

## Efectos de un conservante natural a base de caña de azúcar, y lactato de sodio, sobre las características y aceptación del jamón prensado

Valeria Brenes Rodríguez<sup>1</sup> , Alejandro Chacón-Villalobos<sup>2</sup>  & Yorleny Araya-Quesada<sup>1</sup> 

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José, Costa Rica; valebr9@gmail.com, yorleny.araya@ucr.ac.cr
2. Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Cartago, Costa Rica; alejandro.chacon@ucr.ac.cr

Recibido 5-V-2022 · Corregido 4-VII-2022 · Aceptado 13-VII-2022  
DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14i2.4200>

**ABSTRACT.** “Effects of a natural preservative from sugarcane, and sodium lactate, on characteristics and acceptance of pressed ham”. **Introduction:** The reformulation of processed meat products is an important strategy in international plans to reduce sodium consumption. **Objective:** To compare the preserving action of sodium lactate with that of Proteria™ CV, based on sugarcane. **Methods:** We tested the preservatives during the refrigerated storage of pressed ham, in four combinations: sodium lactate, Proteria™ CV, a 50% - 50% mix of both, and no preservative as control. We evaluated total aerobic mesophilic microorganisms count, lactic acid bacteria count, pH, syneresis, texture, color and oxidative rancidity; as well as a discriminative sensory evaluation and a liking test with 100 consumers. **Results:** There were no differences in physical, chemical, and microbiological parameters. Consumers, however, reported a sensory difference. 67% of panelists liked all samples but preferred Proteria™ CV; 21% showed no preference but disliked the mixture; and 12% preferred the mixture. **Conclusion:** Proteria™ CV achieves a 30% reduction in sodium, and is accepted by consumers without generating significant quality changes.

**Keywords:** Sausages, quality, shelf life, sodium reduction, tetrad test, liking.

**RESUMEN. Introducción:** Efectos de un conservante natural a base de caña de azúcar, y lactato de sodio, sobre las características y aceptación del jamón prensado”. **Introducción:** La reformulación de productos cárnicos procesados es una estrategia importante en los planes internacionales para reducir el consumo de sodio. **Objetivo:** Comparar la acción conservante del lactato de sodio con la de Proteria™ CV, basado en caña de azúcar. **Métodos:** Probamos los conservantes durante el almacenamiento refrigerado de jamón prensado, en cuatro combinaciones: lactato de sodio, Proteria™ CV, una mezcla al 50% - 50% de ambos, y sin conservante (como control). Evaluamos conteo de microorganismos aerobios mesófilos totales, conteo de bacterias ácido lácticas, pH, sinéresis, textura, color y rancidez oxidativa; así como una evaluación sensorial discriminativa y una prueba de agrado con 100 consumidores. **Resultados:** No obtuvimos diferencias en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los consumidores, sin embargo, informaron una diferencia sensorial. Al 67 % de los panelistas les gustaron todas las muestras, pero prefirieron Proteria™ CV; el 21% no mostró preferencia pero les disgustó la mezcla; y el 12% prefirió la mezcla. **Conclusión:** Proteria™ CV logra una reducción del 30% en sodio, y es aceptado por los consumidores sin generar cambios significativos en la calidad.

**Palabras clave:** Embutidos, calidad, vida útil, reducción de sodio, prueba tétrada, agrado.

En Costa Rica el jamón prensado no se clasifica específicamente como un embutido, sino como “el producto procesado y prensado, elaborado con carne de cerdo, de res o de ambos, e ingredientes de uso permitido, empacado en material adecuado y sometido a cocción”, de acuerdo con las especificaciones en el decreto N°18341-MEIC de la Norma Oficial de Productos Cárnicos (Decreto N°18341-MEIC, 1988). No obstante, es clasificado como un embutido escaldado por la forma en que se consume, que es muy parecida a la de la mortadela (Araujo & González, 2019).



En el 2011, el Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Salud (INCIENSA) pusieron en marcha el Plan Nacional de Reducción de Consumo de Sal y Sodio en la población, para apoyar una iniciativa de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Uno de los objetivos principales del plan es impulsar un replanteamiento de productos para que tengan menores cantidades de sodio. Los embutidos son la cuarta fuente principal de sodio en la dieta de los costarricenses (Carballo de la Espriella & Morales, 2011), por lo que su reformulación es una alternativa atractiva para lograr una ejecución exitosa del plan.

La preparación del jamón requiere diversos ingredientes con funciones específicas que aportan sodio, como la sal, sal de cura, fosfatos, eritorbato de sodio, glutamato monosódico (Intriago, 2015) y preservantes. Actualmente, el preservante más utilizado en la producción de jamón prensado en Costa Rica es el lactato de sodio, que actúa contra ciertos microorganismos patógenos y controla el crecimiento de los microorganismos causantes de deterioro del producto. En el marco de la iniciativa de la OPS, la sustitución de estos preservantes es factible, ya que pueden reemplazarse más fácilmente que otros ingredientes que aportan sodio al producto (Blanco et al., 2015). Al evidenciarse la necesidad de los preservantes libres de sodio, han surgido productos alternos como los cultivos bioprotectores (Rubio et al., 2014) y productos naturales de origen animal o vegetal (Delves-Broughton, 2012); también se ha estudiado el uso de sustancias como ácidos orgánicos o vinagre para el control de patógenos en estos productos (Mani-López et al., 2012; Sullivan et al., 2012).

En este estudio se examinó la funcionalidad de Proteria™ CV, preservante sin contenido de sodio elaborado en Bélgica a partir de fermento de caña de azúcar y vinagre, ya que su incorporación en la cadena de producción de jamón en el país es factible. No obstante, los productos cárnicos europeos tienen un mayor contenido de carne (Los et al., 2014), por lo que resulta importante estudiar su desempeño en productos costarricenses para garantizar su efectividad a nivel de producción nacional. La casa comercial Handary, productora de este preservante, ha publicado estudios sobre su funcionamiento, sin embargo, no se encontraron investigaciones externas que comprueben su capacidad de controlar los microorganismos causantes de deterioro en el jamón. El objetivo del presente estudio es comparar la acción preservante del lactato de sodio con la de Proteria™ CV durante el almacenamiento en refrigeración de jamón prensado. Se comparó el efecto de ambos sobre el contenido de sodio y la calidad física y química del producto final. Adicionalmente, se determinó si el uso del preservante alternativo afecta la percepción sensorial del jamón prensado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre enero y diciembre del 2016, en la Escuela de Tecnología de Alimentos y el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), ambas instituciones pertenecientes a la Universidad de Costa Rica y ubicadas en San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

**Formulación de las muestras control y experimentales de jamón prensado:** para la manufactura de los productos sujetos a evaluación, se preparó jamón de alto rendimiento, con un nivel de inyección del 100%, tanto para el control como para otros tres tratamientos.

**Tabla 1**

Contenidos de Lactato de Sodio y Proteria™ CV según Tratamiento Experimental

Tratamiento	Grupo	Contenido Lactato Sodio (%)	Proteria™ CV (%)
Control	TC	0	0
Lactato de sodio	T1	3	0
Proteria™ CV	T2	0	3
50:50	T3	1,5	1,5

Proteria™ CV está compuesto de fermento de caña de azúcar y vinagre (entre 12% y 16% m/m), y el lactato de sodio se considera el preservante de referencia (habitualmente al 3%) por su uso común en estos jamones (Calderón, 2021). Las concentraciones de Proteria™ CV se establecieron considerando una sustitución 1:1 del lactato de sodio y el rango de uso propuesto por la casa comercial de alrededor de 0,5% a 3% en el producto final (Handary S.A., 2020).

Se hicieron tres repeticiones para cada grupo. El jamón base era 100% de carne porcina, con una salmuera inyectada que contenía los otros ingredientes. La masa de salmuera inyectada fue equivalente a la de carne utilizada, por lo que la concentración de aditivos en el producto fue la mitad del valor indicado, es decir, a la mitad de su concentración en la salmuera.

