

**Efecto de cloruro de potasio, SaltTrim  
FANV952<sup>®</sup> y suero lácteo dulce en jamón  
reestructurado de cerdo reducido en sodio**

**Amilcar José Morales Castillo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**  
Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Efecto de cloruro de potasio, SaltTrim FANV952<sup>®</sup> y suero lácteo dulce en jamón reestructurado de cerdo reducido en sodio**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Amilcar José Morales Castillo**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2016

## **Efecto de cloruro de potasio, SaltTrim FANV952® y suero lácteo dulce en jamón reestructurado de cerdo reducido en sodio**

**Amilcar José Morales Castillo**

**Resumen:** Los productos cárnicos procesados se asocian con un alto contenido de sodio, nutriente que tiene correlación directa positiva con hipertensión. El sustituto habitual de cloruro de sodio (NaCl) en productos cárnicos ha sido el cloruro de potasio (KCl) a pesar de tener un sabor amargo residual. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto que tienen los contrarrestadores del sabor residual del KCl, SaltTrim® y suero lácteo dulce en las características de un jamón reestructurado de cerdo (factor proteína grasa: 16.6), reducido en sodio con sustitución por KCl. Se sustituyó parcialmente (50%) NaCl por KCl solo, con adición de SaltTrim® (KCL+ST) (2:1) y reemplazo del agua por suero lácteo dulce (KCL+SLD). El KCL, el KCL+ST y KCL+SLD no tuvieron efecto sobre el rendimiento en cocción, pérdida por rebanado y purga. La sustitución de NaCl por KCl mantuvo el pH al día 28, cuando se agregó ST o SLD. Reducir la cantidad de NaCl estabilizó la dureza, masticabilidad y cohesión de los jamones durante los 28 días y aumentó al agregar SaltTrim®. Los mesófilos aerobios totales se mantuvieron bajo límites legales y los coliformes totales estuvieron bajo del límite de detección para todos los tratamientos. Sensorialmente hubo la misma aceptación y preferencia para todas las fórmulas. Se recomienda aumentar el porcentaje de sustitución parcial y evaluar otras formulaciones con menor proporción de proteína cárnica.

**Palabras clave:** Hipertensión, jamón, potasio, SaltTrim®, sodio, suero lácteo dulce.

**Abstract:** Processed meat products are associated with high sodium content, nutrient wich has direct correlation with hypertension. The usual substitute for sodium chloride (NaCl) in meat products has been potassium chloride (KCl), despite having a residual bitter taste. The aim of this study was to determine the effect of ingredients that counteract KCl residual flavor, SaltTrim® and sweet whey in the characteristics of a restructured pork ham (fat protein factor: 16.6), reduced in sodium with substitution by KCl. NaCl was partially replaced (50%) by KCl, SaltTrim® was added (KCL+ST) (2:1) and replacement of water by sweet whey (KCL+SW). KCL, KCL+ST and KCL+SW had no effect on the cooking yield, sliced yield and purge loss. Replacement of NaCl by KCl maintained pH at day 28, when ST or SW were added. Reducing the amount of NaCl stabilized hardness, chewiness and cohesiveness of ham at 28<sup>th</sup> day and increased by adding SaltTrim®. Total aerobic mesophilic count remained under legal limits and total coliforms were below the detection limit. In the sensory evaluation all formulas had the same acceptance and preference. It is recommended to increase the percentage of partial replacement and to evaluate other formulations with less meat protein ratio.

**Key words:** Ham, hypertension, potassium, SaltTrim®, Sodium, sweet whey.

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| Portadilla .....                         | i         |
| Página de firmas .....                   | ii        |
| Resumen .....                            | iii       |
| Contenido .....                          | iii       |
| Índice de Cuadros, Figuras y Anexos..... | v         |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>              | <b>1</b>  |
| <b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>      | <b>3</b>  |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>    | <b>8</b>  |
| <b>4. CONCLUSIONES.....</b>              | <b>25</b> |
| <b>5. RECOMENDACIONES .....</b>          | <b>26</b> |
| <b>6. LITERATURA CITADA.....</b>         | <b>27</b> |
| <b>7. ANEXOS .....</b>                   | <b>32</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

| Cuadros   | Página |
|---|--------|
| 1. Formulación de tratamientos.....   | 4      |
| 2. Promedios y desviaciones estándar (DE) para el rendimiento en cocción del jamón reestructurado de cerdo.....   | 8      |
| 3. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la pérdida por rebanado del jamón reestructurado de cerdo.....   | 9      |
| 4. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la purga al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....  | 10     |
| 5. Promedios y desviaciones estándar (DE) para el potencial de hidrógeno (pH) al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....  | 11     |
| 6. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable luminosidad al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....   | 12     |
| 7. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable a* al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....  | 13     |
| 8. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable b* al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....  | 14     |
| 9. Promedios y desviaciones estándar (DE) para mesófilos aerobios Log <sub>10</sub> UFC/g al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....  | 15     |
| 10. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de color y olor al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....                | 21     |
| 11. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de textura y sabor al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.....             | 22     |
| 12. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de percepción salada y general al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo..... | 24     |

| Figuras  | Página |
|--|--------|
| 1. Flujo de proceso para la elaboración del jamón reestructurado de cerdo..... | 5      |
| 2. Comportamiento de la dureza del jamón reestructurado de cerdo.. .....       | 16     |
| 3. Comportamiento de la cohesividad del jamón reestructurado de cerdo. ....    | 17     |
| 4. Comportamiento de la elasticidad del jamón reestructurado de cerdo. ....    | 18     |
| 5. Comportamiento de la masticabilidad del jamón reestructurado de cerdo. .... | 19     |

| Anexos   | Página |
|--|--------|
| 1. Correlaciones de variables para el día 1 de análisis. ....  | 32     |
| 2. Correlaciones de variables para el día 28 de análisis. .... | 33     |

## 1. INTRODUCCIÓN

La dieta actual del humano es alta en sodio y reducida en aporte de potasio. Las altas concentraciones de sodio en el organismo tienen una fuerte correlación directa positiva con problemas de hipertensión (Ruiz *et al.* 2008). Se ha determinado que el consumo elevado de sal está asociado con un incremento significativo en el riesgo de infarto, enfermedades cardiovasculares (Strazzullo *et al.* 2009) y derrames cerebrales. Además, es recomendada la ingesta de alimentos con contenido de potasio, debido a su efecto antihipertensivo. Demostrando el beneficio del balance entre ambos micronutrientes en el cuerpo (Sosa 2010). Se ha estimado que reducir la cantidad de sal a 6 g/día podría prevenir 17,500 muertes al año en el Reino Unido (SACN 2003). Aportando a los problemas anteriores se encuentran los alimentos procesados, ya que generalmente son ricos en sodio y bajos en contenido de potasio. Se estima que aproximadamente el 75% del sodio consumido es agregado en la manufactura industrial de alimentos (Brown *et al.* 2009).

El cloruro de potasio es un ingrediente con el potencial de sustituir al tradicional cloruro de sodio. La desventaja radica en las características sensoriales, puesto que tiene una sensación post gusto amarga y metálica. Estudios efectuados afirman que en la sustitución parcial del 25% del cloruro de sodio por cloruro de potasio se perciben diferencias en textura, sabor, jugosidad y aceptación general del producto. Demeritando su calidad y competitividad en el mercado (Zambrano 2013). Otros estudios han demostrado la sustitución exitosa hasta del 50% en jamón de cerdo, con resultados ligeramente distintos al compararlos con la fórmula original (Hand *et al.* 1982).

El lactosuero representa otra alternativa viable para incluir en los ingredientes no cárnicos. Puesto que, es un co-producto que actualmente no está siendo aprovechado en su totalidad en la industria. Paralelamente, la inclusión del nuevo ingrediente trae beneficios funcionales que coadyuvan con los atributos físicos y sensoriales del embutido, debido a la cantidad de proteína, carbohidratos y grasa que posee. Al contribuir con esto, la cantidad de sal en el producto puede reducirse (Guerra 2007; Pereira *et al.* 2012).

El consumidor actual tiene mayor conciencia sobre el impacto ambiental que causan sus actividades cotidianas (Sebranek and Bacus 2007). Para la industria láctea uno de los problemas ambientales más relevantes está representado por los co-productos no aprovechados en las aguas residuales, siendo el más representativo el lactosuero. Es aproximadamente 200 veces más contaminante que las aguas residuales. Con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) superior a 35,000 ppm (Parra 2009).

Para contrarrestar los aspectos sensoriales negativos que el cloruro de potasio le confiere al producto se ha desarrollado una tecnología a base de maltodextrina y sabores naturales denominada SaltTrim FANV 952<sup>®</sup>. El ingrediente se utiliza en combinación con el cloruro de potasio para aumentar la percepción salada y crea una sensación umami. Investigaciones han demostrado que la dextrosa y sus derivados se utilizan como potenciadores de la sensación umami y usualmente se han encontrado resultados positivos en jamones cocidos (Toldrá *et al.* 2010).

Lo anterior brinda la capacidad de reducir el cloruro de sodio hasta en un 50%. Por lo tanto, puede ser usado en combinación con cloruro de potasio para reducir la cantidad de sodio en el alimento, sin alterar o mejorando las características sensoriales del mismo.

Este estudio está enfocado en evaluar el efecto de sustituir parcialmente (50%) el cloruro de sodio por cloruro de potasio. También incorporar un ingrediente que contrarresta atributos sensoriales negativos. Además de reemplazar totalmente el agua por suero lácteo dulce, en la reformulación de jamón de cerdo reestructurado. Se midieron parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales.

Los objetivos del estudio fueron:

- Determinar el efecto de sustituir parcialmente (50%) cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características de un jamón reestructurado de cerdo.
- Identificar los cambios de incorporar un contrarrestador de sabores negativos (SaltTrim FANV 952<sup>®</sup>) en la reformulación de un jamón reestructurado de cerdo.
- Develar el efecto de reemplazar el agua por suero lácteo dulce (SLD) en las características de un jamón reestructurado de cerdo.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El producto fue elaborado en la Planta de Cárnicos, mismo lugar donde se tomaron los datos de rendimiento en cocción, pérdida por rebanado y purga. Los análisis de pH, color y perfil de textura se efectuaron en el laboratorio de Análisis de Alimentos. Los conteos de bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología. Las pruebas sensoriales se desarrollaron en el Laboratorio de análisis sensorial. Las entidades mencionadas pertenecen al parque Agroindustrial de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicado en Valle del Yegüare, km 30 al Este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

**Materia prima.** Los ingredientes cárnicos y no cárnicos para elaborar el producto provinieron de la Planta de Cárnicos, a excepción del suero lácteo dulce que se adquirió en la Planta de Lácteos. El SaltTrim FANV952<sup>®</sup> que fue proporcionado por la compañía Archer Daniels Midland y el cloruro de potasio se adquirió de Quimiprova en Guatemala. Los cerdos fueron cosechados dos días antes de utilizar los cortes. Los últimos mantuvieron la cadena de frío a una temperatura nominal de 4 °C.

**Diseño experimental.** El experimento se desarrolló usando un diseño de bloques completos al azar (BCA). Se evaluaron cinco tratamientos con tres bloques, 15 unidades experimentales y dos medidas repetidas en el tiempo. Los datos de rendimiento se recolectaron al elaborar el producto. Los análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y la purga se midieron a los días 1 y 28.

