

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

Jean Carlos Zambrano Cevallos

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

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

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

Jean Carlos Zambrano Cevallos

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 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

Presentado por:

Jean Carlos Zambrano Cevallos

Aprobado:

Adela Acosta, Dra. C.T.A
Asesora principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Flor de María Nuñez, M. Sc.
Asesora

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de jamón de cerdo

Jean Carlos Zambrano Cevallos

Resumen. El objetivo del estudio fue evaluar las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales en un jamón de cerdo reduciendo su nivel de sodio y sustituyendo parcialmente cloruro de sodio por cloruro de potasio. Se realizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales (UE) con dos medidas repetidas en el tiempo, en los días 1 y 21. Las concentraciones de cloruro de potasio utilizadas en el estudio fueron 0.50 y 1%, además se evaluó reducción de cloruro de sodio sin adición del sustituto a niveles de 1 y 1.50% menos, comparados con un control del 2% de cloruro de sodio. Se demostró que existe diferencia significativa ($P < 0.05$), entre el tratamiento control con los tratamientos reducidos en cloruro de sodio y sustituidos por cloruro de potasio, los análisis microbiológicos demostraron diferencia significativa en coliformes totales ($P < 0.05$), mas no en aerobios mesófilos ($P > 0.05$), en la reducción de 1% de cloruro de sodio. Para el análisis sensorial el control fue el menos aceptado, comparado con los tratamientos que presentaron reducción de cloruro de sodio a niveles de 1 y 1.5% que presentaron mejor aceptación, por lo tanto la reducción de cloruro de sodio se puede efectuar de 2 a 1% en el jamón destacando, la calidad microbiológica a los 21 días de elaborado el producto.

Palabras clave: Producto cárnico, producto reestructurado, sal.

Abstract. The aim of this research was to evaluate physico-chemical, microbiological and sensory characteristics in a cooked ham reducing and partially substituting sodium chloride by potassium chloride. Randomized Complete Block Design (RCBD) was used with five different treatments and three repetitions, having 15 experimental units (EU), using two repetitive measures (days 1 and 21). The potassium chloride concentrations applied in the research were 0.50 and 1% by the same time reducing 1 and 1.50% sodium chloride reduction in formulation. Results shown that there is a significant difference between control treatment ($P > 0.05$) with other treatments in reduction of sodium chloride and substitution by potassium chloride, microbiological analysis shown significant difference in total coliforms ($P < 0.05$), but not in aerobic mesophilic ($P > 0.05$), in a reduction of 1% of sodium chloride. For sensory evaluation control treatment was less accepted than the other treatments that had a reduction of sodium chloride in levels of 1 an 1.5% that shown a better acceptance, therefore a reduction of sodium chloride may be effected from 2 to 1% in cooked ham, stand out a microbiological quality for 21 days once the product was processed.

Keywords: Meat product, restructured product, salt

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES.....	21
5. RECOMENDACIONES.....	22
6. LITERATURA CITADA.....	23
7. ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamientos con disminución de sodio y adición de cloruro de potasio.....	3
2. Formulación para cada tratamiento de jamón.	4
3. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable porcentual de pérdida por cocción.....	9
4. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable porcentual de purga.	10
5. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable aerobios mesófilos Log_{10} UFC/g.....	11
6. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable coliformes totales Log_{10} UFC/g.....	12
7. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable pH.	12
8. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable textura.	13
9. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable L en color... ..	14
10. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable a en color. ..	14
11. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable B en color. .	15
12. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable color.	16
13. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable sabor.	17
14. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable textura.	18
15. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable jugosidad....	19
16. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable aceptación general.	20
Anexos	Página
1. Boleta de respuestas para análisis sensorial.	26

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos se ha caracterizado generalmente por la ingesta de alimentos que suplan los requerimientos nutricionales de las personas (Codex Alimentarius 1997). Alimentos que se consumen a diario están relacionados con una variedad de ingredientes en su formulación, siendo el cloruro de sodio un ingrediente necesario para la dieta humana (FPD 2010).