El contenido de sodio calculado y la disminución de sodio para el TC fue de 0,78g Na/100g y 32,77% respectivamente; el T2 fue de 0,98g Na/100g y 15,09%, y el T3 fue de 0,81g Na/100g y 30,17%. El T1 se tomó como referencia (1,15g Na/100g), por su uso como el preservante sódico usual.

**Proceso de elaboración general de las muestras de jamón prensado:** cada formulación siguió el mismo proceso general de manufactura bajo estrictas normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Este inició con la carne de cerdo, a la que se le eliminó cualquier residuo de tejido no cárnico y excesos de grasa subcutánea. Después se procedió a su troceado, usando un molino de tornillo con un diámetro de plato de 5,08cm x 2,54cm; luego se mezcló manualmente con aislado proteico de soya previamente hidratado.

Durante la preparación de la salmuera se disolvieron en agua los ingredientes: fosfatos, sal de cura, eritorbato de sodio, sal, azúcar, transglutaminasa, colorante, condimentos y el preservante, este último con base en la Tabla 1.

La salmuera y la mezcla de carne con aislado proteico de soya se colocaron en una máquina denominada “tumbler”, que llevó a cabo el proceso de masajeo por tres horas en una cámara de refrigeración a 3°C. Luego se adicionó el almidón de papa a la mezcla, iniciando un nuevo masajeo en condiciones idénticas por 30 minutos adicionales. Se obtuvo una mezcla que se embutió en una funda impermeable con un calibre para jamones de 9,5mm, que se depositó en un molde metálico rectangular, que se cerró a presión y se dejó reposar por 12 horas en refrigeración a 3°C. Seguidamente, la mezcla en el molde se llevó a una marmita con agua, en la que se le dio una cocción escalonada a 60°C por una hora, luego a 70°C por una hora y a 80°C por otra hora, para que alcanzara una temperatura interna de 72°C, que se mantuvo durante tres minutos (U.S. Department of Agriculture [USDA], 2015). Se utilizó un termómetro de espiga para las mediciones de la temperatura interna.

Posteriormente a la cocción, se aplicó un choque térmico por inmersión en agua de hielo al contenido en los moldes, hasta que alcanzaron una temperatura interna de 35°C. Luego se almacenaron a 3°C por 24 horas. Terminada esta etapa, se extrajo del molde y se rebanó mecánicamente en lonjas de 2mm de grosor; que se empacaron en bolsas de polietileno de alta densidad al vacío según muestra experimental y repetición, y se refrigeraron a 4°C.

**Tabla 2**

Formulación de las Muestras Experimentales de Jamón Empleando un Nivel de Inyección del 100%

Ingrediente	Porcentaje (%)			
	TC	T1	T2	T3
Base cárnica				
Carne Porcina	100,00	100,00	100,00	100,00
Salmuera				
Agua	83,40	78,00	78,00	78,00
Fosfatos	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal de Cura 7% (126 ppm de Nitrito de Sodio)	0,36	0,36	0,36	0,36
Sal (NaCl)	3,00	3,00	3,00	3,00
Eritorbato de Sodio	0,16	0,16	0,16	0,16
Azúcar	0,60	0,60	0,60	0,60
Almidón de Papa	5,50	4,90	4,90	4,90
Carragenina	1,00	1,00	1,00	1,00
Aislado de Soya	4,00	4,00	4,00	4,00
Condimentos Bologna	1,00	1,00	1,00	1,00
Carmín CHR 3015 350	0,18	0,18	0,18	0,18
Transglutaminasa (Probind TX)	0,20	0,20	0,20	0,20
Lactato de Sodio al 60 %	0,00	6,00	3,00	0,00
Proteria <sup>TM</sup> CV	0,00	0,00	3,00	6,00

**Estudio de almacenamiento:** las muestras se almacenaron entre 0,5°C y 4°C durante 10 semanas, lo que está dentro del ámbito de la vida útil reportada para estos productos (Guzmán et al., 2016; Muyulema, 2012), y que es afín con la vida de anaquel en el mercado costarricense. Se muestreó cada tratamiento en las semanas 0, 2, 4, 6, 8 y 10 del estudio.

Se evaluaron por triplicado las siguientes variables de todos los tratamientos aplicados a las muestras extraídas a lo largo del tiempo:

#### Evaluaciones Físicas

- Sinéresis: Según Vercammen et al. (2011), que la explica como el porcentaje de la pérdida de fluidos durante el almacenamiento, medidos en términos de peso con una balanza granataria.
- Color: Se realizó a muestras homogenizadas con un procesador de alimentos, usando un colorímetro Color Flex, marca Hunter Lab, una luz D65, un ángulo de observador de 10° y una geometría óptica de 45°/0°. El colorímetro se calibró con un patrón negro y uno blanco, según las especificaciones del equipo, y se verificó con un patrón verde (HunterLab, 2004). Se usó el sistema de coordenadas CIELab (León et al., 2006; Dufossé & Galaup, 2011).
- Fuerza de corte: Según Tomović et al. (2013), se empleó un texturómetro TA:XT Plus de Stable Micro System. La fuerza de corte, expresada en Newtons (N), se midió en cubos de 1cm de arista de la muestra, usando una cuchilla en "V" con grosor de 1mm, a un ángulo de 60°, a una velocidad de 100mm/min y fuerza de 5g. Se realizaron seis réplicas de la medición para cada tratamiento, en cada punto del estudio.
- Análisis de perfil de textura (TPA): De acuerdo con Coutinho et al. (2015), se utilizó el texturómetro TA:XT Plus de Stable Micro System. Se compresionaron cubos de jamón de 1 cm de arista en dos ciclos, para lo que se utilizó un aditamento cilíndrico P/35 de 35mm al 50% de la altura de los cubos, es decir, 0,5cm. El tiempo entre compresiones

fue de cinco segundos y la curva de deformación se obtuvo con una velocidad de compresión de 60mm/min. Se obtuvieron los parámetros: dureza (fuerza máxima durante el primer ciclo en Newtons), cohesividad (relación entre áreas de la fuerza del primer y segundo ciclo), elasticidad (altura (mm) en la que el jamón se recupera entre la fuerza máxima del primer ciclo y el inicio del segundo) y masticabilidad (energía necesaria estimada para “masticar” el alimento expresada en N·mm).

#### Evaluaciones químicas

- pH: Según la AOAC 981.12 para alimentos semisólidos, se utilizó un pH metro 827 pH Lab, marca Metrohm, a una temperatura no mayor a 25°C (AOAC International, 2005).
- Índice de peróxidos e índice de TBA: Se estimó el nivel de oxidación primaria por medio del índice de peróxidos, según Sánchez (2015), haciendo la extracción de grasa según Acón (2016). La determinación del grado de oxidación secundaria se realizó con el método de la estimación del índice de ácido tiobarbitúrico (TBA), descrito por Kirk et al. (2012).

#### Evaluaciones microbiológicas:

- Recuento de mesófilos aerobios: Se siguió el método publicado por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), expuesto por Da Silva et al. (2013).
- Recuento de bacterias ácido-lácticas: Se siguió el método descrito por Njongmeta et al. (2015), basado en el método publicado por la APHA en el 2001.

Se realizaron tres repeticiones, y cada una correspondió a un bloque. En la comparación del uso de los preservantes se empleó un diseño de bloques con un arreglo factorial de dos factores: considerando el tiempo de almacenamiento en semanas como variable continua, y el preservante como variable nominal. Para el preservante se establecieron cuatro niveles: sin preservante, con 3% de lactato de sodio, con 1,5% de lactato de sodio y 1,5% de Proteria™ CV, y con 3% de Proteria™ CV. Los datos se analizaron con un análisis de varianza (ANDEVA) por parámetro de control, utilizando los datos del estudio y el software estadístico JMP 7. Se determinó si el preservante, el tiempo de almacenamiento y su interacción tenían efecto sobre las variables respuesta, empleando un nivel de significancia del 5%. Para determinar el TBA se usó el mismo diseño y el tiempo se tomó como variable nominal (Arguedas, 2014).

