

Efecto del mucílago de cacao en la bioconservación de carnes

José Villarroel-Bastidas¹, Jasson Gabriel Argüello-Rivadeneira², Johnny Leonel Mendoza-Zambrano², María de Guía Córdoba³, Alicia Rodríguez³ y Alejandro Hernández^{3,*}

¹ State Technical University of Quevedo (UTEQ), Faculty of Engineering and Production Sciences, Master's Degree in Food Processing, Quevedo, Ecuador.

² State Technical University of Quevedo (UTEQ), Faculty of Engineering and Production Sciences, Quevedo, Ecuador.

³ Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios, Universidad de Extremadura. Av. de la Investigación s/n, 06006, Badajoz, España.

Resumen

El mucílago de cacao es uno de los principales subproductos de la producción de cacao, caracterizado por su contenido en carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos. La microbiología del mucílago está compuesta por levaduras, bacterias acéticas y bacterias ácido lácticas, que posibilitan su empleo para controlar bacterias indeseables. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la extensión de la vida útil de carne refrigerada mediante la aplicación de mucílago de cacao de dos variedades (Fino de aroma y CCN-51), que fueron aplicados a diferentes tipos de carne (cerdo, pollo y vacuno) y evaluadas a los 1 y 7 días de almacenamiento a 4 °C. Para evaluar el efecto de los tratamientos se realizaron análisis fisicoquímicos (pH, acidez, humedad, dureza, capacidad de retención de agua, color), y análisis microbiológicos. Los resultados de la aplicación de los mucílagos mostraron un aumento del % de ácido láctico, la humedad, la capacidad de retención de agua, la luminosidad y el color amarillo (b*) respecto a las carnes de cerdo, pollo y ternera sin mucílago. Además, se disminuyó la dureza y color rojo de las carnes (a*). Respecto a los análisis microbiológicos, se observaron reducciones medias superiores a 2 log UFC/g del contenido en *Escherichia coli* y levaduras, mientras que las bacterias ácido lácticas presentaron ligeros incrementos. Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto la viabilidad de reutilizar el mucílago de cacao para extender la vida útil de diversas carnes refrigeradas.

Palabras clave: Revalorización, *Theobroma cacao*, *Escherichia coli*, vida útil.

Effect of cocoa mucilage on the biopreservation of meats

Abstract

Cocoa mucilage is one of the main by-products of cocoa production, characterized by its content of carbohydrates, proteins, and phenolic compounds. The microbiology of mucilage is ruled by yeasts, acetic acid bacteria, and lactic acid bacteria, which enable its use to control undesirable bacteria. The objective of the present work was to evaluate the extension of the shelf-life of refrigerated meat by the

* Autor para correspondencia: ahernandez@unex.es

Cita del artículo: Villarroel-Bastidas J., Argüello-Rivadeneira J.G., Mendoza-Zambrano J.L., Córdoba M.G., Rodríguez A., Hernández A. (2024). Efecto del mucílago de cacao en la bioconservación de carnes. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 120(3): 269-287. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.006>



application of cocoa mucilage of two varieties (Fino de aroma and CCN-51), which were applied to different types of meat (pork, poultry, and beef) and evaluated at 1 and 7 days of storage at 4 °C. To evaluate the effect of the treatments, physicochemical analyses (pH, acidity, humidity, hardness, water retention capacity, color) and microbiological analyses were carried out. The results of the application of mucilage showed an increase in % lactic acid, moisture, water holding capacity, brightness, and yellow color (b^*) compared to pork, chicken, and beef without mucilage. In addition, the hardness and red color of the meats decreased (a^*). With respect to microbiological analyses, average reductions of more than 2 log cfu/g in *Escherichia coli* and yeast content were observed, while lactic acid bacteria showed slight increases. The results of this work demonstrate the feasibility of reusing cocoa mucilage to extend the shelf-life of various refrigerated meats.

Keywords: Revalorization, *Theobroma cacao*, *Escherichia coli*, shelf life.

Introducción

La carne es un alimento caracterizado por un alto contenido de proteínas, pH ligeramente ácido y una elevada actividad de agua. Esto la convierte en un excelente ambiente para el crecimiento de microorganismos, principalmente bacterias, que participan activamente en su alteración. El perfil microbiológico de la carne fresca, responsable principal de su alteración, es la suma de las aportaciones durante las operaciones de faenado, condiciones de almacenamiento, transporte y distribución (Signorini, 2007). La microflora de la carne está usualmente dominada por las bacterias ácido-lácticas (BAL). Además de las BAL, en los procesos de alteración de la carne se han identificado especies pertenecientes a los géneros *Aeromonas*, *Carnobacterium*, *Brochothrix*, *Buttiauxella*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Micrococcus*, *Pantoea*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Rahnella*, *Serratia*, *Staphylococcus*, entre otras (Doulgeraki et al., 2012). Entre los riesgos sanitarios asociados con el consumo de carne destaca la posibilidad de vehicular bacterias patógenas como *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (Omer et al., 2018).

Por otro lado, los atributos organolépticos de la carne fresca con más importancia para el consumidor son el color (intensidad y coloración), la apariencia (grasa intramuscular, exu-

dación), la jugosidad, el sabor y el aroma (Adamski et al., 2017); mientras que la industria centra más la atención en factores como pH, la capacidad de retención de agua (CRA), textura, y estabilidad oxidativa. Estos atributos están influenciados por factores como la raza, la edad, la dieta, el manejo *ante-mortem*, los procesos de matanza y las prácticas de manejo *post-mortem* (Tougan et al., 2013). Todos estos atributos deben ser mantenidos dentro de unos márgenes durante la vida útil de la carne, para lo cual se utilizan diferentes técnicas de conservación y/o prolongación de la vida útil. Entre las alternativas para prolongar la vida útil de los alimentos se encuentra la bioconservación o biopreservación, que es un método en el que se usan sustancias naturales provenientes de bacterias, hongos, plantas y animales para mantener la vida útil de los alimentos mientras garantizan su seguridad (Pisoschi et al., 2018; Barcenilla et al., 2022). En este sentido destacan las BAL, que son usadas como cultivos bioprotectores por su capacidad de producir ácido láctico y otros metabolitos que contrarrestan el crecimiento de bacterias no deseadas (Fiorentini et al., 2001). Entre los metabolitos producidos por las BAL destacan las bacteriocinas, que son péptidos antimicrobianos principalmente activos frente a microorganismos taxonómicamente emparentados, generalmente bacterias Gram positivas en el caso de las BAL (Parada et al.,

2007). Además, las BAL tienen la capacidad de inhibir a bacterias Gram negativas como *E. coli* y *Salmonella* mediante la producción de ácidos orgánicos y otros metabolitos (Volzing et al., 2013). El origen de las BAL empleadas en la bioconservación puede ser diverso, y estas, a su vez, pueden ser aplicadas directamente como cultivos purificados o mediante el empleo de materias fermentadas que las vehiculen. Este es el caso del mucílago del cacao (*Theobroma cacao* L.), uno de los principales subproductos en la producción del cacao. El mucílago o pulpa de cacao es una sustancia viscosa, generalmente hialina, blancuzca y azucarada que contienen las plantas de cacao recubriendo a las 30-50 semillas o almendras. Está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13 %), pentosas (2-3 %), ácido cítrico (1-2 %), y sales (8-10 %) (Neto et al., 2016). Además, presenta un interesante contenido en compuestos con actividad antioxidante y antimicrobiana como son los compuestos fenólicos (Martínez et al., 2012; Llerena et al., 2023). En la fermentación aeróbica que ocurre tras la separación de la vaina del cacao, conducida fundamentalmente por levaduras, BAL y bacterias ácido-acéticas (Almeida et al., 2020), el mucílago que rodea el grano de cacao se degrada por la acción de los microorganismos del medio ambiente natural (Rojo-Poveda et al., 2020), con la producción de metabolitos tales como etanol y ácidos orgánicos como el acético, cítrico, láctico, y oxálico (Amorim et al., 2017). Las BAL presentes en el mucílago de cacao producen bacteriocinas (Nandha y Sukla, 2023), brindando la oportunidad de ser utilizado como conservante alargando la vida útil de las carnes (Morante-Carriel et al., 2023).