**Descripción de los tratamientos.** Consistieron en la reducción parcial del cloruro de sodio (sal yodada) por cloruro de potasio. Se utilizó el SaltTrim FANV952<sup>®</sup> y la sustitución total del agua por suero lácteo dulce como contrarrestadores de sabores negativos para el cloruro de potasio.

El primer tratamiento fue el control, el segundo se elaboró con el 50% de cloruro de sodio (sal yodada). El tercero con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio. El cuarto con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio más SaltTrim FANV952<sup>®</sup>, último ingrediente que representó el 50% de la cantidad de cloruro de potasio. El quinto se formuló con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio más la sustitución total del agua por suero lácteo dulce (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación de tratamientos.

| Ingredientes            | Tratamientos (g) |       |      |         |          |
|-------------------------|------------------|-------|------|---------|----------|
|                         | Control          | 50%Na | Na+K | Na+K+ST | Na+K+SLD |
| Cerdo (5% de grasa)     | 2784             | 2784  | 2784 | 2784    | 2784     |
| Agua                    | 197              | 197   | 197  | 197     | 0        |
| Hielo                   | 197              | 197   | 197  | 197     | 0        |
| Suero lácteo dulce      | 0                | 0     | 0    | 0       | 393      |
| Almidón de papa         | 66               | 66    | 66   | 66      | 66       |
| Azúcar                  | 49               | 49    | 49   | 49      | 49       |
| Especias y condimentos  | 14               | 14    | 14   | 14      | 14       |
| Tripolifosfato de sodio | 17               | 17    | 17   | 17      | 17       |
| Eritorbato de sodio     | 2                | 2     | 2    | 2       | 2        |
| Sal nitrificada         | 8                | 8     | 8    | 8       | 8        |
| Sal yodada              | 68               | 34    | 34   | 34      | 34       |
| Cloruro de potasio      | 0                | 0     | 34   | 34      | 34       |
| SaltTrim FANV 952®      | 0                | 0     | 0    | 17      | 0        |
| Lactato de sodio        | 98               | 98    | 98   | 98      | 98       |

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Proceso de elaboración del jamón.** Previo a iniciar la elaboración del producto se lavó y desinfectó el equipo, también el área de trabajo, con solución jabonosa y cloro a 200 ppm. Posteriormente, se pesaron los ingredientes no cárnicos en polvo y líquidos para mezclarse y formar la salmuera, se utilizó la balanza Ohaus® modelo BW6US.

Para cada tratamiento se elaboraron 3 kg de jamón, lo que representó con los cinco tratamientos 11.94 kg de cortes de carne (5% de grasa) en cada repetición (bloque). Se molieron con el dado riñón 5.97 kg y con el dado 0.48 cm de diámetro los otros 5.97 kg, se utilizó el molino Thompson Meat Machinery modelo 900. Luego se pesó la carne y se mezclaron ambos tipos de molienda, se agregó la salmuera y el hielo previamente pesados. Antes de agregar el suero lácteo dulce, se congeló con una semana de anticipación en un congelador de aire forzado que se mantuvo a -30 °C.

Se introdujo la masa cárnica en doble bolsa de 46.5 × 62 cm fabricada con polietileno de baja densidad. Se homogenizó la mezcla manualmente y al cerrar la bolsa se dejó una cámara de aire equivalente al volumen del contenido, para garantizar el mezclado en el proceso posterior.

Las cinco bolsas, cada una con un tratamiento, se ubicaron en la masajeadora UltraSource® modelo LT-15. El programa de masaje consistió en mantener el producto en movimiento durante 15 minutos a 60 rpm y reposar durante 15 minutos. El procedimiento se repitió durante 6 horas y la presión de vacío dentro del sistema fue de 50.8 kPa (Noriega 2015).

Cumplido el tiempo de masajeo, la masa cárnica mezclada se embutió en fundas de poliamida de 149 mm de diámetro, cada tratamiento se embutió en dos fundas separadas, cada una con 1.5 kg. Se utilizó la embutidora Frey modelo KONTI-0120. Posteriormente el jamón crudo embutido se introdujo a la marmita. El programa de cocción consistió en mantener el producto en agua a 84 °C durante 2.5 horas, tiempo suficiente para que el producto alcanzara al menos 72 °C en el centro. Posteriormente se enfrió en agua con hielo durante 3.5 horas, tiempo en el que el producto alcanzó al menos 4 °C en el centro. Luego se almacenó en un cuarto frío que se mantuvo a 1 °C.

Alrededor de 12 horas posterior a su almacenamiento, el producto se extrajo de la funda para almacenar al vacío 0.75 kg por tratamiento para análisis físicos y químicos, el resto se rebanó a un grosor de 1.5 mm con el equipo Hobart modelo HS6N. Todo el producto se empacó al vacío en bolsas de 16.2 × 22.1 × 0.005 cm, fabricadas como un coextruido con dos capas externas de polietileno de baja densidad, dos capas intermedias de nylon y material barrera al centro de SoarnoL™ (EVOH). Las rebanadas se almacenaron en presentación de 200 ± 6.33 g. Para lo anterior, se utilizó la máquina de vacío Koch modelo UV-2100 operada a una presión de vacío de 90 kPa. El producto se almacenó en un cuarto frío que se mantuvo a 1 °C para tomar datos al día 1 (24 horas después) y al día 28 (Figura 1).

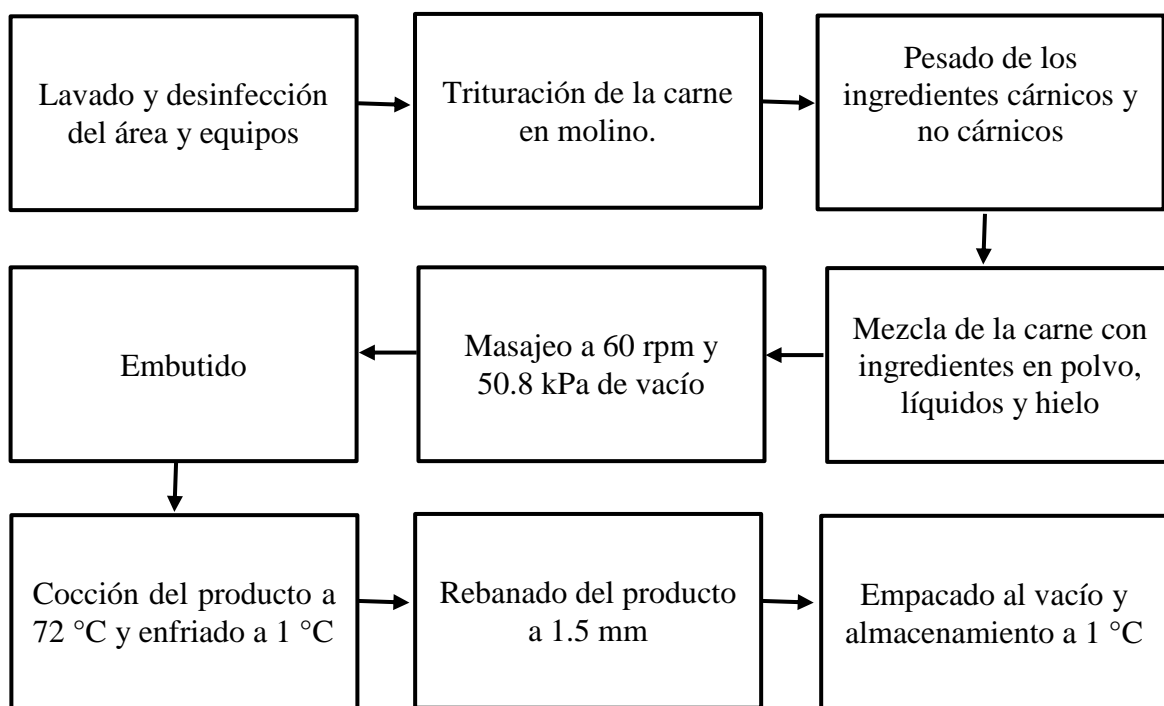


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración del jamón reestructurado de cerdo

**Rendimiento en cocción.** Se tomó el peso de la masa cárnica embutida en crudo y posterior al tratamiento térmico y enfriado. La variable se determinó mediante la ecuación 1 (Dimitrakopoulou *et al.* 2005).

$$\frac{\text{Peso del producto cocido y enfriado}}{\text{Peso del producto crudo}} \times 100 \quad [1]$$

**Pérdida por rebanado.** Se pesó todo el jamón rebanado que no cumplió con los estándares de comercialización para la Plana de Carnicos. Además se registró el peso para los paquetes que si cumplieron con control de calidad. La variable se determinó mediante la ecuación 2 (Dimitrakopoulou *et al.* 2005).

$$\frac{\text{Peso del producto no apto}}{\text{Peso del embutido antes de rebanado}} \times 100 \quad [2]$$

**Medición de purga.** Se midió al día 1 y 28. Se pesaron las bosas con el producto rebanado y empacado al vacío, se retiró la humedad de cada rebanada y del empaque con papel toalla. Se pesó el empaque y el producto sin humedad superficial. La variable se determinó mediante la ecuación 3 (Correa 2007).

$$\frac{\text{Peso del producto con humedad} - \text{Peso del producto sin humedad}}{\text{Peso del producto con humedad}} \times 100 \quad [3]$$

**Potencial de hidrógeno (pH).** Se midió al día 1 y 28. Con tres repeticiones por cada tratamiento, siguiendo el método de análisis AOAC 981.12. Se utilizó el equipo Thermo Scientific Orion Star<sup>TM</sup> con un acople que permitió que el electrodo tuviera contacto directo con el producto.

**Color.** Se midió al día 1 y 28. Con tres repeticiones por cada tratamiento, siguiendo el método de análisis AN 1018.00. Las muestras se homogenizaron en el procesador Hamilton Beach<sup>®</sup> durante 15 segundos. Posteriormente, se utilizó el equipo ColorFlex con el software Universal para determinar el color en la escala L, a\*, b\*.

**Análisis microbiológicos.** Se hicieron los análisis a los días 1 y 28. Todos los materiales utilizados y el medio agar cuenta estándar fueron esterilizados previamente. Para la estimación de coliformes totales se utilizó el medio agar bilis rojo violeta y para bacterias mesófilas aerobias el medio agar cuenta estándar, ambos de la marca Acumedia<sup>®</sup>.

Para procesar las muestras se pesaron en la balanza Fisher Science Education, modelo SLF152-US 10 g por cada tratamiento y se agregaron 90 mL de solución buffer fosfato para ser homogenizadas en el equipo Stomacher marca IUL Instrument, durante 1 minuto. Con la técnica de vaciado en placa se sembró la dilución  $10^{-1}$  para coliformes totales y para bacterias mesófilas aerobias las diluciones  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ . Se incubaron los platos a 35 °C durante 24 h para coliformes totales y 48 h para bacterias mesófilas aerobias, en la incubadora Thermo Scientific Modelo 6856.

**Textura.** Se midió al día 1 y 28. Con seis repeticiones por cada tratamiento, siguiendo el método de análisis ASTM E83. Se cortaron cubos del producto de  $1.5 \times 1.5 \times 1.5$  cm. Se utilizó el equipo Brookfield con el software Texture Pro CT V1.4 Build 17 y el acople cilíndrico de 38.1 mm de diámetro fabricado de acrílico transparente con 20 mm de altura, TA4/100 de radio 0.35 – 0.43 mm y masa reducida. Los parámetros utilizados en el software fueron los siguientes: carga de activación de 0.067 N, velocidad 2 mm/seg, tiempo de recuperación 1 seg, deformación 25% y dos ciclos consecutivos (Trindade 2011).