El sodio es un componente de las sales que determina ciertas características físicas y químicas en un alimento y es un componente del cloruro de sodio consumido con frecuencia, siendo parte fundamental en funciones cerebrales y en el sistema de fluidos en el cuerpo humano (Fasano 2010). Además actúa en el organismo ayudando a la regulación y absorción de nutrientes como glucosa y ciertos aminoácidos esenciales (EUFIC 2006). Sin embargo, uno de los principales problemas con el alto consumo de sodio se debe a problemas cardiovasculares e hipertensión (FDA 2012). Basado en el estilo de vida que las personas han llevado en los últimos años por factores de facilidad de consumo y conservación de alimentos, el consumo de sodio ha incrementado en la dieta de las personas, siendo el 75% de sodio causante de consumo de alimentos procesados (FDA 2012).

En la industria cárnica el cloruro de sodio se utiliza para realzar sabor, mantener bajos los niveles microbianos por medio de reducción de actividad de agua y brindar textura al suavizar la fibra cárnica (FPD 2013). El cloruro de sodio es utilizado usualmente en productos procesados cárnicos como jamón y la utilización del mismo está regulada por la FDA en distintos niveles, considerando que se puede categorizar el jamón bajo en sodio, reducido o light, por las cantidades expresadas en menos de 140 mg, 25 y 50% respectivamente, del contenido original de sodio en la formulación. (FDA 2012).

Principales causas de alto consumo de sodio en los alimentos, ha forzado a la industria cárnica a reducir cloruro de sodio en sus formulaciones. La disminución en productos cárnicos como el jamón no se ha visto reflejada negativamente en cambios de aceptación del consumidor, favoreciendo cada vez más a su reducción (Beltrán 2013). Enfatizando en las características de vida útil, el cloruro de sodio mantiene la vida útil de los productos cárnicos por su capacidad antimicrobiana, además permite que no se utilicen otros aditivos para realzar sabor. El uso de cloruro de sodio en altas cantidades se debe a las altas pérdidas por cocción que tiene el jamón, resaltando que a mayor contenido la solubilización de proteínas cárnicas es más efectiva manteniendo una textura más firme en el jamón (Cunningham 2004).

La reducción de cloruro de sodio en los productos cárnicos se ha visto reflejada por la capacidad de mantener los parámetros sensoriales, físicos, químicos y microbiológicos. Es por esto que la sustitución por otros compuestos que brinden las mismas características que el cloruro de sodio se ha estudiado, siendo el cloruro de potasio uno de los principales sustitutos usados, debido a su potencial de brindar características de salado en los productos (Ruusunen y Puolanne 2005). Sin embargo, la sustitución se ve afectada por la calidad del producto en cuanto a características de sabor principalmente, debido a que si existe una sustitución significativa provocaría sabor amargo en el producto, además de resaltar la preservación que conlleva la parte microbiológica (Pacheco *et al.* 2012).

Una de las maneras de reducir el consumo de sodio en la industria cárnica, es cumplir con las regulaciones establecidas por la FDA para el uso de este aditivo, de no más de 2% (FDA 2012). Según estudios realizados se puede efectuar parcialmente la reducción cloruro de sodio siempre y cuando se trabaje en conjunto con aditivos que brinden equivalencias de sodio similares (Hazen 2010).

Basado en información de estudios anteriores en reducción de sodio, este estudio tuvo como objetivos:

- Evaluar el efecto de disminución de cloruro de sodio en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo.
- Determinar el efecto de sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características físicas y químicas del jamón.
- Establecer el efecto de la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características microbiológicas del jamón.
- Analizar el efecto de la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características sensoriales del jamón.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La elaboración del jamón de cerdo y la toma de datos experimentales en cuanto a purga y rendimiento por cocción se realizó en la Planta de Cárnicos. Los análisis físicos, el análisis de pH y fuerza de corte se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos. Los análisis microbiológicos para coliformes totales y aerobios mesófilos totales se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos. El análisis afectivo del jamón se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial. Todas estas dependencias son parte de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 30 km al Este de Tegucigalpa, en el departamento Francisco Morazán, Honduras.