Debido a los precedentes anteriores, el uso como bioconservantes de subproductos vegetales fermentados como el mucílago del cacao es una potencial alternativa para la conservación de la carne, contribuyendo a la

prolongación de la vida útil y su seguridad e higiene. Esta investigación se dirigió a la evaluación de la bioconservación de carnes de cerdo, pollo y ternera mediante la aplicación del mucílago de cacao de las dos variedades más importantes cultivadas en Ecuador (Fino de Aroma y CCN-51).

Materiales y métodos

Material biológico

Para el presente trabajo se utilizaron carnes de cerdo, pollo y ternera, obtenidas de supermercados locales de la región del cantón Quevedo (Ecuador). Estas carnes fueron refrigeradas a 4 °C hasta su uso, en un tiempo no superior a las 24 h. Se utilizó mucílago de cacao de las variedades CCN-51 y Fino de aroma que se obtuvieron de la finca ubicada en el km 29 de la vía Buena Fe-Santo Domingo (Ecuador).

Bioconservación de la carne con la aplicación de mucílago de cacao

Tras la recepción de las carnes, se realizó una selección y lavado para eliminar cualquier impureza. En el caso de la carne de cerdo (4 a 6 meses de engorde) se tomó la parte superior de la pierna trasera del cerdo. Para la carne de pollo de raza Broiler se tomó del muslo de pollo, cuyas edades se encuentran entre la sexta y séptima semana. Finalmente, para la investigación se trabajó con contratapa de ternera de la raza Brahman. Las edades de ternera estuvieron alrededor de 1,5 años. Posteriormente se aplicó agua purificada para eliminar residuos (grasa y sangre). Todos los cortes de cada especie fueron refrigerados a una temperatura de 4 °C durante un periodo de 24 h colocados sobre almohadillas absorbentes para evitar la proliferación de microorganismos. Una vez transcu-

rridas las 24 h se realizaron cortes de 7 cm de longitud por 4 cm de ancho y 0,5 cm de espesor a cada muestra. A cada corte se aplicó 100 mL de mucílago por un tiempo de 45 min. Posterior a esto, se llevó a refrigeración a 4 °C por un periodo de 7 días. Para los lotes control, se realizó cada uno de los pasos anteriores en los que únicamente se omitió la adición de mucílago de cacao.

Se realizaron combinaciones del mucílago entre variedades de cacao (CCN-51 y Fino de aroma), tiempo de conservación entre (1 y 7 días), a diferentes carnes (cerdo, pollo y ternera). Cada tratamiento se realizó por triplicado con un total de 54 unidades experimentales.

Análisis fisicoquímicos del mucílago de cacao

Todos los análisis se realizaron en tres muestras independientes. Para ello, se determinaron los siguientes parámetros:

Determinación de pH del mucílago

Se utilizó un potenciómetro o pH-metro marca HANNA modelo HI 98130.

Determinación de la acidez titulable

Se realizó la titulación de 10 mL de muestra con 0,1 N NaOH y utilizando fenolftaleína como indicador como porcentaje de ácido láctico. El % de acidez se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ acidez titulable} = (N \times V_{\text{NaOH}} \times \text{Factor ácido predominante}) / PM \times 100 \quad [1]$$

Donde V_{NaOH} : volumen gastado de hidróxido de sodio 0,1 N; PM: peso de muestra; Factor ácido dominantes: peso equivalente del ácido láctico 0,09 g/meq

Sólidos solubles totales

Se realizaron con el equipo Pocket Refractómetro de la marca ATAGO, y los resultados se expresaron en °Brix.

Densidad

Se utilizó un picnómetro. Los cálculos de la densidad se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$d = m_2 - m_1 / m_3 - m_1 \quad [2]$$

Donde d: densidad relativa a 20 °C; m1: masa del picnómetro vacío (g); m2: masa del picnómetro con la muestra (g); m3: masa del picnómetro con agua destilada (g).

Turbidez

El equipo de turbidímetro 2100 AN la marca HACH. Los resultados se expresan en NTU. NTU/FNU.

Sólidos en suspensión

Se centrifugó 1 mL durante 5 min a 13.000 rpm. Antes de la centrifugación, la muestra se pesó en una balanza analítica. Después, se pesaron nuevamente para obtener el valor consumido durante la centrifugación.

Colorimetría

La medición del color se llevó a cabo por el método CIE $L^*a^*b^*$ con un colorímetro marca CHROMA METER CR 400 donde L^* define la luminosidad, a^* define el componente de color rojo-verde, y b^* define el componente de color amarillo-azul.

Transmitancia y Absorbancia

Se utilizó un espectrofotómetro DR3900 HACH serie 1488262, con una longitud de onda de 460 nm.

Análisis fisicoquímicos de las carnes

Acidez titulable

La determinación de acidez se realizó pesando 10 g de carne triturada y diluyéndola en 40 mL de agua destilada siguiendo el método descrito en la sección anterior.

Determinación de pH

Con la preparación descrita anteriormente se registró el pH en un potenciómetro de la marca OHAUS modelo STARTER 5000.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA se determinó mediante el método de Rengifo Gonzales y Ordóñez Gómez (2010). Para el cálculo de la CRA se aplicó la siguiente ecuación:

$$CRA \left(\frac{gH_2O \text{ retenida}}{100 \text{ g } H_2O} \right) = \frac{(m_1 \times H) - (m_2 - m_3)}{m_1 \times H} \times 100 \quad [3]$$

Donde m_1 : masa de la muestra (g); m_2 : masa del papel de filtro húmedo (g); m_3 : masa del papel de filtro seco (g); y H: contenido en humedad de la muestra (g de H_2O /g de muestra).

Contenido de humedad

se determinó aplicando la ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(P1 + P2) - P3}{P2} \times 100 \quad [4]$$

Donde P1: Peso de la placa (g); P2: Peso de la muestra (g); y P3: Peso de la placa + Peso de la muestra.

Colorimetría

La medición de color se llevó a cabo por el método CIE $L^*a^*b^*$ utilizando un colorímetro marca CHROMA METER CR 400.

Textura (Dureza)

Se utilizó el procedimiento de la American Meat Science Association por el método de Compresión y Punción. Se colocó la muestra en un Texturómetro SHIMADZU que es operado por el software TRAPEZIUM versión 1.4.0. Los valores de dureza fueron expresados en Newtons.

Análisis microbiológicos

Se pesaron asépticamente 10 g de carne, que fueron mezclados con 90 mL de agua de peptona estéril. Seguidamente se hicieron las diluciones decimales en medio agua de peptona. Finalmente, se sembraron en superficie 100 μ L de cada dilución en Potato Dextrose Agar para la detección de levaduras, incubando las placas a 25 °C durante 5 días; en Gelose VRBL para la detección de coliformes totales incubando las placas a 37 °C durante 48 h, y MRS para la detección de BAL incubando las placas a 37 °C en anaerobiosis durante 48 h. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como log UFC/g de carne.

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a los 1 y 7 días de almacenamiento se analizó mediante el análisis de varianza ANOVA de una, dos y tres vías. En caso de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, los grupos fueron establecidos mediante la prueba post hoc de Tukey. El intervalo de confianza utilizado para el análisis se fijó en el 95 %, lo que garantiza una evaluación fiable de la significación estadística de los resultados. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el software Statgraphics centurion XVI.

Resultados y discusión

Caracterización del mucílago de cacao

En cuanto a las determinaciones fisicoquímicas del mucílago de cacao, recogidas en la Tabla 1, se puede observar que el mucílago Fino de Aroma presentó valores ligeramente superiores de pH (pH 4,31) que el mucílago CCN-51 (pH de 4,11). Estas diferencias en el pH estaban asociadas al porcentaje de acidez, en el que el mucílago Fino de Aroma presentó valores de 0,68 % mientras que CCN-51 presentó valores medios de acidez de 1,09 %. Respecto al contenido en sólidos solubles, el mucílago Fino de Aroma presentó mayores valores de sólidos solubles totales (15,50 °Brix) que el CCN-51 (11,30 °Brix), que se asociaron con la turbidez, en la que el mucílago Fino de

Aroma presentó valores superiores. Por el contrario, los sólidos en suspensión fueron 0,01 y 0,04 para los mucílagos Fino de Aroma y CC-51, respectivamente. Respecto a la densidad, se observaron valores superiores en el mucílago CCN-51 con valores de 1,49 g/L que Fino de Aroma con 1,08 g/L y turbidez con un valor inferior de 9,34. Respecto a los parámetros ópticos, el mucílago Fino de Aroma fue más luminoso (L*) y con coloraciones más amarillas (b*). Así, este mucílago presentó una tonalidad ámbar clara. Por su parte, el mucílago CCN-51 presentó una coloración más rojiza y menos luminosa, presentando una tonalidad ámbar oscura. En general, los valores observados concuerdan con los trabajos previos presentados por Balladares et al. (2016) y Guirlanda et al. (2021).