**Estudio de evaluación sensorial:** los análisis sensoriales se realizaron con muestras de T1, T2 y T3 preparadas una semana antes (Araujo & González, 2019), almacenadas en refrigeración a menos de 4°C. Se realizó una prueba de discriminación y, según los resultados, una prueba de agrado. Las pruebas fueron en fechas distintas, pero se utilizaron muestras con el mismo tiempo de elaboración. Los participantes tenían entre 18 y 65 años.

En la prueba de discriminación se empleó el método de la tétada descrito por Ennis & Jesionka (2011) y Ramírez (2016), con 81 consumidores de jamón; el número de panelistas se estimó para lograr una significancia del 5% y una potencia del 95%, asumiendo un valor de  $d'$  de 1,10. Para determinar si los consumidores detectan diferencias en el sabor de los jamones con los preservantes, se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial con tres niveles: lactato de sodio 3%, lactato de sodio 1,5% con Proteria™ CV 1,5%, y Proteria™ CV 3%. Las variables respuesta fueron las agrupaciones que efectuaron los consumidores y sus aciertos en las mismas.

La prueba de agrado se realizó con 100 consumidores de jamón (Chambers & Baker, 2012). Se empleó el método descrito por Villanueva & Da Silva (2009) y Villanueva et al. (2005), con una escala hedónica híbrida de 10cm. En la evaluación de aceptación de los jamones con preservantes

se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial de tres niveles: lactato de sodio 3%, lactato de sodio 1,5% con Proteria™ CV 1,5% y Proteria™ CV 3%, con la variable respuesta de agrado. Se aplicó un análisis de conglomerados para identificar grupos con diferente grado de aceptación (Alaminos et al., 2015). En cada grupo que se identificó, se aplicó una ANDEVA con una significancia del 5%, y al obtener diferencias, se aplicó una prueba LSD de Fisher de comparación de media.

## RESULTADOS

**Análisis microbiológico durante el tiempo de almacenamiento:** el recuento total aerobio de mesófilos (RTAM) y el de bacterias ácido-lácticas (BAL) tendieron a aumentar conforme pasó el tiempo de almacenamiento, efecto que era esperable y resultó significativo para el RTAM ( $p=0,0229$ ) (Han et al., 2011; Baños et al., 2012). En ningún recuento se presentó una diferencia significativa a través del tiempo ( $p=0,5887$  para RTAM y  $p=0,8790$  para BAL, ambos con una potencia de prueba de 1,0000), ni en el efecto simple de los tratamientos. Es decir, no se comprueba que haya diferencia entre el desempeño del lactato de sodio, el producto Proteria™ CV, una mezcla de los dos, o ausencia de preservante en el control, de recuentos totales y de BAL. En la Figura 1 se muestra la progresión en el tiempo del recuento total aerobio de mesófilos (RTAM) y del recuento de BAL en el jamón prensado para tratamientos.

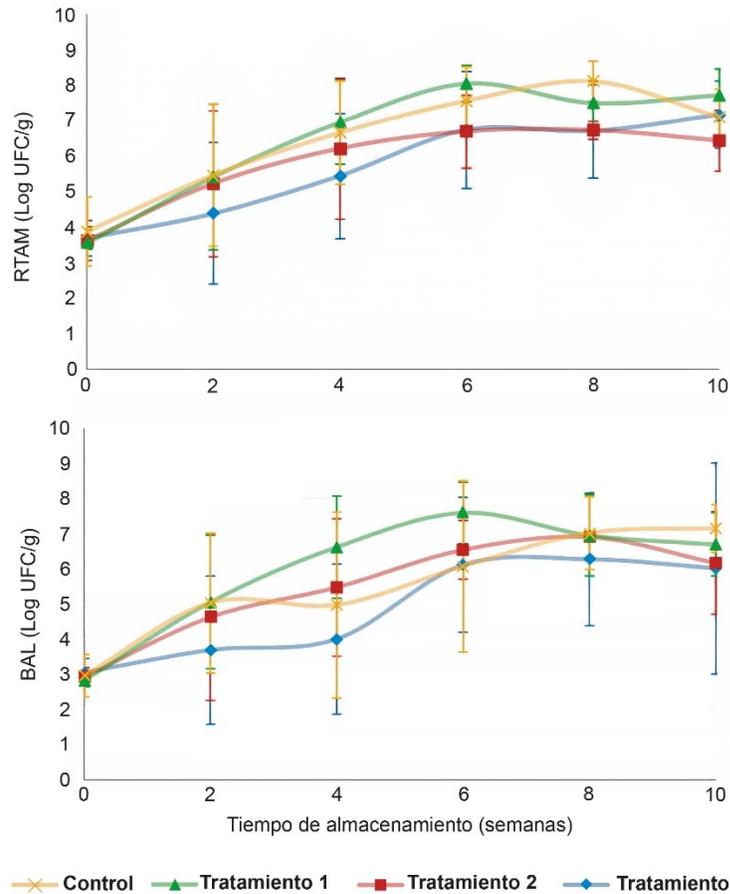
### **Análisis físicos y químicos durante el almacenamiento**

*Evaluación de textura:* en el análisis de TPA se encontraron diferencias entre TC y los demás tratamientos. En el caso de las medias de dureza ( $p=0,8874$ ), cohesividad ( $p=0,8360$ ), elasticidad ( $p=0,7483$ ) y masticabilidad ( $p=0,9558$ ), no se observaron diferencias significativas a lo largo del tiempo para T1, T2 y T3 (potencia de prueba de 1,0000). No obstante, en comparación con TC, a lo largo del tiempo, los parámetros anteriores fueron significativamente menores en todos los casos ( $p<0,0001$ ). La Figura 2 muestra el comportamiento promedio de los parámetros de TPA y fuerza de corte del jamón prensado, según los distintos tratamientos durante su almacenamiento a 4°C.

*Evaluación de parámetros colorimétricos:* el comportamiento de los parámetros de color se mantuvo constante durante el almacenamiento, sin importar el tratamiento aplicado. En ninguno de los parámetros de color: L\* con  $p=0,9203$ , a\* con  $p=0,9996$ , b\* con  $p=0,9708$  y  $\Delta E$  con  $p=0,6522$ , se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, el control sí presentó una diferencia significativa de color con respecto a los demás tratamientos, con mayor luminosidad ( $p=0,0039$ ), menor valor de a\* ( $p<0,0001$ ) y de b\* ( $p<0,0001$ ). No obstante, estas diferencias no se percibieron a simple vista. La Figura 3 muestra el comportamiento promedio de los parámetros colorimétricos del jamón prensado con los distintos tratamientos durante su almacenamiento a 4°C.

*Evaluación del pH:* como se puede observar en la Figura 4, el comportamiento promedio de pH de los jamones con distintos tratamientos no fue significativamente diferente durante el periodo de almacenamiento a 4°C ( $p=0,6525$  con una potencia de prueba igual a 0,6911).

*Evaluación de la sinéresis:* los valores promedio de sinéresis tendieron a aumentar en el tiempo, con efecto estadísticamente significativo ( $p<0,0001$ ). La Figura 5 muestra el comportamiento promedio del jamón prensado con los distintos tratamientos durante su almacenamiento a 4°C. El comportamiento promedio de las muestras de los diferentes tratamientos no fue significativamente diferente durante este periodo ( $p=0,9429$ , con potencia de prueba igual a 1,0000).



**Fig. 1.** Comportamiento Promedio del Recuento Total Aerobio de Mesófilos (RTAM) y de Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) en el Jamón Prensado de los Distintos Tratamientos Durante su Almacenamiento a 4°C.

*Evaluación de oxidación lipídica:* los valores promedio del índice de peróxidos no siguieron una tendencia clara, fluctuando entre 0 y 6mmol I2/kg TAG, y el comportamiento en el tiempo no fue significativamente diferente ( $p=0,5875$  potencia de prueba igual a 0,9990). Los valores promedio de número de TBA tampoco fueron significativamente diferentes entre tratamiento ( $p=0,4497$ , potencia de prueba igual a 1,0000), ni presentaron una tendencia clara. Lo esperado hubiera sido un aumento en los productos de oxidación, conforme pasó el tiempo de almacenamiento, por lo que los resultados obtenidos demuestran que el uso de Protertia™ CV como preservante no tiene un impacto evidente en la oxidación de las grasas en el producto.