Obtención de materia prima. La carne de cerdo utilizada en el procesamiento de jamón fue obtenida dos días después de cosecha, manteniendo la cadena de frío de la carne. Todos los demás ingredientes utilizados en la formulación y la carne estuvieron disponibles en la Planta de Cárnicos Zamorano.

Diseño experimental. El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo, donde se realizaron cinco tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento con un total de 15 unidades experimentales (UE). Se efectuaron análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales en dos tiempos día 1 y 21, para analizar su efecto. Se tomó como límite el día 21, debido a que la reducción de sodio no permite una estabilidad en anaquel al día 28 (Gonzalez *et al.* 2010).

Tratamientos. Los tratamientos consistían en la reducción de sodio al 25 y 50%, 1.5 y 1% de la formulación respectivamente, realizando sustitución por cloruro de potasio a niveles de 0.5 y 1% (Cuadro 1). Los tratamientos fueron realizados con una formulación equivalente a 2.4 kg para cada tratamiento, utilizando distintas cantidades de cloruro de sodio y cloruro de potasio en la formulación (Cuadro 2). El experimento fue repetido tres veces en semanas diferentes y medidos en el tiempo al primer día y a los 21 días después de procesado el jamón.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos con disminución de sodio y adición de cloruro de potasio.

Tratamientos	Sustitución (%)	Cloruro de sodio (%)	Cloruro de potasio (%)
Control	0	2.00	0.00
1	0	1.50	0.00
2	25	1.50	0.50
3	0	1.00	0.00
4	50	1.00	1.00

Para el tratamiento control se utilizó 2% de cloruro de sodio en la formulación, con equivalencias a 1.91 g en 100 g de jamón; a diferencia de los tratamientos uno, dos, tres y cuatro, que obtuvieron el 25 y 50% menos sodio. La formulación para cada uno de los tratamientos del estudio fue diferente, debido a que se evaluaron dos niveles de cloruro de sodio y dos niveles de cloruro de potasio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación para cada tratamiento de jamón.

Ingredientes	Control	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
	(g)	1 (g)	2 (g)	3 (g)	4 (g)
Carne de pierna de cerdo	1861.4	1861.4	1861.4	1861.4	1861.4
Agua	127	127	127	127	127
Hielo	127	127	127	127	127
Azúcar	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Cochinilla	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Condimento para Jamón	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
Tripolifosfato de sodio	11	11	11	11	11
Eritorbato de sodio	1	1	1	1	1
Sal nitrificada	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Sal yodada	32.8	23.83	24.60	21.67	17.02
Cloruro de potasio	-	-	26.70	-	34.05
Lactato de sodio	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8

(-) No presente en la formulación

Fuente: Planta de Cárnicos Zamorano. Adaptado por el autor.

Proceso de elaboración del jamón. La elaboración de los tratamientos se basó en el flujo de procesos de Planta de Cárnicos Zamorano.

Limpieza de equipos. La limpieza se realizó a todos los equipos que se usaron, utilizando agua con detergente y posteriormente cloro a 200 ppm disuelto en agua (EPA 1999).

Pesado de ingredientes secos o no cárnicos. El pesado se realizó utilizando la Balanza OHAUS Bw Series, para cada uno de los ingredientes y para cada tratamiento.

Pesado de carne. El pesado se hizo por separado utilizando la Balanza OHAUS Defender 3000 Xtreme W., pesando la carne en kilogramos.

Molido. Utilizando el molino Koch Ultrasource 900, con un disco de agujeros de 1.8 cm de diámetro y con un disco de agujeros de 0.5 cm de diámetro, se molió la carne para el posterior mezclado y masajeo.

Mezclado. Se mezcló los ingredientes no cárnicos con la carne en bolsas de 15 × 25 cm.