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos del mucílago de cacao de las variedades CCN-51 y Fino de aroma.
Table 1. Physicochemical analysis of cocoa mucilage of the varieties Fino de Aroma and CCN-51.

Análisis	Mucilago de Cacao	
	CCN-51	Fino de aroma
pH	4,16	4,31
Acidez Titulable (%)	1,09	0,68
°Brix	11,3	15,5
Densidad (g/L)	1,49	1,08
NTU Turbidez	9,34	16,71
Sólidos en suspensión	0,04	0,01
Colorimetría L*	34,85	46,06
Colorimetría a*	15,18	8,11
colorimetría b*	21,72	30,41
Transmitancia	0,6	0,1
Absorbancia	0,3	0,1

Análisis fisicoquímicos de las carnes de cerdo, pollo y ternera

Entre los métodos para la prolongación de la conservación de la carne han proliferado los ensayos basados en la aplicación de conservantes de origen biológico. La bibliografía muestra múltiples aplicaciones de extractos fenólicos obtenidos de diferentes productos vegetales tal y como muestra la revisión de Munekata *et al.* (2020), y recubrimientos comestibles (Umaraw y Verna, 2017) en los que las principales aportaciones son el retraso de las reacciones de oxidación, los cambios de color y los cambios sensoriales, y el control de la población microbiana. La biopreservación de la carne mediante la aplicación de microorganismos es una técnica ampliamente investigada como demuestran la revisión de Barcenilla *et al.* (2022), en la que se destaca la idoneidad de las BAL para este fin. En el presente trabajo se propone la aplicación de un subproducto de la industria de obtención del cacao, el mucílago del cacao como método de bioconservación de carnes asociada a sus propiedades funcionales y microbiológicas (Silva *et al.*, 2014; Morante-Carriel *et al.*, 2023).

En la tabla 2 se muestra el efecto de los factores tipo de carne (cerdo, pollo, ternera), la variedad de mucílago de cacao (control, Fino de Aroma, y CCN-51) y el tiempo de conservación (1 día y 7 días) de las carnes almacenadas a 4 °C sobre los parámetros físico-químicos de la carne. Los resultados mostraron que las carnes no presentaron diferencias a nivel de pH, % acidez, y capacidad de retención de agua. Los pH observados fueron especialmente bajos, síntoma de una posible baja calidad higiénica de las carnes utilizadas (Signorini, 2007). Este bajo pH puede influir en otros parámetros, ya que se ha observado que la CRA disminuye a bajos pH y con ello aumenta la dureza de las carnes (Pethick *et al.*, 2005), además de influir en el color de la carne (Hamoen *et al.*, 2013). La aplicación de mucílago tuvo un efecto global sobre el

pH desigual, ya que la aplicación de Fino de Aroma provocó los pH medios estadísticamente superiores ($p < 0,050$), mientras que CCN-51 los menores. Los resultados de pH y % de acidez de los tratamientos sobre las carnes se muestran en la figura 1. En cuanto a los valores de pH observados en el cerdo, tras 1 día a 4 °C se observó un valor de 4,61, que aumentó a 4,85 a los 7 días de conservación. La aplicación de mucílago Fino de Aroma modificó significativamente el pH tras su aplicación y tras 7 días de almacenamiento (4,92; $p < 0,050$), mientras que la aplicación de mucílago CCN-51 conservó los valores de pH iniciales tras 7 días, sin diferencias con el control ($p > 0,050$). Respecto al pH del pollo, tras 7 días de almacenamiento, los valores del pollo control descendieron hasta 4,65, siendo significativamente inferior al tratamiento con CCN-51 que presentó valores con 4,88 ($p < 0,050$). Finalmente, en el pH de la ternera se observaron diferencias entre tratamientos a los 7 días de almacenamiento, en los que la ternera control presentó los mayores valores y la tratada con mucílago CCN-51 los menores ($p < 0,050$). En general, los valores de pH observados en este trabajo fueron inferiores a los mostrados en la bibliografía, como los mostrados por Perlo *et al.* (2020) para carne de pollo. En cuanto a los resultados del porcentaje de acidez, en general no se observaron diferencias entre tratamientos y días de conservación, excepto en el caso de la ternera. Hay que señalar que el tratamiento con mucílago Fino de Aroma en la ternera aumentó los valores de acidez significativamente respecto al control tras 7 días de almacenamiento ($p < 0,050$). Los valores de acidez fueron similares a los observados por León *et al.* (2018).

Las aplicaciones de mucílago aumentaron la humedad de las carnes, la CRA y disminuyeron la dureza media de las carnes (Tabla 2). Este último aspecto es interesante ya que las carnes con bajo pH suelen presentar una mayor dureza debido a la inhibición de las enzimas aso-

Tabla 2. Efecto de los factores carne, variedad de mucílago y tiempo de conservación sobre los parámetros físico-químicos de la carne de cerdo, pollo y ternera.
Table 2. Effect of meat type, mucilage variety and storage time on physico-chemical parameters in meats of pork, chicken and beef.

Factores niveles	pH		Acidez (% Ac. láctico)		Humedad (%)		CRA (%)		Dureza (N)		Luminosidad (L*)		Color rojo (a*)		Color amarillo (b*)	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
<i>Carne (C)</i>																
Cerdo	4,78 ± 0,14		0,143 ± 0,02		71,48 ^a ± 3,47		15,78 ± 5,08		1,41 ± 0,57		51,55 ^b ± 8,75		4,75 ^b ± 1,19		11,51 ^a ± 1,70	
Pollo	4,81 ± 0,16		0,141 ± 0,017		73,33 ^b ± 3,37		14,38 ± 5,06		1,72 ± 0,88		53,05 ^b ± 10,72		3,92 ^a ± 3,93		16,91 ^b ± 5,02	
Ternera	4,77 ± 0,12		0,141 ± 0,023		72,01 ^{ab} ± 2,85		13,54 ± 3,64		1,48 ± 0,65		46,02 ^a ± 7,48		6,01 ^c ± 1,44		10,66 ^a ± 2,40	
<i>Variedad mucílago (V)</i>																
Control	4,79 ^{b*} ± 0,14		0,130 ^a ± 0,017		70,87 ^a ± 1,71		11,47 ^a ± 1,75		2,05 ^b ± 0,53		45,95 ^a ± 8,02		5,61 ^b ± 1,62		11,98 ^a ± 1,54	
CCN51	4,72 ^a ± 0,19		0,156 ^b ± 0,016		72,59 ^{ab} ± 3,48		16,54 ^b ± 3,62		1,16 ^a ± 0,46		52,78 ^b ± 7,49		3,94 ^a ± 1,87		13,28 ^b ± 5,58	
Fino de Aroma	4,85 ^c ± 0,13		0,138 ^a ± 0,017		73,37 ^b ± 4,06		15,68 ^b ± 5,98		1,38 ^a ± 0,80		51,89 ^b ± 10,64		5,14 ^b ± 2,59		13,79 ^b ± 4,83	
<i>Tiempo de almacenamiento (T)</i>																
1 día	4,76 ^a ± 0,16		0,145 ± 0,022		71,60 ^a ± 3,38		14,74 ± 5,18		1,58 ± 0,77		50,65 ± 8,75		5,40 ^b ± 1,87		12,61 ^a ± 3,17	
7 días (%)	4,8 ^b ± 0,14		0,138 ± 0,016		72,95 ^b ± 3,08		14,39 ± 5,15		1,49 ± 0,68		49,77 ± 11,32		4,39 ^a ± 2,32		13,43 ^b ± 5,33	
<i>P-valores</i>																
<i>Pruebas de efectos</i>																
C	0,115		0,909		0,043		0,263		0,312		<0,001		<0,001		<0,001	
V	<0,001		<0,001		0,005		0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
T	0,005		0,055		0,028		0,754		0,616		0,406		<0,001		0,006	
C×V	0,015		0,001		0,001		0,178		0,729		<0,001		<0,001		<0,001	
C×T	<0,001		0,597		0,679		0,424		0,437		<0,001		<0,001		<0,001	
V×T	<0,001		0,043		<0,001		0,456		0,525		0,688		<0,001		<0,001	
C×V×T	<0,001		0,014		0,021		0,407		0,339		<0,001		<0,001		<0,001	

* Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,050$) dentro de los factores.