*Evaluación sensorial:* los resultados de la prueba de tétrada para determinar si los consumidores percibieron la diferencia entre los tratamientos se muestra en la Tabla 3; sí detectaron la diferencia, lo que abrió la posibilidad de efectuar una prueba de agrado general de los tratamientos.

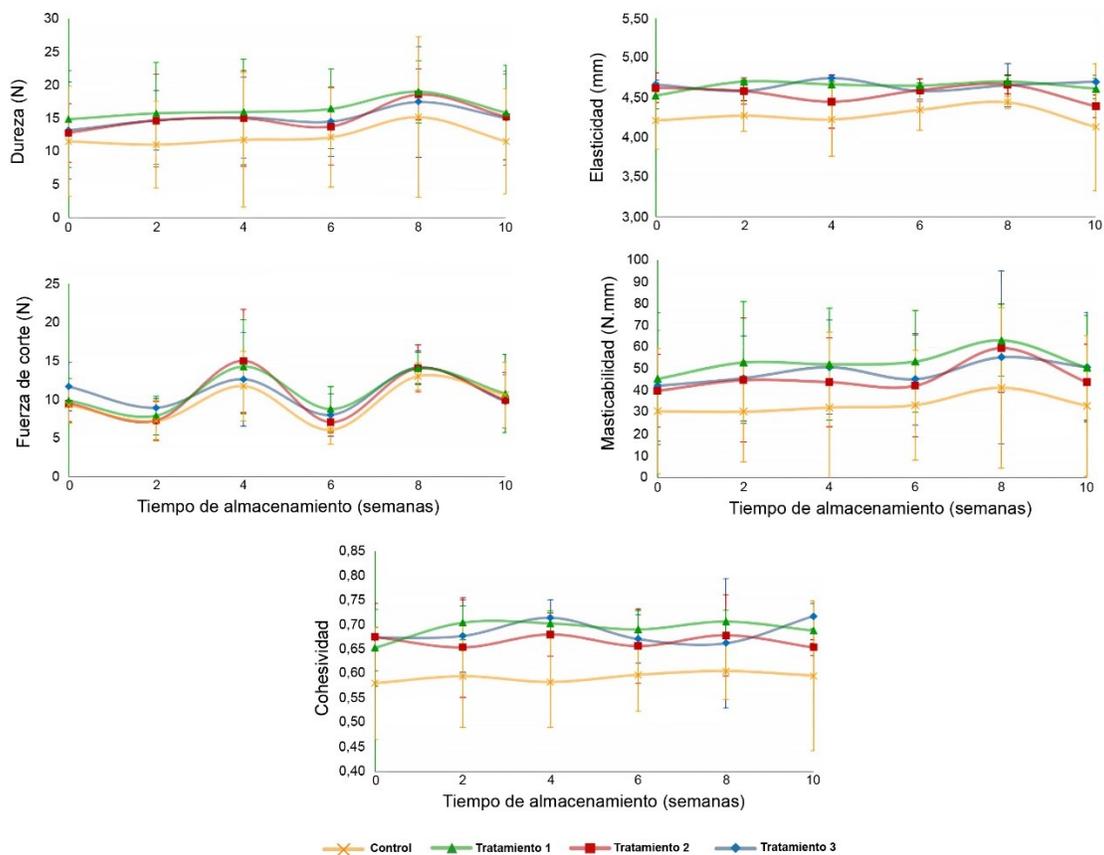


Fig. 2. Comportamiento Promedio de Parámetros de TPA y Fuerza de Corte del Jamón Prensado de los Distintos Tratamientos Durante su Almacenamiento a 4°C.

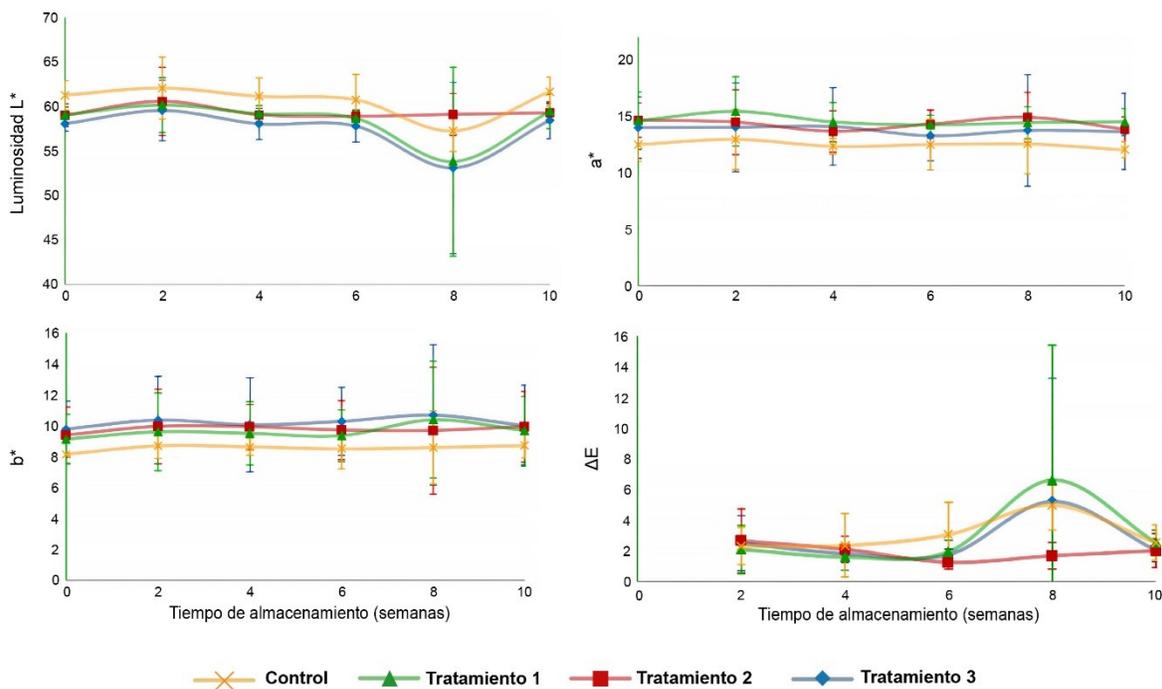


Fig. 3. Comportamiento Promedio de los Parámetros Colorimétricos del Jamón Prensado de los Distintos Tratamientos Durante su Almacenamiento a 4°C.

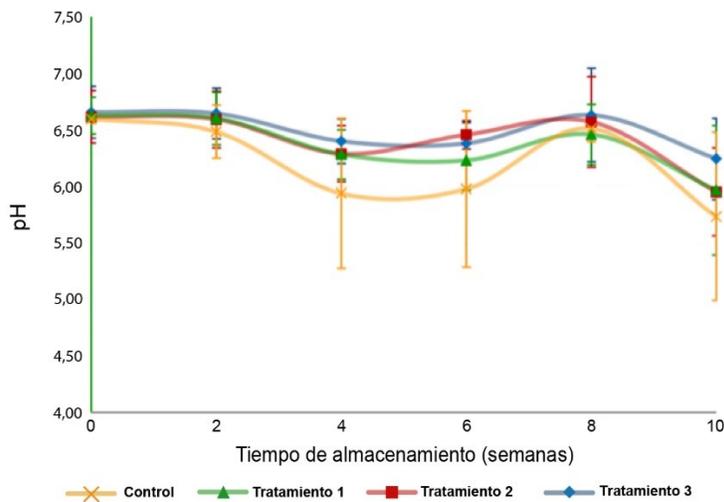


Fig. 4. Comportamiento Promedio del pH del Jamón Presado de los Distintos Tratamientos Durante su Almacenamiento a 4°C.