Para el análisis del perfil de textura se tomaron las siguientes variables: Dureza (N), cohesividad (adimensional), elasticidad (mm) y masticabilidad (mJ). (Hleap and Velasco 2010).

**Análisis sensorial.** Se llevaron a cabo pruebas de aceptación y preferencia conformadas por un panel no entrenado de estudiantes y colaboradoras de Zamorano a los días 1 y 28. Para la prueba de aceptación se presentaron a los panelistas muestras con los cinco tratamientos evaluados individualmente, cada muestra pesó  $12.5 \pm 0.40$  g. Se les proporcionó agua y galleta soda para limpiar el paladar al inicio de la evaluación y entre muestras. Los atributos evaluados fueron: color, olor, textura, sabor, percepción salada y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, en la que 1 significó me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Para la prueba de preferencia, los panelistas identificaron la muestra que más les agradó sobre el resto. En cada ocasión se encuestaron al menos 36 personas (Información proporcionada por Dra. Adela Acosta CFS).

**Análisis estadísticos.** Los resultados de los análisis físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales fueron estudiados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo lineal (GML). Además, se ejecutó la prueba de separación de medias Tukey para cada variable. Las observaciones fueron sometidas a una prueba de residuales para establecer normalidad de los datos y eliminar observaciones fuera de tipo. Las cifras en porcentaje fueron transformadas con Arcoseno para ajustarlas a la normalidad. Para establecer como influyó el tiempo en el experimento se utilizó la prueba de separación de medias LSMEANS. Se ejecutó un análisis de correlación de Pearson entre todas las variables. Los resultados de las pruebas sensoriales de preferencia se analizaron con la prueba de chi cuadrado. Para los análisis estadísticos se utilizó probabilidad del 95% ( $P < 0.05$ ) y el software Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>) versión 9.4.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de rendimiento en cocción.** No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ), (Cuadro 2). Los resultados no coinciden con los reportados en investigaciones similares, debido a variables que difieren para cada estudio.

Los parámetros que difieren son el tipo y cantidad de extensor utilizado. Un experimento similar reporta en su fórmula dextrosa al 0.5%. Se suman a las variantes la temperatura y tiempo de cocción, debido a que el tratamiento térmico se efectuó a 76 °C durante 3.5 h (Aaslyng *et al.* 2014). En contraste con el tratamiento térmico del experimento bajo estudio que se efectuó a 72 °C durante 2.5 h. Además la cantidad de carne en la fórmula es superior al comparar con otras investigaciones, por lo que la matriz tiene la capacidad de ligar más agua.

El extensor logra formar un gel que atrapa el agua, propiciando condiciones que reducen la susceptibilidad a pérdidas por tratamientos térmicos. El aumento de la temperatura y tiempo de cocción tienden a modificar la estructura de la proteína cárnica, liberando agua durante y posterior a la pasteurización (Ruusunen and Puolanne 2005).

Cuadro 2. Promedios y desviaciones estándar (DE) para el rendimiento en cocción del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Rendimiento en cocción <sup>(NS)</sup> (%) |
|---------------|--|
|               | Media $\pm$ DE                             |
| Control       | 100.12 $\pm$ 0.49                          |
| 50%Na         | 99.95 $\pm$ 0.46                           |
| Na+K          | 100.07 $\pm$ 0.38                          |
| Na+K+ST       | 100.11 $\pm$ 0.38                          |
| Na+K+SLD      | 100.13 $\pm$ 0.41                          |
| <b>CV (%)</b> | <b>0.13</b>                                |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos ( $P>0.05$ )

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Análisis de pérdida por rebanado.** No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ), (Cuadro 3). Los resultados coinciden con estudios similares en los que se sustituyó al cloruro de sodio por cloruro de potasio (Lin et al. 1990). Investigaciones previas han demostrado que el rendimiento en rebanado está determinado por la cohesión de las miofibrillas y firmeza de las mismas. Variables en las que la concentración y tipo de sal no tuvieron efecto (Xargayó *et al.* 2009). La importancia de la sal radica en la capacidad que tiene de solubilizar la proteína, brindando el potencial de reordenarse de manera estable en diversas formas.

La estructura de la matriz cárnica no se vio afectada por el proceso de rebanado entre tratamientos. La pérdida por rebanado no sólo depende de la proporción de ingredientes cárnicos y no cárnicos; ésta variará dependiendo del tamaño del embutido, si éste es más grande el porcentaje disminuirá. En su defecto el dato aumentará, lo anterior debido a la naturaleza matemática del cálculo. Además, el coeficiente de variación es alto debido a las imperfecciones que quedan dentro de la funda en la etapa de embutido. Generalmente se trata de aire que se almacena en las esquinas y causa que ese producto no tenga la calidad deseada. Lo anterior influyó sobre el coeficiente de variación, mismo que probablemente no permitió identificar diferencia entre tratamientos.

Cuadro 3. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la pérdida por rebanado del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Pérdida por rebanado <sup>(NS)</sup> (%) |
|---------------|--|
|               | Media $\pm$ DE                           |
| Control       | 9.55 $\pm$ 4.25                          |
| 50%Na         | 14.25 $\pm$ 7.83                         |
| Na+K          | 10.47 $\pm$ 4.12                         |
| Na+K+ST       | 14.50 $\pm$ 6.21                         |
| Na+K+SLD      | 12.57 $\pm$ 3.96                         |
| <b>CV (%)</b> | <b>43.67</b>                             |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos ( $P>0.05$ )

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Análisis de purga.** No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 1, tampoco al día 28 ( $P>0.05$ ), (Cuadro 4). Sí se encontraron diferencias significativas entre días para el tratamiento control ( $P<0.05$ ). El modelo no identificó interacción entre los tratamientos y el tiempo, tampoco entre los tratamientos y los bloques.

Los resultados coinciden con estudios en los que también se encontraron diferencias a través del tiempo en formulaciones con cloruro de sodio. La sustitución varió desde 66.7 hasta 100% (Keeton 1984). Estudios han demostrado que el cloruro de sodio tiene mejor capacidad para retener el agua en el alimento (Ham 1960; Wierbicki *et al.* 1957).

Otra de las variables que se suma a los resultados es el extensor (almidón de papa), mismo que aumenta la capacidad de retención de agua. Disminuyendo así los efectos del tipo y concentración de sal en la evaluación.

La similitud entre las formulaciones se atribuye a que la fórmula es alta en carne. El PFF<sup>1</sup> del producto es de 16.6, categorizándose como jamón picado con agua agregada (USDA 2005). El dato indica la relación proteica que existe entre los ingredientes del producto. Mientras mayor valor posea el índice, la cantidad de carne magra en la formulación es superior, mejorando la capacidad de retención de agua del jamón. Investigación previa ha demostrado que los productos en el mercado son inferiores en cuanto a calidad proteica de origen animal (Loyola 2013).

Cuadro 4. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la purga al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Purga (%)                           |                                      |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|               | Día 1 <sup>(NS)</sup><br>Media ± DE | Día 28 <sup>(NS)</sup><br>Media ± DE |
| Control       | 2.30 ± 0.66 X                       | 3.86 ± 0.84 Y                        |
| 50%Na         | 3.53 ± 0.65 X                       | 3.94 ± 0.95 X                        |
| Na+K          | 2.62 ± 0.51 X                       | 2.93 ± 0.09 X                        |
| Na+K+ST       | 3.25 ± 1.17 X                       | 3.26 ± 1.10 X                        |
| Na+K+SLD      | 3.01 ± 0.09 X                       | 3.85 ± 1.10 X                        |
| <b>CV (%)</b> | 17.35                               | 19.02                                |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Análisis de potencial de hidrógeno (pH).** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 28, no así para el día 1. También hubo diferencia entre días (P<0.05). Para el día 28 los tratamientos con mayor pH fueron: el formulado con la mitad del cloruro de sodio y el que contiene 50% cloruro de sodio más 50% cloruro de potasio. El menor fue el control. La diferencia entre días se observó en aquellos tratamientos formulados con cloruro de potasio (Cuadro 5).

<sup>1</sup> Proteína sin grasa (PFF por sus siglas en inglés).



La diferencia de pH entre tratamientos al día 28 no coincide con los resultados reportados en la literatura. Debido a que investigaciones han demostrado que la sustitución parcial de cloruro de sodio por otras sales tiende a reducir levemente la actividad proteolítica. Debido a la menor cantidad de aminoácidos libres en el medio el pH debería ser inferior. La diferencia se atribuye a que en éstos estudios se incluyeron otras sales como el cloruro de calcio y el cloruro de magnesio (Armenteros *et al.* 2012; Hand *et al.* 1982).

La diferencia significativa entre días para los tratamientos con cloruro de potasio se atribuye a que el peso molecular de potasio es mayor que el del sodio, una sustitución 1:1 cloruro de sodio con cloruro de potasio dará lugar a una algo menor concentración de iones cloruro a través del tiempo. Siendo este último ion el más determinante en la retención de agua en las fibras de la carne, afectando la relación entre soluto y solvente (Tarté 2009).

Los hallazgos coinciden con resultados en los que también se evaluó el pH en relación con la disminución de sal en la formulación (Greiff *et al.* 2015). También coincide con resultados en los que se incluyen otras variables bajo estudio, como tratamiento a altas presiones (Bak *et al.* 2012).

Cuadro 5. Promedios y desviaciones estándar (DE) para el potencial de hidrógeno (pH) al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Potencial de hidrógeno (pH) |                 |
|---------------|-----------------------------|-----------------|
|               | Día 1 <sup>(NS)</sup>       | Día 28          |
|               | Media ± DE                  | Media ± DE      |
| Control       | 6.16 ± 0.14 X               | 6.15 ± 0.15 bX  |
| 50%Na         | 6.18 ± 0.14 X               | 6.19 ± 0.17 aX  |
| Na+K          | 6.15 ± 0.17 X               | 6.20 ± 0.17 aY  |
| Na+K+ST       | 6.15 ± 0.15 X               | 6.18 ± 0.17 abY |
| Na+K+SLD      | 6.13 ± 0.14 X               | 6.16 ± 0.15 abY |
| <b>CV (%)</b> | 0.75                        | 0.41            |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

a-c: Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05)

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Análisis de color.** Para la variable luminosidad hubo diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). Siendo el más alto tanto al día 1 como al 28 el que se formuló con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio. También hubo diferencia significativa entre días para el tratamiento formulado con 50% cloruro de sodio, 50% cloruro de potasio y SaltTrim (Cuadro 6). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y bloques ni entre tratamientos y días.

El valor de luminosidad se correlaciona principalmente con el estado físico de la carne, principalmente con el arreglo de las fibras y la cinética implicada para establecer el *rigor mortis* (CENID Fisiología animal 2011). La concentración de sal es crucial en la solubilización y extracción de las fibras de proteína que son necesarias para estabilizar el producto (Hamm 1986). La sal es un factor importante para el desempeño de los ingredientes cárnicos, puesto que, influye directamente en las propiedades estructurales de las miofibrillas y por ende, en el color.