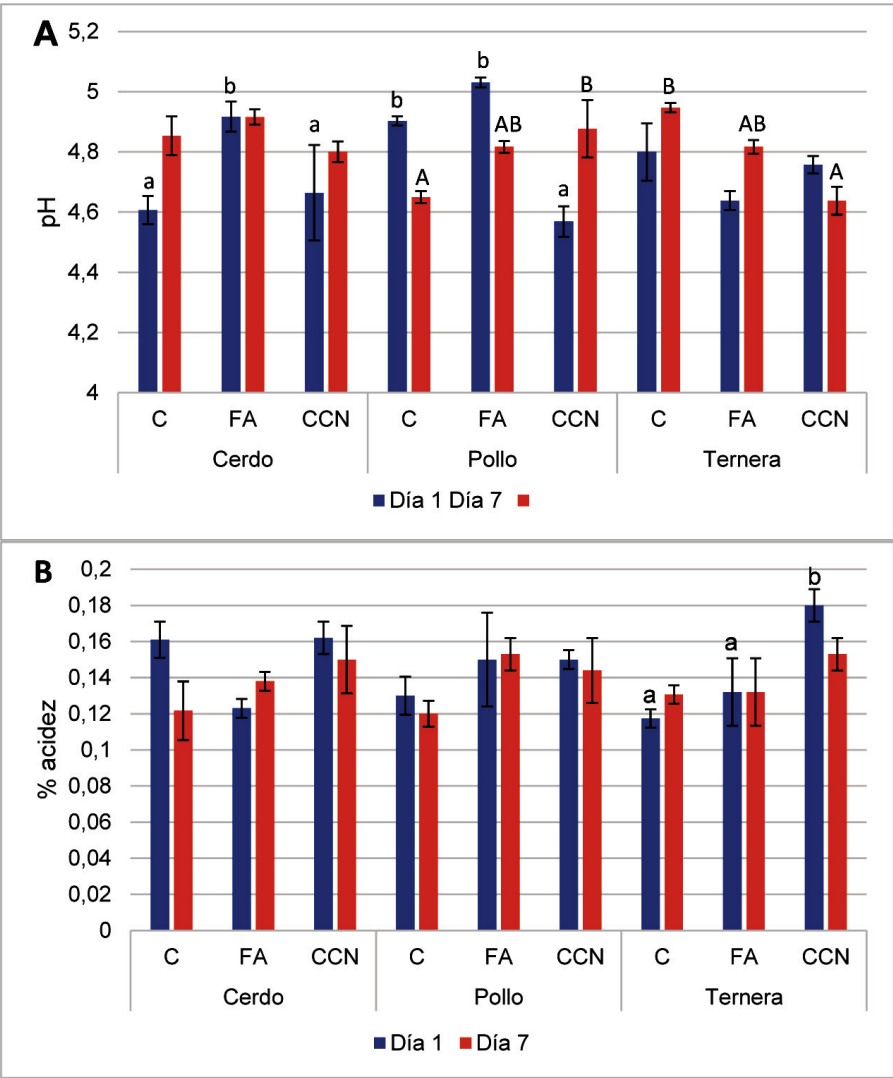


Figura 1. pH (A) y porcentaje de acidez (B) de las carnes de cerdo, pollo y ternera conservadas durante 7 días a 4 °C tras la aplicación de mucilago de cacao de las variedades Fino de Aroma (FA) y CCN-51 (CCN). Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada tipo de carne a 1 día de almacenamiento (minúsculas), y 7 días de almacenamiento (mayúsculas).

Figure 1. pH (A) and percentage acidity (B) of pork, chicken and beef meats stored for 7 days at 4 °C after the application of cocoa mucilage of Fino de Aroma (FA) and CCN-51 (CCN) varieties. Different letters indicate significant differences within each type of meat at 1 day of storage (lower case), and 7 days of storage (upper case).

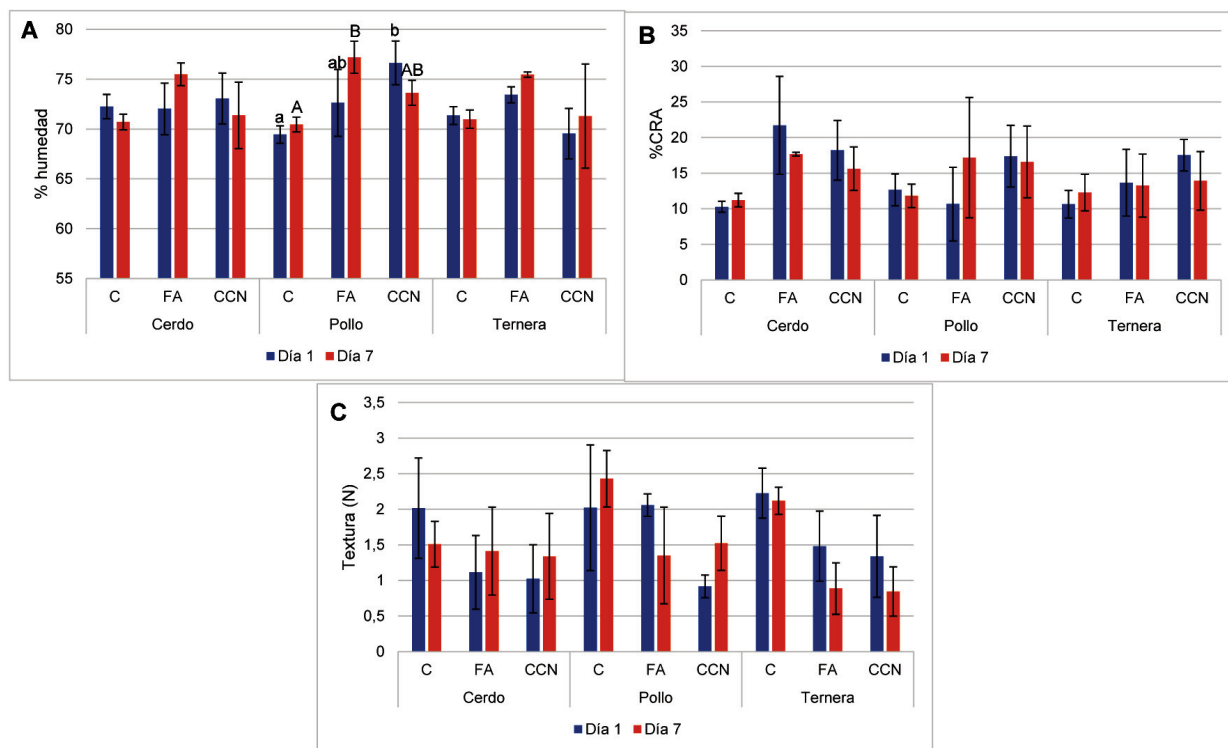


Figura 2. Porcentaje de humedad (A), porcentaje de capacidad de retención de agua (B) y textura expresada en Newtons (C) de las carnes de cerdo, pollo y ternera conservadas durante 7 días a 4 °C tras la aplicación de mucilago de cacao de las variedades Fino de Aroma (FA) y CCN-51 (CCN). Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada tipo de carne a 1 día de almacenamiento (minúsculas), y 7 días de almacenamiento (mayúsculas).

Figure 2. Percentage of moisture content (A), percentage of water-holding capacity (B) and texture expressed in Newtons (C) of pork, chicken and beef meats stored for 7 days at 4 °C after the application of cocoa mucilage of Fino de Aroma (FA) and CCN-51 (CCN) varieties. Different letters indicate significant differences within each type of meat at 1 day of storage (lower case), and 7 days of storage (upper case).

ciadas al ablandamiento de las carnes (Maltin et al., 2003). El mantenimiento de la humedad es un factor muy importante para la conservación de la carne ya que influye en otros parámetros como color, aroma y textura (Ahmad et al., 2015). El porcentaje de humedad, CRA y textura de las carnes con los diferentes tratamientos se muestran en la figura 2. El porcentaje de humedad de la carne de cerdo tras 1 día de almacenamiento fue de 72,3 % y se mantuvo tras 7 días de almacenamiento.