Masajeo. Realizado por 12 horas en la masajeadora Ultrasource LLC que fue colocada en cuarto frío a temperatura de 3 a 5 °C, con intervalos de 15 minutos de masajeo y 15 minutos de descanso de la mezcla.

Embutido. Utilizando bolsas de celulosa se embutió la mezcla masajeada, en la embutidora Frey Konti C120 Koch Equipment.

Cocción y refrigeración. Llevado a proceso de cocción a 80 °C por cinco horas en la marmita hasta llegar a temperatura de 72 °C y enfriado por 20 minutos en agua para bajar su temperatura a 22 ± 2 °C.

Rebanado y empaçado. Obtenido en rodajas utilizando la rebanadora Berkel Modelo 909 AS y pesado en empaque a 200 g × bolsa con tamaño de 4 × 8 cm (peso estándar de bolsas de jamón de cerdo por la Planta de Cárnicos Zamorano) en Balanza OHAUS BW Series. El empaçado se hizo al vacío en el equipo Ultravac Modelo UV 2100 y se llevó a cuarto frío a 4 ± 1 °C, para mantener la estabilidad de producto a 21 días.

Análisis Físicos. Rendimiento. Realizado mediante el pesado del jamón embutido antes de entrar a cocción y después de cocción. Por diferencia de pesos se obtuvo el resultado, utilizando la ecuación 1:

$$\frac{\text{peso inicial de la muestra} - \text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Purga. La purga se midió al día 1 y al día 21 una vez procesado el jamón. Se determinó la purga por el pesado de 200 ± 2 g de jamón rebanado y se anotó el peso, se secó con papel toalla cada rebanada de jamón y se volvió a pesar, de tal manera que por diferencia de pesos se obtuvo la purga expresada en porcentaje.

Se selló al vacío 200 ± 2 g de jamón rebanado para cada tratamiento con ayuda del sellador Koch, en una bolsa plástica de cinco capas (LDPE, LDPE, Nylon, LDPE y LDPE) que tiene un peso estándar de 6 g. Al día 21 se midió la purga realizando el mismo proceso que el día 1, a diferencia de pesos por medio de secado con papel toalla a cada rebanada de jamón. Se expresó porcentualmente la purga en todos los tratamientos utilizando la ecuación 2:

$$\frac{\text{peso inicial de la muestra} - \text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad [2]$$

Color. Se obtuvo datos de color de las muestras de jamón de cerdo, con el uso de Colorflex Hunter L a b Modelo 45 serie CX0687. Para el análisis de color se cortó las rebanadas de jamón de forma circular con diámetro de 6 cm y se hizo tres lecturas a tres rebanadas de jamón elegidas al azar en cada tratamiento. Las mediciones de color se realizaron para el día 1 y 21.

Textura. Los datos de textura de las muestras de jamón de cerdo se tomaron con el Texture Analyzer Brookfield CT3 con acople de guillotina, para evaluar la fuerza de corte y compresión en Newton. En la recolección de datos en textura, se utilizó jamón recortado en cubos con medidas de 20 mm de ancho × 20 mm de alto × 20 mm de profundidad, a una velocidad de 5 mm/s y con una carga de 0.044 N, utilizando una sonda TA-SBA. Se tomó tres lecturas de fuerza de corte y compresión para cada tratamiento. Las mediciones se realizaron para el día 1 y 21.

Análisis químico. Potencial de hidrógeno. Para obtener datos de pH se utilizó el potenciómetro Orion 3 Star Thermo Scientific. Se analizaron las muestras efectuando tres repeticiones en los tratamientos. Utilizando un acople de aluminio, al potenciómetro e insertando en tres partes diferentes del jamón para tomar las lecturas tanto para el día 1 y 21.

Análisis microbiológicos. Se inició preparando buffer de fosfato para el uso en la dilución de las muestras de jamón. Se tomó como formulación general 1.25 ml de solución madre de buffer de fosfato, diluido en 1000 ml de agua destilada, y se realizó conversiones para la obtención de 600 ml de buffer de fosfato. Se utilizó 0.75 ml de solución madre de buffer de fosfato para la respectiva dilución en agua destilada (600 ml). Se vertió 90 ml de buffer de fosfato en cinco frascos de vidrio y 9 ml en 15 tubos de ensayo.