En función de resultados de investigaciones se espera que la luminosidad incremente al disminuir la cantidad de sal, resultados que coinciden para el día 1. Para el día 28 los resultados difieren a la literatura. Lo anterior debido a que el proceso de elaboración del jamón fue distinto en cuanto a temperaturas, forma de aplicación de la salmuera y condiciones de almacenamiento del producto (Keeton 1984). Los resultados de otro estudio no coinciden, debido a que en este estudio no se incluyó otra sal o ingrediente (Saavedra 2013), se varió únicamente la concentración de cloruro de sodio.

Cuadro 6. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable luminosidad al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Luminosidad <sup>¥</sup> |                 |
|---------------|--------------------------|-----------------|
|               | Día 1                    | Día 28          |
|               | Media ± DE               | Media ± DE      |
| Control       | 59.28 ± 1.68 cX          | 60.02 ± 1.39 bX |
| 50%Na         | 61.10 ± 0.37 abX         | 60.91 ± 1.58 aX |
| Na+K          | 61.75 ± 1.17 aX          | 60.83 ± 1.53 aX |
| Na+K+ST       | 60.69 ± 0.83 abX         | 59.25 ± 1.39 cY |
| Na+K+SLD      | 60.58 ± 1.12 bX          | 60.11 ± 1.98 bX |
| <b>CV (%)</b> | 1.43                     | 0.85            |

CV: Coeficiente de variación

a-c: Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ )

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ )

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

¥: Escala de L: 0 = negro a 100 = blanco

Para la cromaticidad a\* se obtuvieron diferencias entre tratamientos al día 1, no así al 28. También se obtuvo diferencia entre días para el tratamiento control (P<0.05). Para el día 1 los tratamientos con mayor valor fueron: el control, el formulado con 50% cloruro de sodio y el que se elaboró con suero lácteo dulce. El tratamiento con el que se obtuvo menor valor corresponde al formulado con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio (Cuadro 7).

La cromaticidad representa el estado químico de los pigmentos que se encuentran en mayor proporción en la matriz cárnica (CENID Fisiología animal 2011). Para el estudio, esta variable está representada por los dos principales pigmentos que son el nitrosilhemocromo y el ácido quermésico, último que proviene de la cochinilla en la formulación del producto. La importancia del color rosa radica en la percepción, ya que dicho color es más apetecible en el jamón por los consumidores.

La diferencia entre tratamientos se asocia con mayor probabilidad a la variación en ingredientes. Debido a que una mayor concentración de determinado insumo puede difuminar el color del producto, o en su defecto resaltarlo. Otra opción viable es que la falta de sodio influya en la menor formación de nitrosilhemocromo, reduciendo el valor a\*. Los resultados coinciden con diferencias significativas encontradas en la sustitución de cloruro de sodio por otras sales (Aragnosa 1989). En otros estudios tampoco se encontraron diferencias significativas debido a que la sustitución parcial fue inferior (Zambrano 2013).

Cuadro 7. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable a\* al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Cromaticidad a* § |                |
|---------------|-------------------|----------------|
|               | Día 1             | Día 28 (NS)    |
|               | Media ± DE        | Media ± DE     |
| Control       | 15.28 ± 0.48 aX   | 14.55 ± 0.77 Y |
| 50%Na         | 14.55 ± 0.30 aX   | 14.11 ± 0.33 X |
| Na+K          | 13.32 ± 0.77 bX   | 13.73 ± 1.03 X |
| Na+K+ST       | 14.36 ± 0.57 abX  | 14.57 ± 0.37 X |
| Na+K+SLD      | 14.72 ± 1.48 aX   | 14.37 ± 0.91 X |
| <b>CV (%)</b> | 5.71              | 5.13           |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

a-b: Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05)

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

§: Escala de a\*: -60 = verde a +60 = rojo

Para la cromaticidad  $b^*$  se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a los días 1 y 28. También se encontró diferencia significativa entre días para el tratamiento formulado con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio ( $P < 0.05$ ), (Cuadro 8). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque, tampoco entre los tratamientos y el tiempo.

La falta de saturación de color en los tratamientos con 50% cloruro de sodio y 50% cloruro de potasio, se atribuye a que el sodio actúa sinérgicamente con el nitrito de sodio para fijar el nitrosilhemocromo en el producto. Por lo que la disminución parcial del cloruro de sodio disminuyó la formación del pigmento. Los resultados difieren al compararlos con disminuciones de cloruro de sodio inferiores (Aragón 1989). Tampoco concuerdan con otros resultados en los que se evaluó cloruro de potasio, probablemente por la combinación de ingredientes y proceso de elaboración del jamón (Bak *et al.* 2012).

Cuadro 8. Promedios y desviaciones estándar (DE) para la variable  $b^*$  al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Cromaticidad $b^*$ $\text{C}$ |                      |
|---------------|-------------------------------|----------------------|
|               | Día 1                         | Día 28               |
|               | Media $\pm$ DE                | Media $\pm$ DE       |
| Control       | 11.65 $\pm$ 1.09 abX          | 11.34 $\pm$ 0.66 abX |
| 50%Na         | 11.25 $\pm$ 0.88 bX           | 10.92 $\pm$ 0.72 bX  |
| Na+K          | 11.99 $\pm$ 1.15 aX           | 11.36 $\pm$ 0.64 abY |
| Na+K+ST       | 11.80 $\pm$ 1.20 aX           | 11.67 $\pm$ 0.64 aX  |
| Na+K+SLD      | 11.98 $\pm$ 1.39 aX           | 11.60 $\pm$ 1.33 abX |
| <b>CV (%)</b> | 4.55                          | 4.38                 |

CV: Coeficiente de variación

a-b: Diferente letra en la misma columna indica diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ )

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ )

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

$\text{C}$ : Escala de  $b^*$ : -60 = azul a +60 = amarillo

**Análisis microbiológicos.** Para bacilos mesófilos aerobios no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 1, ni al 28 ( $P > 0.05$ ). Si hubo diferencia entre días ( $P < 0.05$ ), (Cuadro 9). El modelo estadístico no encontró interacción entre los tratamientos y el bloque, tampoco entre los tratamientos y el tiempo.

Las diferencias estadísticas entre días se presentaron en los tratamientos formulados con SaltTrim y suero lácteo dulce. Los hallazgos coinciden con los encontrados en experimentos con suero lácteo dulce agregado (Guerra 2007). El suero lácteo dulce favorece el crecimiento de microorganismos debido a su alto pH y al contenido de nutrientes (Roberts *et al.* 2000). Para el caso del SaltTrim puede afirmarse con alta probabilidad que posee alta carga de microorganismos esporulados, mismos que se activan con el tratamiento térmico y deterioran el producto a lo largo de su vida de anaquel.

Los límites microbiológicos se encuentran debajo del límite permisible para bacilos mesófilos aerobios ( $10^5$ ). Lo anterior demuestra que el proceso de elaboración y pasteurización del producto se ejecutó correctamente. La contaminación principal proviene de la etapa de rebanado, misma en la que existe recontaminación por la manipulación y contacto del producto con el equipo (FDA 2013).

Los coliformes totales se encontraron fuera del límite de detección (<10 UFC/g) para los cinco tratamientos, tanto al día 1 como al 28. Lo anterior indica que el tratamiento térmico funciona a cabalidad, además demuestra que el área de empaçado está libre de éste tipo de enterobacterias.

Cuadro 9. Promedios y desviaciones estándar (DE) para mesófilos aerobios Log<sub>10</sub> UFC/g al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Bacilos mesófilos aerobios (Log <sub>10</sub> UFC/g) |                        |
|---------------|--|------------------------|
|               | Día 1 <sup>(NS)</sup>                                | Día 28 <sup>(NS)</sup> |
|               | Media ± DE   | Media ± DE             |
| Control       | 2.71 ± 0.43 X  | 2.43 ± 1.42 X          |
| 50%Na         | 1.85 ± 1.13 X  | 3.22 ± 1.95 X          |
| Na+K          | 1.89 ± 1.05 X  | 2.88 ± 2.15 X          |
| Na+K+ST       | 1.89 ± 1.06 X  | 3.63 ± 1.01 Y          |
| Na+K+SLD      | 2.67 ± 0.09 X  | 4.32 ± 0.38 Y          |
| <b>CV (%)</b> | 30.57  | 34.86                  |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

**Análisis textural de dureza.** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 1 y al 28. También hubo diferencia entre días ( $P < 0.05$ ). El modelo estadístico identificó interacción entre los tratamientos y el bloque y entre los tratamientos y el tiempo (Figura 2).

Se obtuvieron resultados de dureza significativamente mayores para el tratamiento control. También los gráficos muestran que a mayor cantidad de sólidos en la matriz, mayor es la dureza del jamón. El tratamiento formulado con cloruro de sodio mostró comportamiento contrario al resto a través del tiempo. Puesto que la interacción que tiene el sodio y a la mayor proporción de los iones cloruro presentes. Debido a que éstos últimos tienen la capacidad de expandir las miofibrillas permitiendo que el agua entre, formando una matriz más íntegra y sólida (Tarté 2009).

Los resultados coinciden con los encontrados en estudios en los que se reemplazó el cloruro de sodio por cloruro de potasio y se encontraron reducciones significativas en dureza (McGough *et al.* 2012). La dureza está influenciada en mayor medida por la cantidad de sólidos y el tipo de sal.

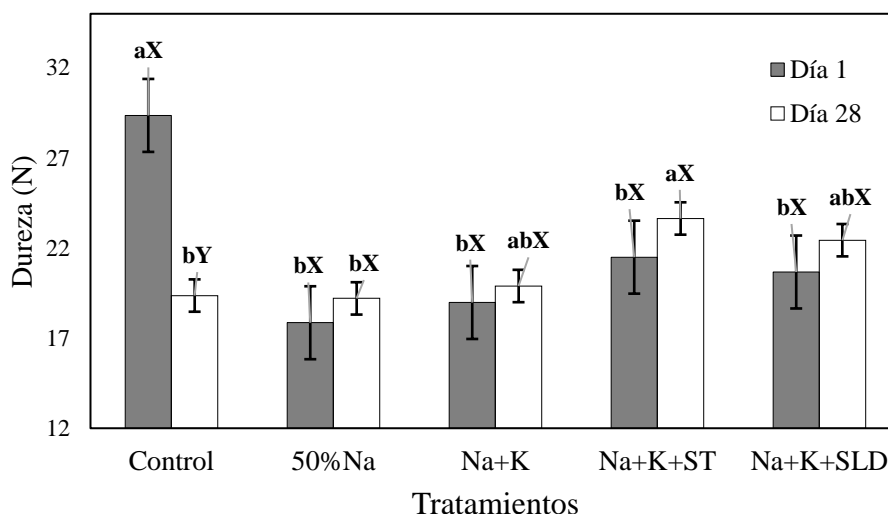


Figura 2. Comportamiento de la dureza del jamón reestructurado de cerdo. a-b: diferencia significativa entre tratamientos por día ( $P < 0.05$ ). X-Y: diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ ). Coeficiente de variación: 27.01%

**Análisis textural de cohesividad.** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 28, no así para el día 1. También hubo diferencia entre días ( $P < 0.05$ ). El modelo estadístico identificó interacción entre los tratamientos y el bloque y entre los tratamientos y el tiempo (Figura 3).