Los tratamientos con mucilago de cacao no modificaron significativamente este parámetro. En cuanto a la carne de pollo, la humedad fue de 69,5 % tras un día de almacenamiento y se mantuvo tras 7 días de almacenamiento. La aplicación de mucilago CCN-51 aumentó la humedad tras un día de almacenamiento hasta 76,3 % ($p < 0,050$), mientras que la aplicación de mucilago Fino de Aroma provocó humedades significativamente superiores al control a los 7 días de almacenamiento con va-

lores medios de 77,2 % ($p < 0,050$). Finalmente, no se observaron diferencias en la humedad en la carne de ternera, que presentó valores de 71,3 % en las carnes control. Estos valores son similares a los encontrados por Gou et al. (2003), Velasco et al. (2017) y Behbahani et al. (2021) para carnes de cerdo, pollo y ternera, respectivamente.

La CRA es uno de los parámetros más importantes en la calidad de la carne, ya que define la capacidad de mantener toda o parte de su agua. No se observaron diferencias en los tratamientos ni en los días de almacenamiento en las diferentes carnes. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 12 % y 23 % indicado por León et al. (2018), pero son inferiores a los indicados por Rengifo Gonzales y Ordoñez Gómez (2010) que se sitúan para la carne de cerdo, pollo y ternera por encima del 20 %. En cuanto al análisis de los tratamientos en las diferentes carnes (Figura 2B), aunque no se obtuvieron diferencias significativas, la aplicación de los mucílagos aumentó la CRA media de las carnes sin diferencias significativas ($p > 0,050$).

La aplicación de mucílago de cacao en las diferentes carnes provocó un descenso de los valores medios de la textura, aunque sin diferencias significativas ($p > 0,050$; Tabla 3). La carne de cerdo presentó una textura de 2,02 N tras un día de almacenamiento que descendió a 1,51 N tras 7 días a 4 °C. Los valores de textura tras la aplicación de los mucílagos se situaron en torno a 1,1 N tras un día de almacenamiento, y aumentaron ligeramente hasta aproximadamente 1,4 N a los 7 días. Respecto al pollo, la textura fue de 2,01 N en el primer muestreo y aumentaron los valores medios hasta 2,43 N. La aplicación de mucílago CCN-51 provocó descensos de textura hasta valores medios inferiores a 1 N, aumentando hasta 1,5 N a los 7 días. Respecto a la ternera, los controles presentaron valores superiores a 2 N, mientras que los tratamientos con mucílago presentaron va-

lores cercanos a 1,5 N tras un día de almacenamiento que descendieron a valores inferiores a 1 N a los 7 días.

Respecto a los parámetros ópticos, se puede observar en la tabla 2 que presentaron diferencias a nivel de los tres factores evaluados, además de presentar interacciones muy significativas entre los factores tanto para la luminosidad, color rojo, como color amarillo. La carne de ternera presentó los menores valores medios de luminosidad y los mayores de color rojo, mientras que la carne de pollo presentó las mayores intensidades de color amarillo ($p < 0,001$). La aplicación de los mucílagos de cacao sobre las carnes provocó un aumento de la L^* de la carne del orden de 6 unidades, y la coordenada b^* del orden de dos unidades, mientras que disminuyó el color rojo alrededor de dos unidades en el caso del mucílago CCN-51 ($p < 0,001$). Los valores obtenidos en la carne de cerdo tanto del tratamiento control como de las aplicaciones de mucílago de cacao están dentro de los parámetros observados por Qiao et al. (2007) y Olivas et al. (2017), aunque se indica que se encuadran en parámetros de carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE). Del mismo modo, el incremento de la luminosidad de las carnes de pollo tras la aplicación de los mucílagos presenta valores similares a los observados por Velasco et al. (2017 y 2018), aunque la disminución de la coordenada a^* y el incremento de la coordenada b^* confieren un color amarillento a los muslos. En el caso de la carne de vacuno, los resultados obtenidos muestran que las carnes presentaban características PSE o pálidas, blandas y exudativas (Salinas Labra et al., 2020) asociado probablemente a un enfriamiento lento de las mismas (Ngapo et al., 2017). En el estudio de Salinas Labra et al. (2020) determinaron que el parámetro L^* fue el mejor para correlacionar la calidad de la carne con la apreciación de los consumidores y panelistas entrenados. A pesar de las modificaciones otorgadas por la apli-

Tabla 3. Recuentos globales expresados de levaduras, *Escherichia coli* y bacterias ácido-lácticas en función de los factores tipo de carne, variedad de mucílago y tiempo de refrigeración a 4 °C.

Table 3. Mean overall counts of yeasts, *Escherichia coli* and lactic acid bacteria as a function of the factors type of meat, variety of mucilage and refrigeration time at 4 °C.

Factores	Levaduras (Log UFC/g)		<i>E. coli</i> (Log UFC/g)		BAL (Log UFC/g)	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
Carne (C)						
Cerdo	5,29 [*]	± 1,39	5,35 ^b	± 0,91	5,68 ^b	± 0,26
Pollo	5,16	± 1,38	5,24 ^b	± 1,07	5,39 ^a	± 0,27
Ternera	5,38	± 1,23	4,88 ^a	± 1,26	5,78 ^c	± 0,34
Variedad mucílago (V)						
Control	>6,47 ^c	± 0,00	>6,47 ^b	± 0,00	5,51 ^a	± 0,26
CCN51	4,32 ^a	± 1,31	4,51 ^a	± 0,89	5,68 ^b	± 0,39
Fino de Aroma	5,06 ^b	± 1,06	4,48 ^a	± 0,39	5,66 ^b	± 0,32
Tiempo de almacenamiento (T)						
1 día	4,99 ^a	± 1,55	5,02 ^a	± 1,11	5,53 ^a	± 0,37
7 días (%)	5,58 ^b	± 0,96	5,29 ^b	± 1,07	5,72 ^b	± 0,27
P-valores						
Pruebas de efectos						
C	0,546		<0,001		<0,001	
V	<0,001		<0,001		<0,001	
T	0,001		0,002		<0,001	
C×V	0,001		0,001		<0,001	
C×T	0,053		0,003		0,457	
V×T	<0,001		0,040		<0,001	
C×V×T	<0,001		<0,001		<0,001	

* Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,050$) dentro de los factores.

cación del mucílago de cacao a la carne de ternera, especialmente por la aplicación de Fino de Aroma, las carnes estarían dentro de los estándares normales de la carne. La aplicación de recubrimientos en la carne tiene un efecto preservador del color asociado al man-

tenimiento de la humedad y a la permeabilidad de los gases (Cardoso et al., 2016). En este sentido, la aplicación de mucílago de cacao tiene un efecto de mantenimiento de la humedad además de una riqueza en compuestos antioxidantes (Silva et al., 2014) que

