Y., Gan, R.-Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H.-B. (2019). Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, 8(6), 185. <https://doi.org/10.3390/foods8060185>
- Melo Benavides, J. L. (2022). *Estudio de la densidad óptima para la crianza de tilapia roja (Oreochromis sp) en la parroquia Fátima, Provincia y cantón Pastaza*".
- Mora Palma, R. M., Feregrino Pérez, A. A., & Contreras Padilla, M. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605–4625. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644
- NTE INEN 0182. (2012). *Conservas envasadas de pescado determinación del contenido de nitrógeno*.
- NTE INEN 1529-5. (2006). *Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. rep.*
- Pandia Estrada, S. E. (2020). *Obtención de películas comestibles empleando gelatina de pescado con extracto de orégano, y utilización como recubrimiento en filetes de trucha*.
- Ramos Maquera Nicols Keshia Melanie, Ing Aurora Vigo Edward Florencio, Solano Cornejo Miguel Ángel, & Símpalo López Walter Bernardo. (2022). *Efecto del recubrimiento de alginato de sodio activado con aceite esencial de tomillo (Thymus vulgaris) sobre la vida útil del filete de caballa (Scomber japonicus peruanus)*".
- Rengifo Gonzales, L. I., & Ordóñez Gómez, E. S. (2010). Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. *Revista Del Encuentro Científico Internacional*, 7(2), 77–84.
- Román, S., Sánchez-Siles, L. M., & Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.010>
- Skipnes D., Østby M. L., & Hendrickx M. E. (2007). A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle. *Journal of Food Engineering*, 4, 1078–1085.

- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011a). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3–4), 608–615. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.012>
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011b). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3–4), 608–615. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.012>
- Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar, M., & Zamani, Z. (2012). Changes in anthocyanins in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 130(2), 267–272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.031>
- Veciana Nogués María Teresa. (1991). *Aminas biógenas y otros parámetros relacionados con la alteración bacteriana del pescado: estudio de su evolución y significación durante la elaboración de derivados*. Universidad de Barcelona.
- Wetterskog, D., & Undeland, I. (2004). Loss of Redness (a^*) as a Tool To Follow Hemoglobin-Mediated Lipid Oxidation in Washed Cod Mince. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7214–7221. <https://doi.org/10.1021/jf0307907>
- Zhao, Y., Yang, X., Li, L., Hao, S., Wei, Y., Cen, J., & Lin, H. (2017). Chemical, Microbiological, Color and Textural Changes in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets Sterilized by Ozonated Water Pretreatment During Frozen Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12746. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12746>