Para preparación de diluciones y pesado de muestras, se envolvieron en papel periódico 20 pipetas de vidrio y cinco cucharas de plástico. Todos los materiales se introdujeron al esterilizador (SterilMatic Marlet Forge Modelo STM-E) durante 15 minutos a 121 °C y a 120 PSI.

Coliformes totales. Se evaluó la presencia de coliformes totales en el jamón utilizando un medio selectivo VRBA (Violet Red Bile Agar) con dos diluciones.

Se preparó medio de cultivo VRBA y se tomó como formulación general 41.5 g diluido en 1000 ml de agua destilada. Se realizó la conversión y se pesó 7.47 g en la balanza (Fisher Science Education SLF152-US). Se diluyó 7.47 g del medio de cultivo en 180 ml de agua destilada. Se midió pH para verificar si el medio estuvo a pH de 7.40 ± 0.2 a 25 °C.

Se pesó 10 g de muestra de jamón en la balanza (Fisher Scientific Education Modelo SLF152-US) para cada tratamiento y la dilución en 90 ml de buffer de fosfato y homogenizar la muestra en el Stomacher IUL Instrument. Homogenizada la muestra se procedió a tomar 2 ml de la bolsa madre utilizando una pipeta de 5 ml y se vertió 1 ml en

plato petri dilución 10^{-1} para coliformes totales y 1 ml en un tubo de ensayo con 9 ml de buffer de fosfato para obtener la dilución 10^{-2} . Se agitó la solución del tubo de ensayo 10^{-2} en el Vortex-T Genie 2 Scientific Industries y se realizó el mismo procedimiento utilizando una nueva pipeta esterilizada, tomando 1 ml del tubo 10^{-2} , y se vertió para plato petri dilución 10^{-2} para coliformes totales.

Vertido cada mililitro de muestra en los platos petri, se procedió a verter 5 ml Agar Rojo Bilis Violeta (ARBV) para conteo de coliformes totales. Se dejó enfriar el medio de cultivo por diez minutos y se colocó una segunda capa de medio para determinar crecimiento de coliformes y se dejó enfriar por 10 minutos. Se incubó en la incubadora Precision Thermo Scientific a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente se realizó el conteo y se reportaron los datos como logaritmos de unidades formadoras de colonia por gramo (Log UFC/g).

Aerobios totales. Se evaluó la presencia de aerobios totales en el jamón utilizando un medio general PCA (Plate Count Agar) con cuatro diluciones.

Se preparó medio de cultivo PCA y se tomó como formulación general 22.5 g diluido en 1000 ml de agua destilada. Se realizó la conversión y se pesó 6.75 g en la balanza (Fisher Science Education Modelo SLF152-US). Se diluyó 6.75 g del medio de cultivo en 300 ml de agua destilada. Se midió pH para verificar si el medio estuvo a pH de 7.00 ± 0.2 a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se pesó 10 g de muestra de jamón para cada tratamiento y la dilución en 90 ml de buffer de fosfato y homogenizar la muestra en el Stomacher. Homogenizada la muestra se procedió a tomar 2 ml de la bolsa madre utilizando una pipeta de 5 ml y se vertió 1 ml en plato petri dilución 10^{-1} para aerobios mesófilos y 1 ml en un tubo de ensayo con 9 ml de buffer de fosfato para obtener la dilución 10^{-2} . Se agitó la solución del tubo de ensayo 10^{-2} en el Vortex-T Genie 2 Scientific Industries y se realizó el mismo procedimiento utilizando una nueva pipeta esterilizada, tomando 2 ml del tubo 10^{-2} , de los cuales 1 ml para plato petri dilución 10^{-2} para aerobios mesófilos y 1 ml para un tubo de ensayo con 9 ml de buffer de fosfato, obteniendo la dilución 10^{-3} . Se repitió el proceso de agitado y se obtuvo la dilución 10^{-4} utilizando una nueva pipeta donde se tomó 2 ml de la solución; 1 ml se vertió en plato petri dilución 10^{-3} para aerobios mesófilos y 1 ml para el tubo de ensayo 10^{-4} . Se tomó 1 ml del tubo de ensayo 10^{-4} y se vertió en el plato petri dilución 10^{-4} para aerobios mesófilos.