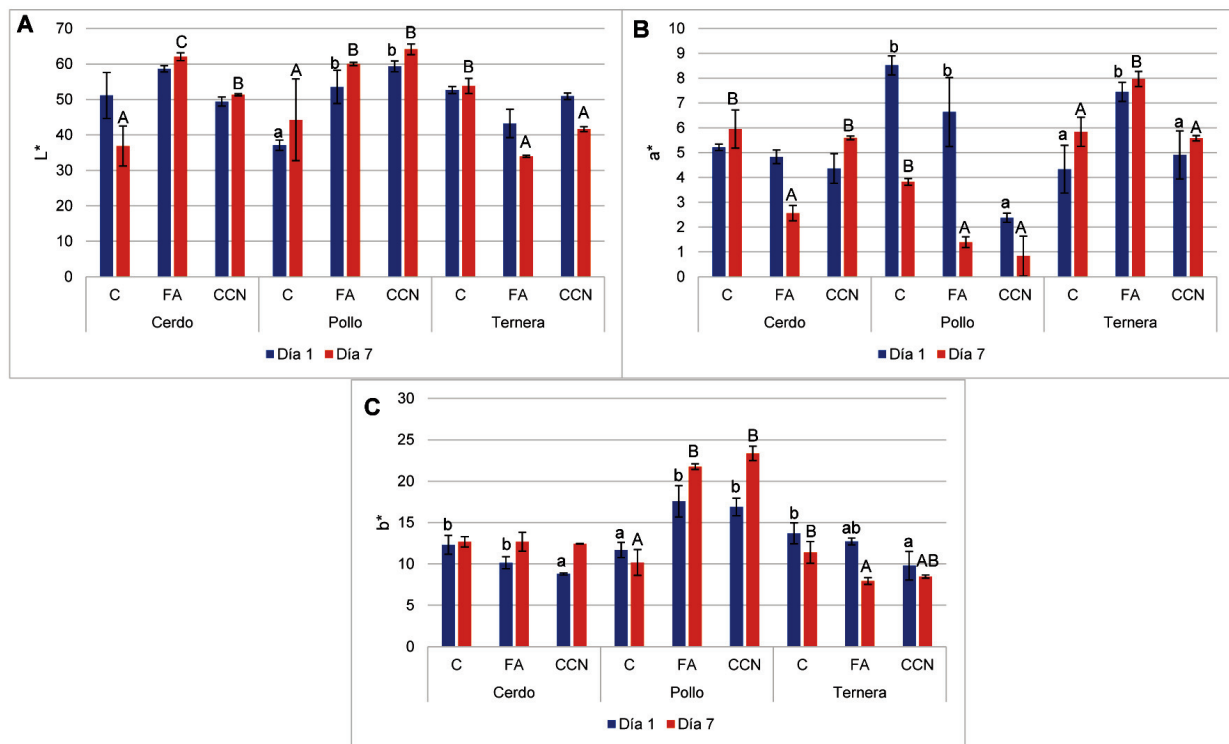


Figura 3. Luminosidad (L^*) (A), eje rojo-verde (a^*) (B) y eje amarillo-azul (b^*) (C) de las carnes de cerdo, pollo y ternera conservadas durante 7 días a 4 °C tras la aplicación de mucilago de cacao de las variedades Fino de Aroma (FA) y CCN-51 (CCN). Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada tipo de carne a 1 día de almacenamiento (minúsculas), y 7 días de almacenamiento (mayúsculas).
 Figure 3. Luminosity (L^*) (A), red-green axis (a^*) (B) and yellow-blue axis (b^*) (C) of pork, chicken and beef meats stored for 7 days at 4 °C after application of cocoa mucilage of Fino de Aroma (FA) and CCN-51 (CCN) varieties. Different letters indicate significant differences within each type of meat at 1 day of storage (lower case), and 7 days of storage (upper case).

pueden favorecer el mantenimiento del color. El análisis de los tratamientos de los parámetros ópticos presentado en la Figura 3, muestra como la luminosidad de la carne de cerdo y pollo se vio favorecida por la aplicación de los mucílagos de cacao, especialmente tras 7 días de almacenamiento ($p < 0,050$). Sin embargo, la aplicación de los mucílagos restó luminosidad a las carnes de ternera, presentando valores inferiores a los 7 días respecto al control ($p < 0,050$). Estos resultados son coincidentes con las observa-

ciones en aplicaciones de recubrimientos comestibles en carne de ternera (Cardoso et al., 2016). Respecto al espectro de color rojo, se puede observar como todas las carnes se situaron entre 2 y 9 unidades. En las aplicaciones de mucilago sobre las carnes de cerdo y pollo se observó un descenso del color rojo tras 7 días de almacenamiento, mientras que en la ternera se observó un mantenimiento de este parámetro. Finalmente, con respecto a la coloración amarilla, se puede observar como la carne de pollo presentó valores su-

periores a las otras dos carnes. Además, se puede observar como la aplicación de los mucílagos aumentó este parámetro en los dos días de muestreo evaluados ($p < 0,050$).

Análisis microbiológicos

La composición de la población microbiana durante la fermentación del cacao ha sido caracterizada en los trabajos de Morante-Carriel et al. (2023) y Pacheco-Montealegre et al. (2020). La fermentación del cacao está dominada por levaduras productoras de etanol como *Pichia kudriavzevii* y *S. cerevisiae*, entre otras. Entre las BAL, se han descrito *Leuconostoc pseudomesenteroides* (fermentadoras de glucosa y fructosa), *Fructobacillus tropaeoli* (fermentadora de fructosa), *Lactiplantibacillus plantarum* (fermentadora de fructosa y glucosa) *Lactococcus* spp. y *Limosilactobacillus fermentum* (productora de manitol), entre otras. Entre las enterobacterias, se han encontrado *Tatumella saanichen-sis* y *Tatumella punctata* presentes en la fase inicial de la fermentación. Otro grupo dominante son las bacterias acéticas, destacando las especies *Acetobacter pasteurianus* y *Acetobacter ghanensis/syzygii*, que aparecen en las etapas finales de la fermentación y transforman el etanol en ácido acético.

La población de BAL descrita en fermentación del cacao ha sido ampliamente caracterizada respecto a su actividad antimicrobiana asociada al metabolismo de los azúcares y la producción de bacteriocinas y otras sustancias activas. Así, Rocchetti et al. (2021) han revisado los mecanismos antimicrobianos de *Lactiplantibacillus plantarum*; Pakroo et al. (2022) y Enan et al. (2013) han caracterizado la actividad de *Limosilactobacillus fermentum* y *Lactococcus* sp., respectivamente, frente a bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *E. coli*. Por lo tanto, el mucílago de cacao es una fuente de diversas cepas anti-

microbianas que pueden ser aplicadas en la bioconservación de carnes tal y como han demostrado Morante-Carriel et al. (2023).

En la tabla 3 se muestra el efecto de los factores tipo de carne, variedad de mucílago y tiempo de conservación sobre los recuentos de levaduras, *E. coli* y BAL. En general los recuentos microbiológicos observados en los tres tipos de carnes fueron elevados probablemente asociados a un mal faenado de la carne o a un periodo prolongado de conservación previo a la adquisición (Signorini et al., 2018; Solórzano et al., 2019). Los valores medios globales de recuentos de levaduras, *E. coli* y BAL se situaron, en todas las carnes, cercanos o superiores a 5 log UFC/g. El efecto antimicrobiano de los mucílagos pudo observarse tanto en los recuentos de levaduras como *E. coli*, mientras que en las BAL los recuentos fueron significativamente superiores en las aplicaciones de mucílago ($p < 0,050$). En el caso de las levaduras, los controles presentaron valores medios globales superiores a 6 log UFC/g, mientras que los valores obtenidos con los mucílagos se sitúan en reducciones medias de 1,5 log UFC/g ($p < 0,050$). Por su parte, los recuentos de *E. coli* de los controles fueron reducidos en más de 2 log UFC/g tras la aplicación de los mucílagos ($p < 0,050$). En la figura 4 se muestra como la aplicación de los mucílagos de cacao redujo los recuentos de levaduras en todas las carnes, con niveles de reducción comprendidos entre aproximadamente 0,5 log UFC/g en la carne de ternera tras 7 días de almacenamiento con el mucílago Fino de Aroma y 4 log UFC/g para la carne de cerdo tras 1 día de almacenamiento con el mucílago CCN-51. En el caso de las bacterias coliformes, presentaron reducciones tras la aplicación de mucílago de cacao entre aproximadamente 1 log UFC/g de la carne de pollo tras 7 días de refrigeración con el mucílago CCN-51 y 3 log UFC/g de los tratamientos con mucílago CCN-51 en carne de ternera tras 7 días de almacenamiento. Estos niveles de reducción son