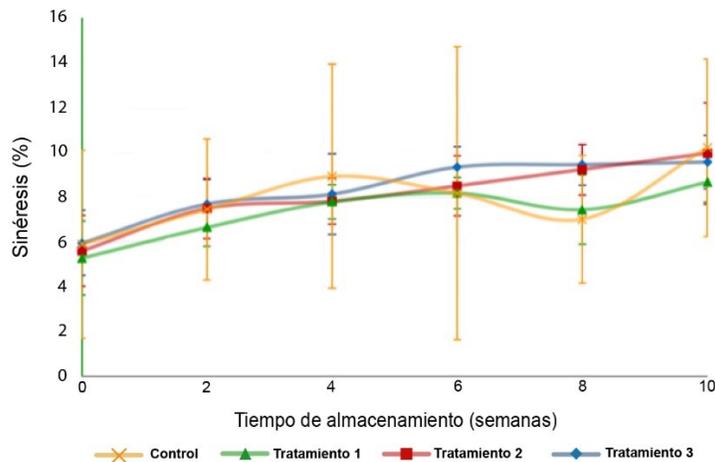


Fig. 5. Comportamiento Promedio de la Sinéresis del Jamón Presado de los Distintos Tratamientos Durante su Almacenamiento a 4°C.

Tabla 3

Resultados de la Evaluación Discriminativa entre los Tratamientos 1, 2 y 3

Cantidad Total de Jueces (n)	Tratamientos Comparados	Aciertos Obtenidos	Aciertos Necesarios para Determinar Diferencia Significativa con $\alpha=0,05$	Magnitud Sensorial de la Diferencia Percibida $d'$
81	T1 y T2	32	35	0,60
	T1 y T3	49		1,38
	T2 y T3	46		1,26

Un análisis de conglomerados con el método de Ward y los datos recopilados en la prueba de agrado permitieron agrupar a los consumidores en tres segmentos principales: el segmento 1, que representó al 67%, el 2 al 21% y el 3 al 12%. En promedio, el segmento 1 calificó mejor los tres tratamientos evaluados. El segmento 2 presentó mayor agrado por T3 y T1 que por T2, y el segmento

3 calificó T2 con mayor agrado. Los valores promedio de agrado general para el jamón prensado de cada tratamiento, y el correspondiente resultado de la prueba LSD para cada segmento, se muestran en la Figura 6.

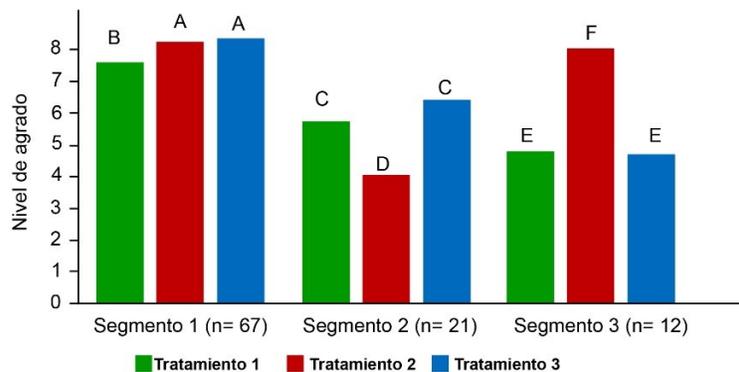


Fig. 6. Valores Promedio de Agrado General para el Jamón Prensado de Cada Tratamiento y Resultado de la Prueba LSD para Cada Segmento.

## DISCUSIÓN

En cuanto al sodio, solo se tomó en cuenta el aporte de los aditivos en cada tratamiento y se excluyó el sodio de la carne de la que está hecha el jamón. El TC tuvo el menor valor de sodio añadido, ya que no contenía lactato de sodio. El segundo valor más bajo lo presentó T3, que tuvo un porcentaje de reducción de sodio más cercano al TC, en comparación con T1. El uso de Protertia™ CV resultó en un contenido de sodio cercano al obtenido cuando no se utilizó ningún preservante y a una reducción de sodio añadido del 30%.

Se puede asumir que este producto es una opción para reducir el sodio en embutidos y lograr la reducción del 15% bianual que propone el Plan Nacional de Reducción de Consumo de Sal/Sodio (Ministerio de Salud Costa Rica, 2011). Una vez finalizado el periodo, la reducción del contenido de sodio en el producto sería de 22,6%, y al sustituir todo el lactato de sodio por Protertia™ CV en la misma concentración, se eliminaría el sodio contenido. Si su desempeño fuera equivalente o mejor al del lactato de sodio, este representaría una alternativa para disminuir el sodio contenido, sin comprometer la vida útil del producto. Tomando el jamón prensado con lactato de sodio como referencia, la reducción lograda al sustituir todo el lactato de sodio con Protertia™ CV, es de más del 25%, lo que lo convierte en un producto reducido en sodio (Consejo de Ministerios de Integración Económica [COMIECO], 2011).

Según el análisis de crecimiento de BAL, los resultados del estudio concuerdan con lo reportado por Dusková et al. (2016), que utilizaron un producto sin preservantes y obtuvieron recuentos promedio de hasta 8log UFC/g desde la semana cinco, valores que Liu et al. (2012) reportaron en la semana siete. El desempeño de los preservantes se midió con los tratamientos: ausencia de preservante como control, el lactato de sodio, el Protertia™ CV y una mezcla de ambos. Debido a que el lactato de sodio se utiliza actualmente como preservante (Gómez et al., 2013), estos resultados no son los esperados, pues debería diferenciarse al menos del control.

Durante el almacenamiento se observó una diferencia entre las características sensoriales (especialmente el olor) del tratamiento control y los tratamientos con preservantes, lo que evidenció la presencia de diferentes bacterias en cada uno; la diferencia entre el lugar y las fechas de los muestreos también pudieron afectar los resultados. Aunque se implementaron las BPM en la

Planta Piloto, la elaboración de productos con orígenes variables puede afectar la microflora presente y las cargas iniciales de productos susceptibles a recontaminación. Esto también podría explicar la variedad de morfologías obtenidas en las repeticiones de los recuentos de BAL en cada tratamiento.

No se contó con la automatización de las operaciones de rebanado y empackado, y el producto estuvo expuesto al medio ambiente, lo que pudo generar variabilidad en los recuentos. Las tres repeticiones de los recuentos presentaron desviaciones que imposibilitaron la determinación de diferencias significativas entre tratamientos. Si se repitiera el experimento, habría que garantizar el mismo ambiente séptico durante estos procesos, para que el conteo inicial sea igual en cada repetición, no obstante, estas condiciones no son fieles a la realidad en la industria.

En los recuentos de T2 y T3 que contenían Proteria™ CV, se observó un crecimiento de microorganismos menos acelerado, pero este comportamiento no se dio en las tres repeticiones, por lo que no se evidenció en el análisis estadístico. Aunado a esto, el fabricante reporta un mayor control del crecimiento de BAL en comparación con la ausencia de preservantes. Los resultados permiten asumir que el desempeño de este preservante alternativo puede ser igual o mejor al de referencia (Handary, 2020). Proteria™ CV es un fermento con ácidos orgánicos y el lactato de sodio es una sal de un ácido orgánico, por lo que el mecanismo de acción puede ser similar en ambos casos (Mani-López et al., 2012).

En condiciones de producción más controladas, podría repetirse el experimento y esperar una mejora en el desempeño de los productos, además, diversas investigaciones reportan que es posible inocular la muestra al inicio de la evaluación de distintos métodos de preservación en jamón prensado (Han et al., 2011; Baños et al., 2012). No obstante, si existieran diferencias ambientales durante el rebanado y envasado, los resultados se verían afectados por diferencias en los recuentos microbiológicos iniciales, a pesar de la inoculación.

Idealmente, la eficacia de los preservantes se evaluaría con más repeticiones y estandarizando el ambiente de manejo (una planta para producción exclusiva de cárnicos), lo que aseguraría que la microflora presente en el proceso fuera propia de su categoría. Adicionalmente, podría realizarse un estudio que determine específicamente las cepas bacterianas presentes con el paso del tiempo. No obstante, una limitación del presupuesto no permitió repetir el experimento con la muestra inoculada ni con un espacio séptico; tampoco fue posible observar la variabilidad entre las repeticiones hasta que se realizó el análisis estadístico.