Al día 1 no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La cohesividad fue significativamente mayor al día 28 para el tratamiento formulado con cloruro de sodio. Para la fórmula que contiene suero lácteo dulce la cohesividad se afectó negativamente a través del tiempo. Lo anterior coincide con experimentos en los que se reduce la sal, donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y a través del tiempo. Además se obtuvo mayor cohesividad cuando se utilizó cloruro de sodio (Pietrasik *et al.* 2016; Aaslyng *et al.* 2014).

Debido al mejor gel que se forma por la interacción proteína, iones y agua al utilizar cloruro de sodio, la cohesividad es mayor. A través del tiempo la mayor cantidad de iones cloruro presentes en el cloruro de sodio interactúan mejor con las miofibrillas de la carne. Aumentando la cohesividad entre formulaciones y a través del tiempo (Saavedra 2013). El efecto final negativo del suero lácteo dulce se atribuye a que la actividad proteolítica y lipolítica aumenta al incluir un ingrediente bioquímicamente orgánico, reduciendo así la cohesividad.

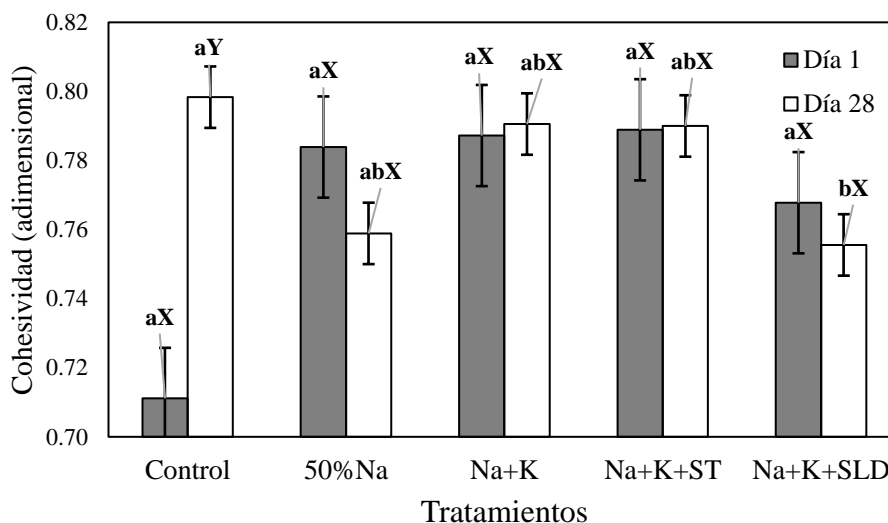


Figura 3. Comportamiento de la cohesividad del jamón reestructurado de cerdo. a-b: diferencia significativa entre tratamientos por día ( $P < 0.05$ ). X-Y: diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ ). Coeficiente de variación: 8.25%

**Análisis textural de elasticidad.** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 1, no así para el día 28. También hubo diferencia entre días ( $P<0.05$ ). El modelo estadístico identificó interacción entre los tratamientos y el bloque y entre los tratamientos y el tiempo (Figura 4).

El tratamiento que presentó mayor elasticidad al día 1 fue el control, el resto fueron significativamente iguales. La diferencia entre días también se observó en el tratamiento control; siendo la elasticidad un parámetro textural que aumenta a través del tiempo cuando se utiliza cloruro de sodio en cantidades usuales. Estudios previos han demostrado que sales con contenido de sodio aumentan la susceptibilidad de las miofibrillas a ser extraídas, en contraste aquellas sales que contienen potasio (Suzuki *et al.* 1991).

Los resultados concuerdan con los encontrados en experimentos en los que los tratamientos con cloruro de sodio reducido tenían significativamente menor dureza y elasticidad. Diferencia que se atribuye probablemente a que el detrimento de sal agregada causó deterioro en las propiedades gelantes de la carne (Souza *et al.* 2011).

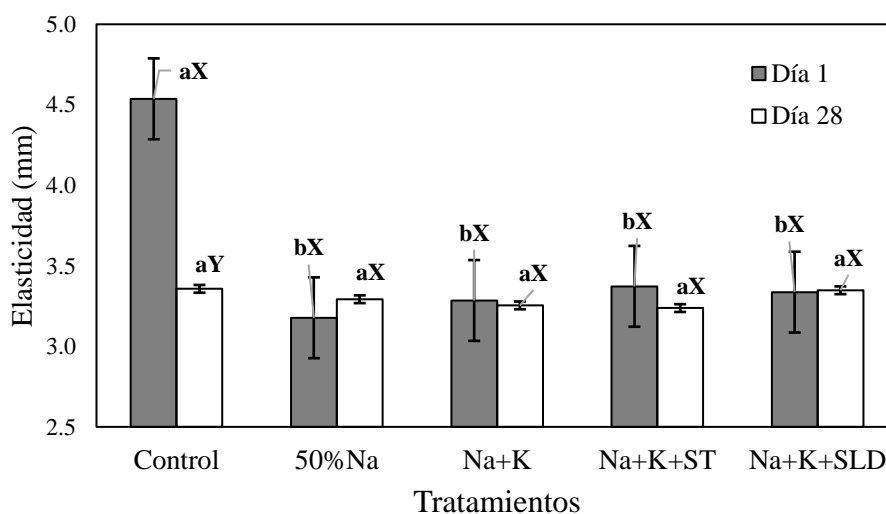


Figura 4. Comportamiento de la elasticidad del jamón reestructurado de cerdo. a-b: diferencia significativa entre tratamientos por día ( $P<0.05$ ). X-Y: diferencia significativa entre días ( $P<0.05$ ). Coeficiente de variación: 15.42%



**Análisis textural de masticabilidad.** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al día 1 y al 28. También hubo diferencia entre días ( $P < 0.05$ ). El modelo estadístico identificó interacción entre los tratamientos y el bloque y entre los tratamientos y el tiempo (Figura 5).

El tratamiento con mayor masticabilidad al día 1 fue el control. Para el día 28, las diferencias disminuyeron y el tratamiento con mayor masticabilidad fue el formulado con cloruro de sodio, cloruro de potasio y SaltTrim. Resultados en otras matrices cárnicas como jamón de pechuga de pavo, han demostrado que la masticabilidad difiere al variar la cantidad y tipo de sal. Debido a la interacción iónica entre las proteínas y la sal (Oliveira *et al.* 2015).

Experimentos similares han demostrado que la reducción parcial del cloruro de sodio afecta variables de integridad en los productos, entre ellas la masticabilidad (McGough *et al.* 2012). El gráfico muestra que la cantidad de sólidos, tipo y concentración de sal tienen influencia sobre la masticabilidad. A mayor cantidad de cloruro de sodio y sólidos la masticabilidad aumenta.

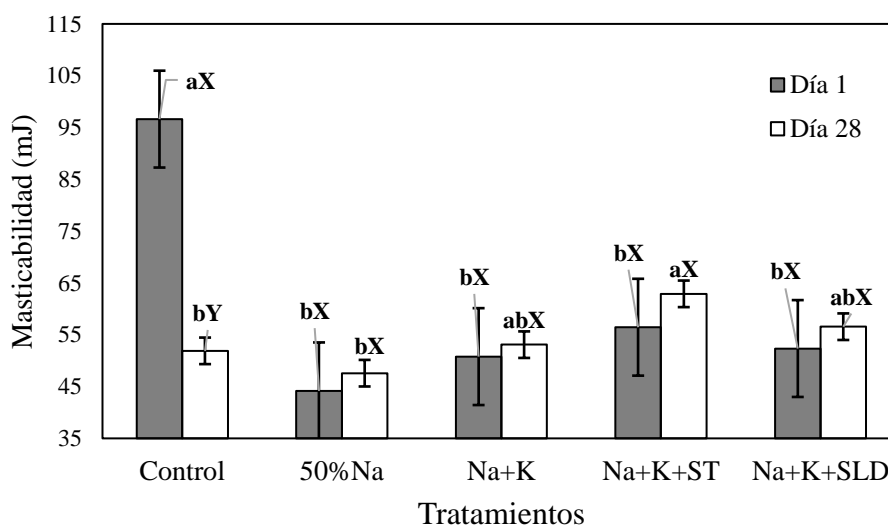


Figura 5. Comportamiento de la masticabilidad del jamón reestructurado de cerdo. a-b: diferencia significativa entre tratamientos por día ( $P < 0.05$ ). X-Y: diferencia significativa entre días ( $P < 0.05$ ). Coeficiente de variación: 35.75%.

**Análisis sensorial de color.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni al día 1 y día 28 (Cuadro 10), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Tampoco hubo diferencia entre días ( $P>0.05$ ). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

En productos cárnicos la decisión de compra se ve críticamente influenciada por el color (Boles and Pegg 1999). En jamones curados la molécula de nitrosilhemocromo es la que confiere el color rosado característico, misma que está formada por la interacción entre la mioglobina y el nitrito de sodio. Dicho pigmento brinda características irreversibles en color a través del tiempo. Los panelistas mostraron igual aceptación entre tratamientos, también entre el mismo tratamiento a través del tiempo.

Estudios previos han demostrado la sustitución exitosa (50%) sin alterar las características sensoriales del producto (Armenteros *et al.* 2009). Éstos difieren de los resultados en los que se incluye el tiempo de masajeo, debido a que al alterar la estructura de las miofibrillas, éstas interactúan de diferente forma con las sales. Causando discrepancias en color que son perceptibles por los panelistas (Noriega 2015).

**Análisis sensorial de olor.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni al día 1 y día 28 (Cuadro 10), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Tampoco hubo diferencia entre días ( $P>0.05$ ). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

El olor depende directamente de la combinación de ingredientes, curado y especias con las que se condimenta el producto. Estudios reportan que la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en combinación con tratamientos de alta presión no tuvieron efectos negativos sobre las muestras formuladas con cloruro de potasio (Pietrasik *et al.* 2016). La diferencia no significativa entre tratamientos y entre días, se atribuye probablemente a los fenómenos de proteólisis y lipólisis que condicionan el aroma durante la vida de anaquel del producto (Arnau 1993).

Cuadro 10. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de color y olor al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Color          |                 | Olor           |                 |
|---------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|               | Día 1 (NS) (Ø) | Día 28 (NS) (Ø) | Día 1 (NS) (Ø) | Día 28 (NS) (Ø) |
|               | Media ± DE     | Media ± DE      | Media ± DE     | Media ± DE      |
| Control       | 6.55 ± 1.77    | 6.83 ± 1.62     | 6.97 ± 1.61    | 6.86 ± 1.53     |
| 50%Na         | 6.49 ± 1.77    | 6.67 ± 1.60     | 6.56 ± 1.59    | 6.92 ± 1.55     |
| Na+K          | 6.66 ± 1.72    | 6.58 ± 1.64     | 6.74 ± 1.53    | 6.83 ± 1.53     |
| Na+K+ST       | 6.62 ± 1.67    | 6.62 ± 1.59     | 6.73 ± 1.48    | 6.86 ± 1.53     |
| Na+K+SLD      | 6.60 ± 1.59    | 6.60 ± 1.53     | 6.69 ± 1.42    | 6.80 ± 1.52     |
| <b>CV (%)</b> | 26.01          | 23.64           | 22.54          | 22.14           |

CV: Coeficiente de variación

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

(Ø): No significativo entre días (P>0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

Escala hedónica de nueve puntos: 9 = me gusta extremadamente; 5 = ni me gusta ni me disgusta;

1 = me disgusta extremadamente

**Análisis sensorial de textura.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni al día 1 y día 28 (Cuadro 11), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Tampoco hubo diferencia entre días (P>0.05). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos (P>0.05).