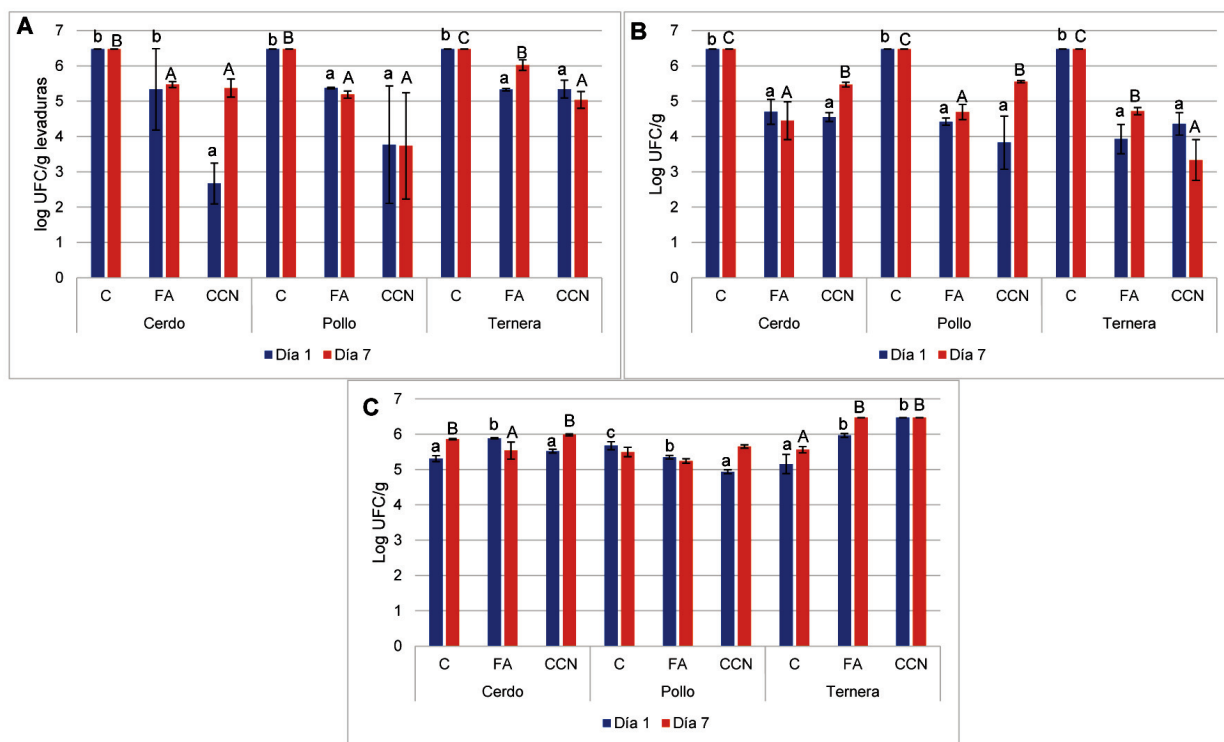


Figura 4. Recuentos de levaduras (A), coliformes (B) y bacterias ácido-lácticas (C) expresadas en log UFC/g de las carnes de cerdo, pollo y ternera conservadas durante 7 días a 4 °C tras la aplicación de mucilago de cacao de las variedades Fino de Aroma (FA) y CCN-51 (CCN). Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada tipo de carne a 1 día de almacenamiento (minúsculas), y 7 días de almacenamiento (mayúsculas).

Figure 4. Yeast (A), coliforms (B) and lactic acid bacteria (C) counts expressed in log CFU/g of pork, chicken and beef meats stored for 7 days at 4 °C after the application of cocoa mucilage of Fino de Aroma (FA) and CCN-51 (CCN) varieties. Different letters indicate significant differences within each type of meat at 1 day of storage (lower case), and 7 days of storage (upper case).

similares a los obtenidos con recubrimientos comestibles con mucílago de semillas de *Malva silvestris* que contenía 2 % de aceite esencial de cinamomo (Sabahi et al., 2022) y superiores a los obtenidos con el recubrimiento de mucílago de semilla de *Plantago major* enriquecido con 2 % de aceite esencial

de limón (Noshad et al., 2021). En cuanto a los resultados de los recuentos de BAL, se puede observar cómo en todos los tratamientos se situaron por encima de los 5 log UFC/g, encontrando que tras la aplicación de los mucílagos los niveles de BAL se incrementaron en las carnes de ternera.

Conclusiones

La aplicación de mucílago de cacao de las dos variedades más cultivadas en Ecuador, Fino de Aroma y CCN-51, a carnes de cerdo, pollo y ternera modifica las características físico-químicas de la carne almacenada en refrigeración, aumentando el contenido en ácido láctico, la humedad, capacidad de retención de agua y parámetros ópticos, y disminuyendo la textura. Sin embargo, las diferencias encontradas, aunque significativas, no fueron muy relevantes en cuanto a sus magnitudes. En concreto, en los parámetros ópticos las modificaciones en la luminosidad y color rojo de las carnes de ternera y pollo podrían modificar la aceptación por parte del consumidor. En futuros trabajos será necesario evaluar el impacto sensorial de la aplicación de mucílago de cacao sobre las diferentes carnes refrigeradas.

El aspecto más relevante de la aplicación de mucílago de cacao sobre las carnes fue la capacidad de reducir en más de dos unidades logarítmicas los recuentos de microorganismos indeseables como *E. coli* y levaduras, probablemente asociado a las bacterias ácido-lácticas naturalmente presentes en el mucílago del cacao. Estos niveles de reducción justifican el potencial empleo del mucílago del cacao como bioconservante, con lo cual se contribuiría a la reducción del impacto ambiental que supone la gestión de este subproducto y podría mejorar la economía de los agricultores productores de cacao en Ecuador.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por permitirme ingresar la cesión de los laboratorios para el desarrollo de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Adamski M., Kuzniacka J., Milczewska N. (2017). Preferences of consumers for choosing poultry meat. *Polish Journal of Natural Sciences* 32(2): 261-271.
- Ahmad S.R., Gokulakrishnan P., Giriprasad R., Yattoo M.A. (2015). Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(11): 1503-1513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.701674>
- Almeida O.G.G., Pinto U.M., Matos C.B., Frazilio D.A., Braga V.F., von Zeska-Kress M.R., De Martinis E.C.P. (2020). Does quorum sensing play a role in microbial shifts along spontaneous fermentation of cocoa beans? An *in silico* perspective. *Food Research International* 131: 109034. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109034>
- Amorim G., Reis de Araujo Q., René-Valle R., Andrade-Sodré G., Moreira de Souza S.M. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12): 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- Balladares C., Chóez-Guaranda I., García J., Sosa D., Pérez S., González J.E., Viteri R., Barragán A., Quijano-Avilés M., Manzano P. (2016). Physicochemical characterization of *Theobroma cacao* L. sweatings in Ecuadorian coast. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 28(10): 741-745. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-02-187>
- Barcenilla C., Ducic M., López M., Prieto M., Álvarez-Ordóñez A. (2022). Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science* 183: 108661. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108661>
- Behbahani B.A., Falah F., Vasiee A., Tabatabaee Yazdi F. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food Science & Nutrition* 9(5): 2458-2467. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2186>

- Cardoso G.P., Dutra M.P., Fontes P.R., Ramos A.D.L.S., de Miranda Gomide L.A., Ramos E.M. (2016). Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science* 114: 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012>
- Doulgeraki A.I., Ercolini D., Villani F., Nychas G.J.E. (2012). Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology* 157(2): 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.020>
- Enan G., Abdel-Shafi S., Ouda S., Negm S. (2013). Novel antibacterial activity of *Lactococcus lactis* subspecies *lactis* Z₁₁ isolated from zabady. *International Journal of Biomedical Science* 9(3): 174-180.
- Florentini Â.M., Sant'Anna E.S., Porto A.C.S., Mazo J.Z., Franco B.D.G.M. (2001). Influence of bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* BN in the shelf-life of refrigerated bovine meat. *Brazilian Journal of Microbiology* 32(1): 42-46. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822001000100010>
- Gou P., Comaposada J., Arnau J. (2003). NaCl content and temperature effects on moisture diffusivity in the *Gluteus medius* muscle of pork ham. *Meat Science* 63(1): 29-34. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00048-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00048-7)
- Guirlanda C.P., da Silva G.G., Takahashi J.A. (2021). Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product? *Future Foods* 4: 100061. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100061>
- Hamoen J.R., Vollebregt H.M., Van Der Sman R.G.M. (2013). Prediction of the time evolution of pH in meat. *Food Chemistry* 141(3): 2363-2372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.127>
- León M., Orduz A., Velandia, M. (2018). Composición fisicoquímica de la carne de ovejo, pollo, res y cerdo. @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria 15(2): 62-75. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2969>
- Llerena W.M., Samaniego I., Vallejo C., Arreaga A., Zhunio B., Coronel Z., Quiroz J., Angós I., Carrillo W. (2023). Profile of bioactive components of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by-products from Ecuador and evaluation of their antioxidant activity. *Foods* 12: 2583. <https://doi.org/10.3390/foods12132583>
- Maltin C., Balcerzak D., Tilley R., Delday M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society* 62(2): 337-347. <https://doi.org/10.1079/PNS2003248>
- Martínez R., Torres P., Meneses M.A., Figueroa J.G., Pérez-Álvarez J.A., Viuda-Martos M. (2012). Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International* 49(1): 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>
- Morante-Carriel L., Abasolo F., Bastidas-Caldes C., Paz E.A., Huaquipán R., Díaz R., Valdés M., Cancino D., Sepúlveda N., Quiñones J. (2023). Isolation and characterization of lactic acid bacteria from cocoa mucilage and meat: exploring their potential as biopreservatives for beef. *Microbiology Research* 14(3): 1150-1167. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030077>
- Munekata P.E.S., Rocchetti G., Pateiro M., Lucini L., Domínguez R., Lorenzo J.M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Current Opinion in Food Science* 31: 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>
- Nandha M.C., Shukla R.M. (2023). Exploration of probiotic attributes in lactic acid bacteria isolated from fermented *Theobroma cacao* L. fruit using *in vitro* techniques. *Frontiers in Microbiology* 14: 1274636. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1274636>
- Neto B.A., Bonomo R.C.F., Fontan R.D.C.I., Ferreira A.C.R., Gonçalves G.R.F., Mello D.L.N. (2016). Physicalchemical characterization and thermophysical properties of cocoa honey. *Revista Geintec: Gestao, Inovacao e Tecnologias* 6(1): 2944-2953. <https://doi.org/10.7198/S2237-0722201600010016>
- Ngapo T.M., Braña Varela D., Rubio Lozano M.S. (2017). Mexican consumers at the point of meat purchase. Beef choice. *Meat Science* 134: 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.013>
- Noshad M., Alizadeh Behbahani B., Jooyandeh H., Rahmati Joneidabad M., Hemmati Kaykha M.E.,