Durante el almacenado, se midió la fuerza de corte promedio según tratamiento, sin que se encontraran diferencias significativas ( $p=0,8860$ ), con una potencia de prueba de 0,9999. Todas las medidas fueron cercanas a 10N, lo que puede deberse a la gran diversidad en las muestras. No obstante, son valores menores a los obtenidos en jamones con altos niveles de inyección, con valores entre 15N y 17N (Tomović et al., 2013).

No se encontraron resultados significativos en la textura de los tratamientos, sin embargo, sí se encontraron daños evidentes en el TC, que presentó una actividad microbiológica única. El aumento en los recuentos bacterianos podría afectar la textura, ya que las enzimas de las bacterias pueden afectar la matriz de la carne. De forma general, los recuentos microbianos obtenidos y los resultados relacionados con la textura concuerdan con lo esperado (Guerrero-Legarreta, 2014; Coutinho et al., 2015).

En el proceso de elaboración de las muestras se usó un colorante rojo carmín para evitar que su cambio de color dependiera solo del proceso de curado, por lo que estos parámetros mantuvieron un comportamiento constante, con cambios mínimos. Los resultados de este estudio eran esperados, considerando que los preservantes no afectarían la conformación de los colorantes. No se produjeron cambios evidentes en el color, luminosidad ni parámetros  $a^*$  y  $b^*$  en tratamientos con Proteria™ CV, que es de color café oscuro (Handary, 2020). Por otro lado, se encontraron

diferencias significativas entre TC y los otros tratamientos, ya que presentó mayor luminosidad ( $p=0,039$ ), y un menor valor de  $a^*$  ( $p<0,0001$ ) y de  $b^*$  ( $p<0,0001$ ), no obstante, estas diferencias no fueron visibles.

Los datos de color del experimento se parecen a los reportados por Liu et al. (2012), que evaluaron un jamón con un color más rojizo (+5 unidades en  $a^*$ ) y amarillento (+5 unidades en  $b^*$ ), y un bajo nivel de inyección. Es el mismo caso de Duarte et al. (2015), que analizaron un jamón menos rojizo (-7 unidades en  $a^*$ ) y más luminoso (+8 unidades en  $L^*$ ), y obtuvieron valores similares a los de este estudio en el parámetro  $b^*$ . Estos parámetros dependen del grado de inyección del producto, por lo que se asume que el jamón prensado elaborado está en un rango normal.

Los preservantes naturales como Proteria™ CV son una alternativa viable en productos homogenizados por su coloración oscura, que no afecta el color obtenido a nivel industrial ni durante su tiempo en anaquel. Debido a que el producto tiene una coloración heterogénea por su composición, no se midió el color de la superficie, por lo que sería posible encontrar cambios más relevantes de color en esta parte.

Existen reportes que indican que Proteria™ CV mantiene el pH estable durante el almacenamiento (Handary, 2020), por lo que no se esperaba un cambio fuerte. El control presentó mayor acidez, lo que implica que este depende principalmente de la actividad de las BAL (Bautista, 2014; Da Silva et al., 2013). Esta variable tendió a disminuir de forma estadísticamente significativa ( $p=0,0201$ ) en todos los tratamientos ( $p<0,001$ ), y el valor promedio de TC fue menor al T3. El pH de T1, T2 y T3 son similares a los encontrados en investigaciones que evalúan jamones con niveles de inyección de 20% y 100%, y reportan valores entre 6, 14 y 7 durante el almacenamiento (Liu et al., 2012; Tomović et al., 2013; Pietrasik & Gaudette, 2014; Duarte et al., 2015). Se deduce que en el presente estudio, el uso de Proteria™ CV como preservante no afectó el pH de las muestras, más bien lo mantuvo según lo esperado, y que, para garantizar su eficiencia podría realizarse una inoculación antes al estudio, sin importar la carga inicial de las muestras.

Los valores de sinéresis promedio obtenidos en todos los tratamientos aumentaron con el paso del tiempo, con un efecto significativo ( $p<0,0001$ ), comportamiento esperado por los altos valores de inyección en el jamón prensado. Esto se debe a la presencia de proteasas y a la actividad microbiológica que debilitan el gel cárnico conforme pasa el tiempo (Guerrero-Legarreta, 2014). En el almacenamiento, la sinéresis de las muestras no fue significativamente diferente ( $p=0,9429$ , con potencia de prueba igual a 1,0000) entre tratamientos. Esto es esperado, ya que la estabilidad de la matriz cárnica no debería ser afectada o debilitada por los preservantes.

Los ácidos orgánicos presentes en los preservantes utilizados se disocian en la matriz del producto, afectando su fuerza iónica, efecto que es evidente desde el inicio del almacenamiento. No obstante, no se encontraron diferencias significativas en la sinéresis de los tratamientos, lo que pudo deberse al poco preservante utilizado. Por otro lado, las muestras presentaron valores promedio más elevados que en otras investigaciones en las que se utilizaron menores niveles de inyección (20% y 40%) (Vercammen et al., 2011; Coutinho et al., 2015).

El equipo utilizado no fue de calidad industrial, no obstante, el experimento se ajustó a las condiciones industriales de procesamiento (en tiempo), lo que puede explicar los valores altos de sinéresis. El equipo hubiera tenido que ajustarse para que se masajeara el producto por un mayor tiempo, lo que hubiera mejorado la extracción de las proteínas miofibrilares, resultando en un gel más estable. La retención de agua podría mejorarse si se aplica el vacío durante el masajeo, ya que contribuiría a una alta absorción de la salmuera en la matriz cárnica. Los valores altos de sinéresis obtenidos pueden deberse a que la concentración de sal final fue de 1,65%, menor al 2% necesario para lograr la fuerza iónica necesaria para una adecuada extracción de proteínas (Sebranek, 2015). Es decir, aunque tenga otros agentes retenedores de agua, la matriz cárnica puede no estar en su capacidad de retención óptima, afectando la sinéresis del producto a largo plazo.



Según el índice de peróxidos medido en la grasa de cerdo comercial en España, que es de 2,5 mmol I2/kg (Comunidad Madrid, 2009), el jamón del estudio parece estar más oxidado de lo debido. No obstante, la carne tenía un alto nivel de inyección y bajo contenido de grasa, por lo que esta oxidación no afectó tanto sus propiedades sensoriales. Durante el almacenamiento se determinaron los valores promedio de TBA en los tratamientos, que no presentaron una tendencia clara, ni diferencias significativas entre sí ( $p=0,4497$ , potencia de prueba igual a 1,0000). Esto no coincide con lo esperado, ya que aumentos en el tiempo de almacenamiento hubieran generado un aumento de los productos de oxidación secundaria.

Se obtuvieron valores entre 0,1 y 0,2mg de aldehído malónico/kg, que se encuentran dentro del rango para jamones determinado por el mercado estadounidense (Sindelar et al., 2007). Existen reportes de valores menores a 0,1mg aldehído malónico/kg (Hierro et al., 2011), pero los valores obtenidos son similares a los reportados por Gao et al. (2015). Por otro lado, Liu et al. (2012) reportan altos valores desde el inicio de su estudio y un máximo permitido de 1,0mg aldehído malónico/kg, y Clariana et al. (2011) obtuvieron valores mayores de TBARS desde el inicio de su estudio de almacenamiento.

Los valores de oxidación lipídica secundaria obtenidos son adecuados y demuestran que el uso de Protería™ CV como preservante no tiene un impacto claro en la oxidación de las grasas.

Los resultados sugieren que hay dos tipos de grasas en las muestras: la de carne de cerdo y la oleoresina con sabor a jamón, ambas se oxidaron en las semanas 4 y 8 por separado, presentando aumentos en los índices de peróxidos. Se dio oxidación secundaria en las semanas 6 y 10, y se observó un aumento de TBA del producto. Las altas cantidades de TBA obtenidas al inicio del experimento pudieron deberse a la oxidación lipídica remanente de alguna materia presente previamente a la elaboración del producto.