La textura es una de las variables que el consumidor evalúa para determinar la calidad del producto. Está relacionada con las estructuras del músculo, refrigeración, sistemas de ablandamiento, masajeo, tiempo y temperatura de cocción (CENID Fisiología animal 2011). En investigaciones previas se ha logrado exitosamente la sustitución (50%) del cloruro de sodio, obteniendo resultados significativamente iguales (Guàrdia *et al.* 2008). A través del tiempo la textura fue percibida de igual forma por los panelistas, coincidiendo con resultados en reemplazos parciales del 40% de cloruro de sodio por cloruro de potasio (Pietrzak *et al.* 2007). La no diferencia se atribuye a que las sales interactúan de forma similar con las fibras de la carne. Causando cambios imperceptibles por los panelistas.

**Análisis sensorial de sabor.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05) ni al día 1 y día 28 (Cuadro 11), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Sí se encontró diferencia significativa entre días para uno de los tratamientos (P<0.05). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos (P>0.05).

El sabor en el producto está determinado principalmente por las características inherentes en la carne, las sales, especias y proceso al que es sometido. Tanto para el día 1 como para el día 28 se encontró igual aceptación. Lo anterior no contrasta con otros estudios que demuestran que a mayor cantidad de cloruro de sodio en los productos, éstos son preferidos. La diferencia se atribuye probablemente a la fórmula utilizada y/o porque es otra matriz cárnica con un perfil de sabor distinto (Aaslyng *et al.* 2014).

Existió diferencia en el tiempo para el tratamiento formulado con cloruro de sodio, cloruro de potasio y SaltTrim. Probablemente fue distinto debido a la adición de dextrosa, principal ingrediente del SaltTrim. La dextrosa disminuye la posibilidad del ataque de microorganismos a los aminoácidos, cambiando el perfil de sabor del producto a lo largo de la vida de anaquel (Newton and Gill 1981).

Cuadro 11. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de textura y sabor al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Textura        |                 | Sabor         |               |
|---------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|
|               | Día 1 (NS) (Ø) | Día 28 (NS) (Ø) | Día 1 (NS)    | Día 28 (NS)   |
|               | Media ± DE     | Media ± DE      | Media ± DE    | Media ± DE    |
| Control       | 6.70 ± 1.63    | 6.78 ± 1.59     | 6.82 ± 1.67 X | 6.99 ± 1.61 X |
| 50%Na         | 6.45 ± 1.62    | 6.73 ± 1.60     | 6.34 ± 1.69 X | 6.69 ± 1.65 X |
| Na+K          | 6.72 ± 1.56    | 6.69 ± 1.61     | 6.65 ± 1.64 X | 6.91 ± 1.67 X |
| Na+K+ST       | 6.49 ± 1.52    | 6.75 ± 1.55     | 6.41 ± 1.61 X | 6.85 ± 1.66 Y |
| Na+K+SLD      | 6.35 ± 1.52    | 6.51 ± 1.50     | 6.60 ± 1.59 X | 6.64 ± 1.64 X |
| <b>CV (%)</b> | 23.79          | 22.92           | 24.82         | 23.35         |

CV: Coeficiente de variación

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

(Ø): No significativo entre días (P>0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

Escala hedónica de nueve puntos: 9 = me gusta extremadamente; 5 = ni me gusta ni me disgusta;

1 = me disgusta extremadamente

**Análisis sensorial de percepción salada.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni al día 1 y día 28 (Cuadro 12), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Sí hubo diferencia entre días ( $P < 0.05$ ). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque, ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

La cantidad de sal influye directamente en el atributo debido a las combinaciones que forma con el resto de ingredientes. Los resultados no coinciden con los encontrados en estudios similares en los que se sustituyó la cantidad de sal desde 17 hasta 50%, encontrándose diferencias significativas en el último porcentaje, probablemente porque el perfil de ingredientes difiere para las formulaciones. Las sales interactuaron de forma diferente para cada estudio y a través del tiempo (McGough *et al.* 2012; Kremer *et al.* 2009).

La diferencia entre días se encontró para los tratamientos formulados con cloruro de sodio al 50% y el que posee suero lácteo dulce. La reducción de sal conlleva a la disminución de la actividad de agua del producto, propiciando condiciones proteolíticas y lipolíticas por microorganismos y/o enzimas. Últimos que probablemente se agregaron con el suero, justificando la diferencia entre días para la mencionada formulación. Ambos factores condicionaron la percepción salada del jamón a través del tiempo (Armenteros *et al.* 2012).

**Análisis sensorial de aceptación general.** Para la prueba de aceptación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni al día 1 y día 28 (Cuadro 12), en la escala, la puntuación se acerca a me gusta moderadamente. Tampoco hubo diferencia entre días ( $P > 0.05$ ). El modelo estadístico no identificó interacción entre los tratamientos y el bloque, ni entre los tratamientos y el tiempo. Para el análisis de preferencia la prueba de chi cuadrado determinó igualdad entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

La aceptación general resume el resto de atributos y busca establecer la impresión global que los panelistas tienen del producto. Siendo la concentración de cloruro de sodio un factor crítico en la aceptación. Se determinó que la aceptación general posee correlación directa positiva alta para el sabor (0.80); correlación directa positiva media para la percepción salada (0.73), textura (0.71) y olor (0.60). También correlación directa positiva baja para el color (0.56).

Para el estudio se obtuvieron resultados significativamente iguales a través del tiempo y entre tratamientos. En experimentos similares los resultados coinciden con diferencias no significativas en reemplazos de cloruro de sodio por cloruro de potasio del 50% (Pietrasik *et al.* 2016; Pietrzak *et al.* 2007). Lo anterior debido a que los ingredientes y sus combinaciones logran contrarrestar los efectos negativos del cloruro de potasio.

Cuadro 12. Promedios y desviaciones estándar (DE) para las puntuaciones del análisis sensorial de aceptación, en los atributos de percepción salada y aceptación general al día 1 y 28 del jamón reestructurado de cerdo.

| Tratamiento   | Percepción salada     |                        | Aceptación general        |                            |
|---------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
|               | Día 1 <sup>(NS)</sup> | Día 28 <sup>(NS)</sup> | Día 1 <sup>(NS) (Ø)</sup> | Día 28 <sup>(NS) (Ø)</sup> |
|               | Media ± DE            | Media ± DE             | Media ± DE                | Media ± DE                 |
| Control       | 6.53 ± 1.65 X         | 6.83 ± 1.66 X          | 6.95 ± 1.45               | 7.08 ± 1.47                |
| 50%Na         | 6.37 ± 1.65 X         | 6.85 ± 1.68 Y          | 6.61 ± 1.44               | 6.78 ± 1.48                |
| Na+K          | 6.39 ± 1.61 X         | 6.65 ± 1.69 X          | 6.71 ± 1.38               | 6.87 ± 1.50                |
| Na+K+ST       | 6.48 ± 1.59 X         | 6.77 ± 1.68 X          | 6.68 ± 1.38               | 6.88 ± 1.48                |
| Na+K+SLD      | 6.20 ± 1.60 X         | 6.64 ± 1.65 Y          | 6.63 ± 1.35               | 6.78 ± 1.45                |
| <b>CV (%)</b> | 25.31                 | 24.39                  | 20.76                     | 21.07                      |

CV: Coeficiente de variación

X-Y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05)

NS: No significativo entre tratamientos por día (P>0.05)

(Ø): No significativo entre días (P>0.05)

50%Na: cloruro de sodio al 50%; Na+K: cloruro de sodio 50% y cloruro de potasio 50%

Na+K+ST: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y SaltTrim

Na+K+SLD: cloruro de sodio 50%, cloruro de potasio 50% y suero lácteo dulce

Escala hedónica de nueve puntos: 9 = me gusta extremadamente; 5 = ni me gusta ni me disgusta;

1 = me disgusta extremadamente

## 4. CONCLUSIONES

- La sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio reduce la purga al final de la vida de anaquel.
- El SaltTrim y el suero lácteo dulce no alteraron la carga microbiológica entre formulaciones.
- Incluir SaltTrim<sup>®</sup> en la formulación aumenta la dureza y masticabilidad del producto.
- Sensorialmente el uso de los ingredientes evaluados no cambian aceptación y preferencia.
- El sabor es el atributo que más influye en la aceptación general del jamón.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Aumentar el porcentaje de sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio.
- Analizar microbiológica e individualmente el SaltTrim® y el suero lácteo dulce.
- Medir la cantidad de aminoácidos libres para establecer la relación que tienen con el pH.
- Ejecutar medidas repetidas en el tiempo intermedias entre los días 1 y 28.
- Evaluar otras formulaciones con menor proporción de proteína cárnica.



## 6. LITERATURA CITADA

Aaslyng M, Vestergaard C y Koch A. 2014. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami [Tesis]. Danish Meat Research Institute, Danish Technological Institute, Maglegaardsvej 2, Roskilde DK-4000, Denmark. 9 p.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry. United States.

Arganosa G. 1989. Salt substitutes in restructured ham [Tesis]. Department of Food Science and Technology Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia 24061. 10 p.

Armenteros M, Aristoy M, Barat J y Toldrá F. 2009. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl [Tesis]. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), (Valencia), Spain. 627–633. 6 p.

Armenteros M, Toldrá F, Aristoy C, Ventanas J y Estévez M. 2012. Effect of the Partial Replacement of Sodium Chloride by Other Salts on the Formation of Volatile Compounds during Ripening of Dry-Cured Ham [Tesis]. Animal Production and Food Science Department, Faculty of Veterinary Science, University of Extremadura, Avenida Universidad s/n, 10003 Cáceres, Spain. 9 p.

Arnau J. 1993. Tecnología de elaboración del jamón curado [Tesis]. Centro de Tecnología de la Carne (IRTA). Granja Camps i Armel. 17121 Monells (Gerona). 7 p.

ASTM International 2010. Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems [internet]. ASTM International, West Conshohocken, PA. [accessed 2016 Sep 6]. <http://www.astm.org/Standards/E83.htm>

Bak K. 2012. High pressure effect on the color of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl [Tesis]. Department of Food Science, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen, Rolighedsvej 30, DK-1958 Frederiksberg C, Denmark. 7 p.

Boles J y Pegg R. 1999. Meat Color. Saskatoon, SK: University of Saskatchewan Department of Applied Microbiology and Food Sciences.

Brown I, Tzoulaki I, Candeias V, Elliott P, Bibbins-Domingo K, Chertow G, Coxson P, Moran A, Lightwood J, Pletcher M y Goldman L. 2009. Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 38, 791–813.

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento animal. 2011. Manual de Análisis de Calidad en muestras de carne. Ajuchitlán, Colón, Querétaro Octubre 2011. ISBN: 978-607-425-612-3.

Correa J, Méthot S y Faucitano L. 2007. A modified meat juice container (EZ-Driploss) procedure for a more reliable assessment of driploss and related quality changes in pork meat [Tesis]. *Journal of Muscle Foods* 18(1):67-77 p.

Dimitrakopoulou M, Ambrosiadis J, Zetou F y Bloukas J. 2005. Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder [Tesis]. *Meat Science* 70:743-749 p.

Food and Drug Administration. 2013. Revised Guidelines for the Assessment of Microbiological Quality of Processed Foods. FDA – Circular 2013-010. 11 p.