- Ghods Sheikhan M. (2021). Utilization of *Plantago major* seed mucilage containing *Citrus limon* essential oil as an edible coating to improve shelf life of buffalo meat under refrigeration conditions. Food Science & Nutrition 9(3): 1625-1639. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2137>
- Olivas J.A., Díaz-Tenorio L.M., Munguía-Xóchihua J.M., Molina-Barrios R.M., Hernández-Chávez J.F. (2017). Indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de Ciudad Obregón, Sonora. Nacameh 11(2): 50-51.
- Omer M.K., Álvarez-Ordoñez A., Prieto M., Skjerve E., Asehun T., Alvseike O.A. (2018). A systematic review of bacterial foodborne outbreaks related to red meat and meat products. Foodborne Pathogens and Disease 15(10): 598-611. <https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2393>
- Pacheco-Montealegre M.E., Dávila-Mora L.L., Botero-Rute L.M., Reyes A., Caro-Quintero A. (2020). Fine resolution analysis of microbial communities provides insights into the variability of cocoa bean fermentation. Frontiers in Microbiology 11: 650. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00650>
- Pakroo S., Tarrah A., Takur R., Wu M., Corich V., Giacomini A. (2022). *Limosilactobacillus fermentum* ING8, a potential multifunctional non-starter strain with relevant technological properties and antimicrobial activity. Foods 11(5): 703. <https://doi.org/10.3390/foods11050703>
- Parada J.L., Caron C.R., Medeiros A.B.P., Soccol C.R. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: purification, properties and use as biopreservatives. Brazilian Archives of Biology and Technology 50: 512-542. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000300018>
- Perlo F.M., Fabre R., Bonato P., Jenko C., Tisocco O., Teira G. (2020). Uso de extracto de romero y ácido ascórbico en la conservación refrigerada de carne de cerdo. Ciencia, Docencia y Tecnología 31(60): 208-227. <https://doi.org/10.33255/3160/738>
- Pethick D.W., Fergusson D.M., Gardner G.E., Hocquette J.F., Thompson J.M., Warner R. (2005). Muscle metabolism in relation to genotypic and environmental influences on consumer defined quality of red meat. 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Protection, 5-9 de mayo, Bled, Slovenia. pp. 95-110.
- Pisoschi A.M., Pop A., Georgescu C., Turcu V., Olah N.K., Mathe E. (2018). An overview of natural antimicrobials role in food. European Journal of Medicinal Chemistry 143: 922-935. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.11.095>
- Qiao J., Wang N., Ngadi M.O., Gunenc A., Monroy M., Gariépy C., Prasher S.O. (2007). Prediction of drip-loss, pH, and color for pork using a hyperspectral imaging technique. Meat Science 76(1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.06.031>
- Rengifo Gonzales L.I., Ordoñez 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 ECI Perú 7(2): 77-85. <https://revistaeciperu.com/wp-content/uploads/2019/01/20100024.pdf>
- Rocchetti M.T., Russo P., Capozzi V., Drider D., Spano G., Fiocco D. (2021). Bioprospecting antimicrobials from *Lactiplantibacillus plantarum*: Key factors underlying its probiotic action. International Journal of Molecular Sciences 22(21): 12076. <https://doi.org/10.3390/ijms222112076>
- Rojo-Poveda O., Barbosa-Pereira L., Zeppa G., Stévigny C. (2020). Cocoa bean shell-a by-product with nutritional properties and biofunctional potential. Nutrients 12(4): 1123. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>
- Sabahi S., Abbasi A., Mortazavi S.A. (2022). Characterization of cinnamon essential oil and its application in *Malva sylvestris* seed mucilage edible coating to the enhancement of the microbiological, physicochemical and sensory properties of lamb meat during storage. Journal of Applied Microbiology 133(2): 488-502. <https://doi.org/10.1111/jam.15578>
- Salinas Labra S., Rubio Lozano M.S., Braña Varela D., Méndez Medina R.D., Delgado Suárez E.J. (2020). Desarrollo y validación de un patrón visual para la evaluación del color de la carne de bovino en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 11(2): 479-497.
- Signorini M. (2007). Microbiología de carnes envasadas al vacío y la biopreservación como medio para prolongar la vida de anaquel. Nacameh 1: 26-40.

- Signorini M., Costa M., Teitelbaum D., Restovich V., Brasesco H., García D., Superno V., Petroli S., Bruzzone M., Arduini V., Vanzini M., Sucari A., Suberbie G., Marice T., Rodríguez R., Leotta G.A. (2018). Evaluation of decontamination efficacy of commonly used antimicrobial interventions for beef carcasses against Shiga toxin-producing *Escherichia coli*. *Meat Science* 142: 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.009>
- Silva E.N.D., Ramos D.D.C., Menezes L.M., Souza A.O.D., Lannes S.C.D.S., Silva M.V.D. (2014). Nutritional value and antioxidant capacity of "cocoa honey" (*Theobroma cacao* L.). *Food Science and Technology* 34: 755-759. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6447>
- Solórzano J.V.S., Bravo Y.J.M., Demera Y.H.B., Pin J.C.L. (2019). Calidad microbiológica de la carne de res comercializada en la ciudad de Calceta. *Revista ESPAMCIENCIA* 10(2): 63-70.
- Tougan P.U., Dahouda M., Salifou C.F.A., Ahounou S.G.A., Kpodeko, M.T., Mensah G.A., Thewis A., Karim I.Y. (2013). Conversion of chicken muscle to meat and factors affecting chicken meat quality: a review. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 3(8): 1-20.
- Umaraw P., Verma A.K. (2017). Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(6): 1270-1279. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.986563>
- Velasco V., Bravo P., Williams P., Campos J., Astudillo R., Melín P., Velasco V., Bravo P., Williams P., Campos J., Astudillo R., Melín P. (2017). Estabilidad durante el almacenamiento de carne de pollos alimentados con orégano seco (*Origanum vulgare* L.) en la dieta. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* 33(1): 28-38. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902017005000104>
- Velasco V., Soto V.H., Williams P., Campos J., Astudillo R., Rodríguez H. (2018). Meat quality parameters of broiler chickens fed diets containing chicory (*Cichorium intybus*) vinasse. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* 34(1): 26-32.
- Volzing K., Borrero J., Sadowsky M.J., Kaznessis Y.N. (2013). Antimicrobial peptides targeting Gram-negative pathogens, produced and delivered by lactic acid bacteria. *ACS Synthetic Biology* 2(11): 643-650. <https://doi.org/10.1021/sb4000367>

(Aceptado para publicación el 27 de mayo de 2024)