La microflora afecta la vida útil y acción preservante del producto (Erkmen & Bozoglu, 2016), por lo que las condiciones de producción descritas anteriormente pudieron afectar directamente los aspectos sensoriales y su velocidad de deterioro. Esto explica también la variedad de atributos sensoriales percibidos en las tres repeticiones.

El análisis sensorial mostró una diferencia alta entre las parejas de tratamientos T1 y T3 y, T2 y T3, al compararlas con los niveles de preferencia de T1 y T2. En el caso de T3, tenía el mayor contenido de Protería™ CV y un contenido de vinagre (12% y 16%) que le dio una coloración oscura y olor ácido (Handary, 2020). Estas características pudieron haber influido en el sabor del producto y la percepción de los consumidores, que podría disminuirse utilizando una dosis de Protería™ CV menor a la recomendada por el fabricante (T3).

El tratamiento T2 contenía la mitad de la dosis del T3 y el mismo porcentaje de lactato de sodio, y los consumidores no percibieron una diferencia de sabor con T1 ( $p=0,1447$ ). Los tratamientos con lactato de sodio (T1 y T2) fueron percibidos de forma distinta a T3, que no tenía. Por lo tanto, la percepción de los consumidores dependió de la presencia o ausencia de Protería™ CV y del lactato de sodio, ya que este segundo puede potenciar el sabor salado (Araya, 2018), efecto evidente en este caso (aunque suele depender de la cantidad de sal en el producto).

En la prueba de agrado general, el segmento 1 calificó mejor a los tres tratamientos. Mostraron un menor agrado por el jamón del T1, con lactato de sodio, y le dieron una mejor calificación a T2 y T3, con Protería™ CV. Los consumidores en este segmento serían el mercado meta de un producto de jamón prensado con Protería™ CV como preservante.

El segmento 2 presentó mayor agrado por los T3 y T2 en comparación con el T1. Sin embargo, no se encontró diferencia entre el jamón con Protería™ CV en lugar de lactato de sodio. La muestra con la mezcla de preservantes obtuvo la peor calificación por parte de este segmento y se observaron diferencias significativas entre este y los tratamientos con un solo preservante. Este grupo podría ser parte del público meta de un jamón reducido en sodio.

El segmento 3 tuvo un mayor agrado por T2, que contenía la mezcla de preservantes; para complacer a estos consumidores podría utilizarse una menor dosis de Proteria™ CV, tomando en cuenta el aporte de sabor del lactato de sodio.

Según la opinión en los tres segmentos, el jamón con Proteria™ CV podría comercializarse si se utiliza como único preservante contra microorganismos causantes de deterioro y no en una mezcla con lactato de sodio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el apoyo de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, así como de la empresa Asesoría en Alimentos Alfa de Costa Rica (ASEAL S.A.) y de Francia Osiris Madrid González, por su apoyo material, conceptual y logístico, fundamental en la concreción de este trabajo.

## **ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO**

Los autores, Valeria Brenes Rodríguez, Alejandro Chacón Villalobos y Yorleny Araya Quesada, declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, están de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de la contribución de cada autor al manuscrito es la siguiente: V.B.R.: Recolección de datos, análisis y redacción. A.C.V.: Análisis de datos, redacción y revisión del manuscrito. Y.A.Q: Recolección de datos, análisis.

## REFERENCIAS

- Acón, M.Y. (2016). *Evaluación del efecto antioxidante y antimicrobiano del orégano (Origanum vulgare) en polvo y en oleorresina y de la mostaza china (Brassica rapa var. pekinensis) en polvo, como alternativa natural en productos cárnicos*. [Tesis Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <https://bit.ly/3odL6rl>
- Alaminos, A., Francés, F.J., Pénala, C., & Santacreu, O.A. (2015). *Análisis multivariante para las ciencias sociales I: índices de distancia, conglomerados y análisis factorial*. PYDLOS Ediciones. <http://hdl.handle.net/10045/52627>
- AOAC International. (2005). *AOAC Official Method 981.12: pH of Acidified Food*. AOAC International
- Araujo, R.V., & González, G.J. (2019). Elaboración de jamón cocido prensado a partir de mezclas de carne de Chigüiro (*Hydrochoerus isthmius*) y carne de cerdo (*Suscrofa domesticus*). [Tesis Licenciatura, Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2898/AraujoCorderoRosaVanessa%20-%20GonzalezHidalgoGabrielJose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araya, S. (2018). *Reducción de tripolifosfato de sodio y lactato de sodio en un salchichón, con y sin reducción de cloruro de sodio: efecto sobre la estabilidad, el pH de la emulsión, el sabor salado y la textura*. [Tesis Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/5984>
- Arguedas, A.G. (2014). *Impacto del porcentaje de sustitución de grasa con chayote deshidratado sobre la estabilidad físico-química, microbiológica y sensorial e salchichas de pollo durante su almacenamiento en refrigeración*. [Tesis Licenciatura, Universidad de Costa Rica].
- Araujo, R.V., & González, G.J. (2019). *Elaboración de jamón cocido prensado a partir de mezclas de carne de chigüiro (Hydrochoerus isthmius) y carne de cerdo (Suscrofa domesticus)*. [Tesis de Licenciatura., Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2898>
- Baños, A., Ananou, S., Martínez-Bueno, M., Gálvez, A., Maqueda, M., & Valdivia, E. (2012). Prevention of spoilage by enterocin AS-48 combined with chemical preservatives, under vacuum, or modified atmosphere in a cooked ham model. *Food Control*, 24(2), 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.08.001>
- Bautista, D.A. (2014). Spoilage problems: problems caused by bacteria. In: C. A. Batt & P. Patel, *Encyclopedia of Food Microbiology* (2nd ed., pp. 465-470). Elsevier Ltd. Amsterdam.
- Blanco A., Heredia, K., Montero, M. A., Sauter, I., Gamboa, C. y L'Abbe, M. (2015). Diagnóstico basal y establecimiento de metas de reducción de sodio en alimentos prioritarios de Costa Rica. *Boletín Inciensa*, 27(1), 6-7. <https://bit.ly/3yL2oRu>
- Calderón, J.J. (2021). *Efecto del lactato de sodio como antimicrobiano natural en la mortadela*. [Tesis Licenciatura, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://bit.ly/3RLtOzy>
- Carballo de la Espriella, M., & Morales, G. (2011). Fuentes alimentarias de sal/sodio en mujeres, Costa Rica. *Rev. Costarr. Salud Pública*, 2(20), 90-96. <http://hdl.handle.net/20.500.11764/1292>
- Chambers, E., & Baker, M. (2012). *Sensory testing methods* (2a ed.). ASTM International.
- Clariana, M., Guerrero, L., Sárraga, C., Díaz, I., Valero, Á., & García-Regueiro, J.A. (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(4), 456-465. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.12.008>
- Comunidad Madrid. (2009). *Pliego de prescripciones técnicas particulares del acuerdo marco para el suministro de "fiambres, embutidos y jamones - 9 lotes" - expediente 05-DT-00004.0/2009*. <https://bit.ly/3zpv7wl>
- Consejo de Ministerios de Integración Económica (COMIECO). (2011). *Resolución N°277-2011 (COMIECOLXI)*. RTCA 67.04.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. <https://bit.ly/3IT35x3>