Greiff K, Mathiassen J, Misimi E, Hersleth M y Aursand I. 2015. Gradual Reduction in Sodium Content in Cooked Ham, with Corresponding Change in Sensorial Properties Measured by Sensory Evaluation and a Multimodal Machine Vision System [Tesis]. Universidad de Lleida, España. 21 p.

Guàrdia M, Guerrero L, Gelabert J, Gou P y Arnau J. 2008. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate [Tesis]. *Meat Science*, 80, 1225–1230. 5 p.

Guerra C. 2007. Efecto del suero lácteo dulce como sustituto de agua en las características de una salchicha tipo emulsión [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 38 p.

Hamm R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Adv. Food Research*. 10, 355-463. 108 p.

Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In P.J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* [Tesis]. Orlando, FL: Academic Press. (pp. 135 – 199).

Hand L, Terrell R, y Smith G. 1982. Effects of complete or partial replacement of sodium chloride on processing and sensory properties of hams [Tesis]. *Journal of Food Science*, 47, 1776–1778. 2 p.

Hleap J y Velasco V. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 56 p.

Keeton J. 1984. Effects of Potassium Chloride on Properties of Country-Style Hams [Tesis]. Dept. of Food Science, North Carolina State University. 3 p.

Kremer S, Mojet J, y Shimojo R. 2009. Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. *Journal of Food Science*, 74(6), S255–S262. 7 p.

Ling G, Mittal G y Barbut S. 1990. Optimization of tumbling and KCl substitution in low sodium restructured hams [Tesis]. National Food Processors Assoc., 1401 New York Ave. N. W. University of Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1. 21 p.

Loyola E. 2013. Evaluación sensorial y de composición proximal de jamón de cerdo en cinco marcas comercializadas en Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 30 p.

McGough M, Sato T, Rankin S y Sindelar J. 2012. Reducing sodium levels in frankfurters using naturally brewed soy sauce [Tesis]. University of Wisconsin, Department of Animal Sciences, Meat Science & Muscle Biology Laboratory, Linden Drive, Madison, WI 53706, USA. 10 p.

Newton K y Gill C. 1981. The microbiology of DFD fresh meat: A review. *Meat Sci.* 5 (3), 223.

Noriega PA. 2015. Efecto de niveles de sal y tiempo de masajeo en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en jamón de cerdo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 29 p.

Oliveira T, Junior C, Ramos L, Ramos E, Piccoli R, y 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 [Tesis]. *LWT - Food Science and Technology*, 64, 1297–1308. 39 p.

Parra M, 2009. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. Vol. (62):4967-4982.

Pereira M, Pereira G, Mendes E, Lemos A, Marques A y Rogério P. 2012. Technological and sensory quality of restructured low-fat cooked ham containing liquid whey [Tesis]. Universidade Federal de Lavras/UFLA. Departamento de Ciência dos Alimentos/DCA – Lavras – MG – Brasil. 86 – 92. 6 p.

Pietrasik Z, Gaudette N y Johnston S. 2016. The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams [Tesis]. Food Processing Development Centre, Food and Bio Processing Division, Alberta Agriculture and Forestry, Leduc, AB T9E 7C5, Canada. 8 p.

Pietrzak D, Fonberg-Broczek M, Mucka A y Windyga B. 2007. Effects of high pressure treatment on the quality of cooked pork ham prepared with different levels of curing ingredients [Tesis]. Food Processing Development Centre, Food and Bio Processing, Alberta Agriculture and Forestry, Leduc, Canada. *High Pressure Research*, 27, 27–31 p.

- Roberts D, Hooper W y Greenwood M. 2000. Microbiología práctica de los alimentos.
- Ruiz G, Rodríguez J, Torres E, Martínez M, Gonzales M y Pérez R 2016. Enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial y consumo de sodio: una relación controversial. RICS. Vol. (5), Núm. 10: 2395-8057.
- Ruusunen M y Puolanne E. 2005. Reducing sodium intake from meat products [Tesis]. Department of Food Technology, University of Helsinki, Helsinki, Finland. 11 p.
- Saavedra I. 2013. Efecto de la disminución de sal y uso de transglutaminasa en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 34 p.
- Science Advisory committee on Nutrition 2003. Salt and health. Norwich, United Kingdom: The Stationary Office.
- Sebranek J, y Bacus J. 2007. Natural and organic cured meat products: Regulatory, manufacturing, marketing, quality and safety issues [internet]. American Meat Science Association. [accessed 2015 Sep 29]. [http://www.meatscience.org/Pubs/White%20Papers/wp\\_001\\_2007\\_Natural\\_Organic\\_Cured\\_Meat.pdf](http://www.meatscience.org/Pubs/White%20Papers/wp_001_2007_Natural_Organic_Cured_Meat.pdf)
- Sosa J. 2010. Tratamiento no farmacológico de la hipertensión arterial. UNMSM. Facultad de Medicina. Vol. (71): 241-244.
- Souza, M, Boler D, Clark D, Kutzler L, Holmer F, Summerfield W y Killefer J. 2011. The effects of high pressure processing on pork quality, palatability, and further processed products [Tesis]. Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, 205 Meat Science Lab, 1503 S. Maryland Drive, Urbana, IL 61801, USA. 9 p.
- Strazzullo P, D'Elia L, Kandala N y Cappuccio F. 2009. Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies [Tesis]. Department of Clinical and Experimental Medicine, "Federico II" University of Naples Medical School, Naples, Italia. 9 p.
- Suzuki A, Suzuki N, Ikeuchi Y Saito M. 1991. Effects of high pressure treatment on the ultrastructure and solubilization of isolated myofibrils [Tesis]. Agricultural and Biological Chemistry, 55(10), 2467–2473. 6 p.
- Tarté R. 2009. Basic curing ingredients. In: Rodrigo Tarté. Ingredients in meat products. Properties, functionality and applications. Madison, Wisconsin. Kraft Foods Inc. p. 1-24.
- Toldrá F, Mora L y Flores M. 2010. Cooked Ham. In F. Toldrá (Ed.), Chapter 16. Handbook of meat processing (pp. 301e311). Iowa, USA: Wiley-Blackwell.
- Trindade A. 2011. Desenvolvimento de metodologías analíticas de presunto [Tesis]. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. 92 p.
- United States Department of Agriculture. 2005. Food Standards and Labeling Policy Book. Office of Policy, Program and Employee Development. 202 p.

Wierbicki E, Cahill V y Deathrage F. 1957. Effects of added sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride, and citric acid on meat shrinkage at 70 °C and of added sodium chloride on drip losses after freezing and thawing. *Food Technol.* II(2), 74-76. 2 p.

Xargayó M, Lagares J, Fernández E, Borrell D y Sanz D. 2009. The impact of tenderization on increased slicing yield. Nu-Meat Technology, Inc. Estados Unidos de América.

Zambrano J. 2013. Efecto de la reducción y sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en jamón de cerdo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 32 p.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1. Correlaciones de variables para el día 1 de análisis.**

|                       | Color    | Olor     | Textura  | Sabor    | Percepción<br>salada | Aceptación<br>general | BMA      | Laminiosidad (L) | Cromaticidad (a*) | Cromaticidad (b*) | Dureza   | Cohesividad | Elasticidad | Masticabilidad | pH       |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|-----------------------|----------|------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------|-------------|----------------|----------|
| Color                 | 1        | 0.65013  | 0.51913  | 0.45242  | 0.31692              | 0.30648               | 0.12508  | 0.02854          | -0.00876          | 0.01875           | -0.033   | -0.04674    | -0.04988    | -0.04106       | 0.04106  |
|                       |          | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0036   | 0.5082           | 0.8391            | 0.0227            | 0.4442   | 0.6637      | 0.2782      | 0.2472         | 0.3409   |
| Olor                  | 0.65013  | 1        | 0.62342  | 0.53227  | 0.40791              | 0.38776               | 0.17476  | -0.05805         | 0.07106           | 0.0351            | 0.01854  | 0.02444     | 0.00898     | 0.00374        | 0.401973 |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | <0.001   | 0.1934           | 0.0591            | 0.4156            | 0.6674   | 0.5709      | 0.8351      | 0.9309         | 0.6473   |
| Textura               | 0.51913  | 0.62342  | 1        | 0.65613  | 0.46098              | 0.65009               | 0.09664  | -0.00234         | 0.03839           | 0.07651           | -0.00826 | 0.01677     | -0.00686    | -0.01338       | 0.04751  |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0247   | 0.9568           | 0.3732            | 0.0757            | 0.8481   | 0.6974      | 0.8736      | 0.7563         | 0.2705   |
| Sabor                 | 0.45242  | 0.53227  | 0.65613  | 1        | 0.64992              | 0.79                  | 0.11646  | -0.04325         | 0.04577           | 0.02256           | 0.00966  | -0.0152     | -0.00062    | -0.00136       | -0.02962 |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0067   | 0.3138           | 0.2884            | 0.8227            | 0.7245   | 0.9886      | 0.9749      | 0.4921         |          |
| Percepción salada     | 0.31692  | 0.40791  | 0.46098  | 0.64992  | 1                    | 0.71165               | 0.00243  | 0.01335          | 0.0174            | 0.01361           | -0.01224 | 0.05548     | -0.02335    | -0.01643       | 0.02843  |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.955    | 0.7568           | 0.6866            | 0.7523            | 0.7765   | 0.4107      | 0.5882      | 0.7053         | 0.5198   |
| Aceptación general    | 0.51     | 0.39     | 0.65     | 0.79     | 0.71                 | 1                     | 0.10538  | -0.02113         | 0.05411           | 0.04762           | 0.02276  | 0.01        | -0.00236    | -0.00469       | 0.02284  |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0143   | 0.6079           | 0.2093            | 0.2693            | 0.949    | 0.8166      | 0.9564      | 0.9134         | 0.5964   |
| BMA                   | 0.12508  | 0.17476  | 0.09664  | 0.11646  | 0.00243              | 0.10538               | 1        | -0.48018         | 0.26658           | 0.02455           | 0.54287  | -0.5645     | 0.40422     | 0.31407        | -0.32381 |
|                       | 0.0036   | <0.001   | 0.0247   | 0.0067   | 0.955                | 0.0143                | <0.001   | <0.001           | <0.001            | 0.5691            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | <0.001   |
| Laminiosidad (L)      | 0.02854  | -0.05605 | -0.00234 | -0.04325 | 0.01335              | -0.02113              | -0.48018 | 1                | -0.666            | 0.52554           | -0.76164 | 0.6701      | -0.69752    | -0.7222        | 0.54717  |
|                       | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | <0.001   | <0.001           | <0.001            | <0.001            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | <0.001   |
| Cromaticidad (a*)     | 0.09802  | 0.0351   | 0.07651  | 0.02256  | 0.01361              | 0.04762               | 0.02455  | 0.52554          | -0.29238          | 1                 | -0.21759 | 0.22358     | -0.06096    | -0.16262       | 0.77256  |
|                       | 0.0227   | 0.4156   | 0.0757   | 0.6009   | 0.7523               | 0.2693                | 0.5691   | <0.001           | <0.001            | <0.001            | <0.001   | <0.001      | 0.1572      | 0.0001         | <0.001   |
| Cromaticidad (b*)     | -0.033   | 0.01854  | -0.00826 | 0.00966  | -0.01224             | 0.00276               | 0.34287  | -0.76164         | 0.30513           | -0.21759          | 1        | -0.84898    | 0.91735     | 0.97914        | -0.16526 |
|                       | 0.4442   | 0.6674   | 0.8481   | 0.8227   | 0.7765               | 0.949                 | <0.001   | <0.001           | <0.001            | <0.001            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | 0.0001   |
| Dureza                | 0.01875  | -0.02444 | 0.01677  | -0.0152  | 0.03548              | 0.01                  | -0.5645  | 0.6701           | -0.13205          | 0.22358           | -0.84898 | 1           | -0.85188    | -0.83709       | 0.30605  |
|                       | 0.6637   | 0.5709   | 0.6974   | 0.7245   | 0.4107               | 0.8166                | <0.001   | <0.001           | 0.0021            | <0.001            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | <0.001   |
| Cohesividad           | -0.04674 | 0.00898  | -0.00686 | -0.00062 | -0.02335             | -0.00236              | 0.40422  | -0.69752         | 0.34125           | -0.06096          | 0.91735  | -0.85188    | 1           | 0.96938        | -0.03033 |
|                       | 0.2782   | 0.8351   | 0.8736   | 0.9886   | 0.5882               | 0.9564                | <0.001   | <0.001           | <0.001            | 0.1572            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | 0.4818   |
| Elasticidad           | -0.04988 | 0.00374  | -0.01338 | -0.00136 | -0.01643             | -0.00469              | 0.31407  | -0.7222          | 0.31719           | -0.16262          | 0.97914  | -0.83709    | 0.96938     | 1              | -0.08073 |
|                       | 0.2472   | 0.9309   | 0.7563   | 0.9749   | 0.7033               | 0.9134                | <0.001   | <0.001           | <0.001            | 0.0001            | <0.001   | <0.001      | <0.001      | <0.001         | 0.0068   |
| pH                    | 0.04106  | -0.01973 | 0.04751  | -0.02962 | 0.02843              | 0.02284               | -0.32381 | 0.54717          | -0.07198          | 0.77256           | -0.16526 | 0.30605     | -0.03033    | -0.08073       | 1        |
|                       | 0.3409   | 0.6473   | 0.2705   | 0.4921   | 0.5908               | 0.5964                | <0.001   | <0.001           | 0.0947            | <0.001            | 0.0001   | 0.3596      | 0.0929      | 0.4818         | 0.0608   |
| Purga                 | 0.14233  | 0.08485  | 0.06249  | 0.01841  | 0.00319              | 0.03928               | 0.3932   | 0.12757          | -0.08424          | 0.01043           | <0.001   | <0.001      | -0.33352    | -0.40289       | -0.12758 |
|                       | 0.0009   | 0.0488   | 0.147    | 0.6694   | 0.941                | 0.3623                | <0.001   | 0.003            | 0.0504            | 0.809             | <0.001   | 0.0309      | <0.001      | <0.001         | 0.003    |
| Rendimiento en coccin | 0.05846  | -0.00101 | 0.05344  | -0.0039  | 0.0166               | 0.02883               | -0.17861 | 0.44285          | -0.10665          | 0.90011           | -0.05487 | 0.18268     | 0.06497     | 0.00964        | 0.9246   |
|                       | 0.1749   | 0.9813   | 0.2151   | 0.8911   | 0.7004               | 0.5109                | <0.001   | <0.001           | 0.0137            | <0.001            | 0.203    | <0.001      | 0.1316      | 0.8231         | <0.001   |
| Pérdida por rebasado  | -0.10877 | -0.14105 | -0.11252 | -0.10399 | -0.04281             | -0.10413              | -0.47231 | -0.14826         | -0.0201           | -0.24383          | 0.05523  | 0.19647     | -0.0882     | 0.00389        | -0.18599 |
|                       | 0.0114   | 0.001    | 0.0089   | 0.0166   | 0.3208               | 0.0155                | <0.001   | 0.0005           | 0.6411            | <0.001            | 0.2      | <0.001      | 0.0405      | 0.9282         | <0.001   |

## Anexo 2. Correlaciones de variables para el día 28 de análisis.

|                    | Color    | Olor     | Textura  | Sabor    | Percepción<br>salada | Aceptación<br>general | BMA      | Luminosidad (L) | Cromaticidad (e*) | Cromaticidad (b*) | Dureza   | Cohesión | Elasticidad | Masticabilidad | pH     |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|-----------------------|----------|-----------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-------------|----------------|--------|
| Color              | 1        | 0.6144   | 0.5989   | 0.5985   | 0.43316              | 0.59873               | -0.07536 | 0.08317         | 0.04684           | -0.07187          | 0.07255  | 0.05989  | -0.0469     | 0.1295         |        |
|                    |          | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0649   | 0.0018          | 0.0415            | 0.0783            | 0.0755   | 0.1425   | 0.2509      | 0.0015         |        |
| Olor               | 0.6144   | 1        | 0.56834  | 0.57563  | 0.50028              | 0.61438               | -0.07873 | 0.05338         | 0.08743           | -0.08046          | 0.08801  | 0.02778  | -0.05848    | 0.14978        |        |
|                    | <0.001   |          | <0.001   | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0537   | 0.002           | 0.1913            | 0.0487            | 0.031    | 0.4966   | 0.1522      | 0.0002         |        |
| Textura            | 0.5989   | 0.56834  | 1        | 0.70575  | 0.56619              | 0.76143               | -0.06882 | 0.09527         | 0.02966           | -0.0943           | 0.07067  | 0.01625  | 0.01038     | 0.1178         |        |
|                    | <0.001   | <0.001   |          | <0.001   | <0.001               | <0.001                | 0.0919   | 0.0044          | 0.4679            | 0.8176            | 0.0834   | 0.691    | 0.7995      | 0.0038         |        |
| Sabor              | 0.5985   | 0.57563  | 0.70575  | 1        | 0.7421               | 0.83623               | -0.11373 | 0.08485         | 0.0896            | -0.07922          | 0.12008  | -0.01438 | -0.04749    | 0.13563        |        |
|                    | <0.001   | <0.001   | <0.001   |          | <0.001               | <0.001                | 0.0032   | 0.0281          | 0.0322            | 0.0032            | 0.0032   | 0.7249   | 0.245       | 0.0009         |        |
| Percepción salada  | 0.43316  | 0.50028  | 0.56619  | 0.7421   | 1                    | 0.75249               | -0.10086 | 0.10615         | 0.0603            | -0.05303          | 0.07102  | -0.0398  | -0.04849    | 0.11374        |        |
|                    | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   |                      | <0.001                | 0.0134   | 0.0092          | 0.1398            | 0.1942            | 0.0819   | 0.3301   | 0.2352      | 0.0032         |        |
| Aceptación general | 0.59873  | 0.61438  | 0.76143  | 0.83623  | 0.75249              | 1                     | -0.10967 | 0.10174         | 0.05355           | -0.06657          | 0.10363  | -0.00787 | -0.04178    | 0.12384        |        |
|                    | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001   | <0.001               |                       | 0.0071   | 0.0041          | 0.0642            | 0.103             | 0.011    | 0.8474   | 0.3065      | 0.0024         |        |
| BMA                | -0.07536 | -0.07873 | -0.06882 | -0.11373 | -0.10086             | -0.10967              | 1        | 0.03089         | -0.11192          | 0.55744           | -0.69532 | 0.5681   | 0.49792     | -0.29017       |        |
|                    | 0.0649   | 0.0537   | 0.0919   | 0.0052   | 0.0134               | 0.0071                |          | 0.4498          | 0.006             | <0.001            | <0.001   | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| Luminosidad (L)    | -0.12683 | -0.12582 | -0.11604 | -0.12229 | -0.09159             | -0.11681              | 0.03089  | 1               | -0.33989          | -0.31173          | -0.22324 | -0.31173 | -0.22378    | -0.38598       |        |
|                    | 0.0018   | 0.002    | 0.0044   | 0.0027   | 0.0247               | 0.0041                | 0.4498   |                 | <0.001            | <0.001            | <0.001   | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| Cromaticidad (e*)  | 0.08317  | 0.05338  | 0.09527  | 0.08485  | 0.10615              | 0.10174               | -0.45193 | -0.33989        | 1                 | -0.08758          | 0.13417  | 0.14667  | -0.57772    | 0.08047        |        |
|                    | 0.0415   | 0.1913   | 0.0195   | 0.0576   | 0.0092               | 0.0126                | <0.001   | <0.001          |                   | 0.0318            | 0.001    | 0.0003   | <0.001      | 0.0486         |        |
| Cromaticidad (b*)  | 0.04684  | 0.08743  | 0.02966  | 0.0896   | 0.0603               | 0.07555               | -0.11192 | -0.71173        | -0.08758          | 1                 | -0.06086 | 0.5468   | 0.0003      | 0.12847        |        |
|                    | 0.2516   | 0.0321   | 0.4679   | 0.0281   | 0.1398               | 0.0642                | 0.006    | <0.001          | 0.0318            |                   | 0.1361   | <0.001   | 0.9942      | 0.0016         |        |
| Dureza             | -0.07187 | -0.08046 | -0.0943  | -0.07922 | -0.05303             | -0.06657              | 0.55744  | -0.22324        | 0.13417           | -0.06086          | 1        | -0.32609 | 0.52381     | 0.95229        |        |
|                    | 0.0783   | 0.0487   | 0.8176   | 0.0522   | 0.1942               | 0.103                 | <0.001   | -0.31173        | 0.14667           | 0.5468            | -0.52609 | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| Cohesión           | 0.07255  | 0.08801  | 0.07067  | 0.12008  | 0.07102              | 0.10663               | -0.69532 | -0.31173        | 0.14667           | 0.5468            | -0.52609 | 1        | -0.43539    | -0.30965       |        |
|                    | 0.0755   | 0.031    | 0.0834   | 0.0052   | 0.0819               | 0.011                 | <0.001   | <0.001          | 0.0003            | <0.001            | <0.001   | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| Elasticidad        | 0.05989  | 0.02778  | 0.01625  | -0.01438 | -0.0398              | -0.00787              | 0.5681   | -0.22378        | -0.37772          | 0.0003            | 0.25381  | 0.43539  | 1           | 0.31602        |        |
|                    | 0.1425   | 0.4966   | 0.691    | 0.7249   | 0.3301               | 0.8474                | <0.001   | <0.001          | <0.001            | 0.9942            | <0.001   | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| Masticabilidad     | -0.0469  | -0.05848 | 0.01038  | -0.04749 | -0.04849             | -0.04178              | 0.49792  | -0.38598        | 0.08047           | 0.12847           | 0.95229  | -0.30965 | 0.31602     | 1              |        |
|                    | 0.2509   | 0.1522   | 0.7995   | 0.245    | 0.2352               | 0.3065                | <0.001   | <0.001          | 0.0486            | 0.0016            | <0.001   | <0.001   | <0.001      | <0.001         |        |
| pH                 | 0.1295   | 0.14978  | 0.1178   | 0.13563  | 0.11374              | 0.12384               | -0.29017 | 0.84204         | 0.19561           | 0.72867           | -0.131   | 0.4337   | -0.01167    | -0.00656       |        |
|                    | 0.0015   | 0.0002   | 0.0038   | 0.0009   | 0.0052               | 0.0024                | <0.001   | <0.001          | <0.001            | 0.0013            | <0.001   | 0.0013   | <0.001      | 0.7752         |        |
|                    |          |          |          |          |                      |                       |          |                 |                   |                   |          |          |             |                | 0.8724 |