- Coutinho, T.L., De Castro, B.R., Ramos, L.S., Mendes, E., Hilsdorf, R., & Cristianini, M. (2015). Phenolic carvacrol as a natural additive to improve the preservative effects of high pressure processing of low-sodium sliced vacuum-packed turkey breast ham. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 1297-1308. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.011>.
- Da Silva, N., Hiromi, M., Amstalden, V.C., Ferraz, N., Da Silva, M., & Romeiro, R.A. (2013). *Microbiological Examination Methods of Food and Water: Laboratory Manual* (1a ed). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13740>
- Decreto N°18341-MEIC. (1988). Norma Oficial de productos cárnicos. Clasificación y características. *Diario Oficial la Gaceta N°149*. San José, Costa Rica, 08 de agosto del 1988. <https://bit.ly/3ocC26n>
- Delves-Broughton, J. (2012). Natural antimicrobials as additives and ingredients for the preservation of food and beverages. In: Baines, D., & Seal., R. (Eds.), *Natural food additives, ingredients and flavourings* (pp. 127-161). Woodhead Publishing Limited. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857095725.1.127>
- Duarte, R.V., Moreira, S.A., Fernandes, P.A.R., Fidalgo, L.G., Santos, M.D., Queirós, R.P., Santos, D.I., Delgadillo, I., & Saraiva, J.A. (2015). Preservation under pressure (hyperbaric storage) at 25°C, 30°C and 37°C of a highly perishable dairy food and comparison with refrigeration. *CyTA-Journal of Food*, 13(3), 321-328. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.971876>
- Dufossé, L., & Galaup, P. (2011). Chapter 18 Color. In: M.L. Nollet & F. Toldrá. (Eds), *Sensory Analysis of Foods of Animal Origin* (1st ed., pp. 319-339). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10822>
- Dusková, M., Kameník, J., Lacanin, I., Sedo, O., & Zdráhal, Z. (2016). Lactic acid bacteria in cooked hams: Sources of contamination and chances of survival in the product. *Food Control*, 61, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.09.019>
- Ennis, J.M., & Jesionka, V. (2011). the Power of Sensory Discrimination Methods Revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 371-382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00353.x>
- Erkmen, O., & Bozoglu, T.F. (2016). Cap. 16. Spoilage of meat and meat products. In: O. Erkmen & T.F. Bozoglu (Eds.), *Food microbiology: principles into practices* (pp. 279-295.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119237860.ch16>
- Gao, Y., Li, D., & Liu, X. (2015). Effects of *Lactobacillus sakei* C2 and sakacin C2 individually or in combination on the growth of *Listeria monocytogenes*, chemical and odor changes of vacuum-packed sliced cooked ham. *Food Control*, 47, 27-31. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.031>
- Gómez, L., Ponce-Alquicira, E., Freitas, E.F., & Rubio, M.S. (2013). Efecto de antimicrobianos naturales sobre la estabilidad físico-química, microbiológica y sensorial de hamburguesas de res mantenidas en refrigeración. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.*, 4(3), 255-270. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265628467006>
- Guerrero-Legarreta, I. (2014). Meat and Poultry: Spoilage of Cooked Meat and Meat Products. In: C. Batt & P. Patel, (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 508-513). Academic Press.
- Guzmán, L.E., Martínez, D.P., Martínez, D.E., Acevedo, D., & Montero, P.M. (2016). Estudio de la vida útil de jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas. *Interciencia*, 41(7), 488-491. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/488-ACEVEDO-41-7.pdf>
- HunterLab. (2004). *ColorFlex EZ manual Version 2.2*. <https://bit.ly/3RYLzvx>
- Han, Y., Jiang, Y., Xu, X., Sun, X., Xu, B., & Zhou, G. (2011). Effect of high pressure treatment on microbial populations of sliced vacuum-packed cooked ham. *Meat Science*, 88(4), 682-688. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.029>
- Handary S.A. (2020). *Food and beverage: natural shelf-life solutions*. <https://bit.ly/3PxOI3q>

- Hierro, E., Barroso, E., de la Hoz, L., Ordóñez, J.A., Manzano, S., & Fernández, M. (2011). Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat cooked meat products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 275-281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2011.04.006>
- Intriago, J. L. (2015). *Desarrollo del diagrama de flujo para el proceso de elaboración de jamón especial bajo normas INEN*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Machala]. <https://bit.ly/3Oix0eq>
- Kirk, R., Sawyer, R. & Egan, H. (2012). *Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson* (2a ed.). Compañía Editorial Continental (CECSA).
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F. & León, J. (2006). Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>
- Liu, G., Wang, Y., Gui, M., Zheng, H., Dai, R., & Li, P. (2012). Combined effect of high hydrostatic pressure and enterocin LM-2 on the refrigerated shelf life of ready-to-eat sliced vacuum-packed cooked ham. *Food Control*, 24(1-2), 64-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.004>
- Los, F.G.B., Granato, D., Prestes, R.C. Demiate, I.M. (2014). Characterization of commercial cooked hams according to physicochemical, sensory, and textural parameters using chemometrics. *Food Science and Technology*, 34(3), 577-584. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6423>
- Mani-López, E., García, H.S., & López-Malo, A. (2012). Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Research International*, 45(2), 713-721. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.043>
- Ministerio de Salud Costa Rica. (2011). *Plan Nacional de Reducción del Consumo de sal/sodio en la población de Costa Rica 2011-2021* (1 Ed.). Ministerio de Salud Costa Rica. <https://extranet.who.int/nutrition/gina/sites/default/filesstore/COR%20Plan%20Nac%20Reduci%C3%B3n%20Sal.pdf>
- Muyulema, R.O. (2012). *Estudio integral de la calidad de la carne de cerdo (criollo, mestizo y York Shire) y su influencia sobre la industrialización como jamón*. [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/4087/1/20T00435.pdf>
- Njongmeta, N.A., Hall, P.A., Ledenbach, L., & Flowers, R.S. (2015). Acid-producing microorganisms. In: Y. Salinger & M. L. Tortorello (Eds.), *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (5th ed., pp. 229-236). American Public Health Association. <https://doi.org/10.2105/MBEF.0222>
- Pietrasik, Z., & Gaudette, N.J. (2014). The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Science*, 96(3), 1165-1170. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.005>
- Ramírez, M. (2016). *Comparación entre el uso de las tablas binomiales sin repeticiones en las correcciones estadísticas con el uso de repeticiones, como métodos de análisis de pruebas de discriminación sensorial triángulo y 2-AFC*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <https://bit.ly/3zjfGX0>
- Rubio, R., Martín, B., Aymerich, T., & Garriga, T. (2014). The potential probiotic *Lactobacillus rhamnosus* CTC1679 survives the passage through the gastrointestinal tract and its use as starter culture results in safe nutritionally enhanced fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 186(1), 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.013>
- Sánchez, L. (2015). *Índice de peróxidos. P-SA-MQ-025. Emisión 3*. CITA, San Pedro.
- Sebranek, J.G. (2015). An overview of functional non-meat ingredients in meat processing: the current toolbox. *Animal Science Conference Proceedings and Presentations*. 4. [https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2015/09\\_sebranek\\_f.pdf](https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2015/09_sebranek_f.pdf)

- Sindelar, J.J., Cordray, J.C., Olson, D.G., Sebranek, J.G., & Love, J.A. (2007). Investigating quality attributes and consumer acceptance of uncured, no-nitrate/nitrite-added commercial hams, bacons, and frankfurters. *Journal of Food Science*, 72(8), S388-95. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00486.x>
- Sullivan, G.A., Jackson-Davis, A.L., Niebuhr, S.E., Xi, Y., Schrader, K.D., Sebranek, J.G., & Dickson, J.S. (2012). Inhibition of *Listeria monocytogenes* using natural antimicrobials in no-nitrate-or-nitrite-added ham. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1071-1076. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-511>
- Tomović, V.M., Jokanović, M.R., Petrović, L.S., Tomović, M.S., Tasić, T.A., Ikonić, P.M., Šumić, Z.M., Šojić, B.V., Škaljac, S.B., & Šošo, M.M. (2013). Sensory, physical and chemical characteristics of cooked ham manufactured from rapidly chilled and earlier deboned *M. semimembranosus*. *Meat Science*, 93(1), 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.015>
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2015). *Safe Minimum Internal Temperature Chart*. <https://bit.ly/3PE61j5>
- Vercammen, A., Vanoirbeek, K.G.A., Lurquin, I., Steen, L., Goemaere, O., Szczepaniak, S., Paelinck, H., Hendrickx, M.E.G., & Michiels, C.W. (2011). Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(4), 407-415. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2011.07.009>
- Villanueva, N.D.M., Petenate, A.J., & Da Silva, M. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*, 16(8), 691-703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.013>
- Villanueva, N.D.M., & Da Silva, M. (2009). Comparative performance of the nine-point hedonic, hybrid and self-adjusting scales in the generation of internal preference maps. *Food Quality and Preference*, 20(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.003>