Vertido cada mililitro de muestra en los platos petri, se procedió a verter 5 ml de medio de cultivo PCA, en cada plato petri. Se dejó enfriar el medio de cultivo por diez minutos. Se incubó en la incubadora Precision Thermo Scientific a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Posteriormente se realizó el conteo y se reportaron los datos como logaritmos de unidades formadoras de colonia por gramo (Log_{10} UFC/g).

Análisis sensorial. Se utilizaron 36 panelistas no entrenados para cada una de las repeticiones, con un total de 108 panelistas. La hoja de respuesta utilizada mostraba un cuadro con los atributos evaluados: color, sabor, textura, jugosidad y aceptación general,

utilizando una escala hedónica de nueve puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me agrada extremadamente (Anexo 1).

Se prepararon los cinco tratamientos en bandejas con identificación de numérica de código con tres dígitos para cada tratamiento y fueron brindadas a los panelistas en pinchos de madera, con el fin de evitar el contacto directo del jamón con las manos del panelista, cuidando de la inocuidad.

Análisis estadístico. Mediante el uso de Sistema de Análisis Estadístico (SAS[®]), versión 9.3, se evaluó los datos obtenidos de cada una de las variables para el jamón. Se utilizó Análisis de Varianza (ANDEVA) con modelo lineal general (GLM, por sus siglas en inglés) y separación de medias Tukey. Se realizó una prueba de normalidad a los datos (PROC UNIVARIATE) y análisis de residuales. Para determinar el efecto del tiempo en el estudio se realizó una prueba Lambda de Wilks y LSMEANS para determinar efecto del tiempo en los tratamientos. Todos los análisis fueron realizados con un nivel de confiabilidad del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida por cocción. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de pérdida por cocción entre tratamientos ($P>0.05$). Según Sang-Keun *et al.* (2013), no hay cambio en el rendimiento del jamón con sustitución parcial de cloruro de sodio y esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Aunque haya una reducción de cloruro de sodio en jamón la solubilización de proteínas miofibrilares funcionales en la carne no deja de efectuarse y la capacidad de retención de agua no incrementa haciendo que no reduzca la pérdida por cocción del jamón (Ruusunen y Puolanne 2005).

Cuadro 3. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable porcentual de pérdida por cocción.

Tratamientos %NaCl + %KCl	Pérdida por cocción (%) Media \pm DE [£]
2.00 (control)	3.00 \pm 0.76
1.50 + 0.00	4.15 \pm 1.34
1.50 + 0.50	2.85 \pm 0.91
1.00 + 0.00	2.10 \pm 0.08
1.00 + 1.00	3.42 \pm 0.52
CV[#] (%)	24.82

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$).

#CV: Coeficiente de variación.

Purga. El cloruro de sodio asiste en mantener la humedad en la matriz cárnica, causado por los iones de cloro que suelen ser más fuertes en ligar proteínas que el ion sodio (Esquivel 2007).

Los resultados (Cuadro 4) muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ($P>0.05$), pero que sí existe diferencia significativa entre días ($P<0.05$). La diferencia entre días se da debido a que el jamón es un producto cárnico que se rebana y se empaca al vacío, ocasionando la pérdida de agua o purga del jamón mucho más rápido debido al área de contacto en la bolsa, a diferencia si el jamón estuviera sin rebanar (Esquivel 2007).

Cuadro 4. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable porcentual de purga.

Tratamientos %NaCl + % KCl	PURGA (%)	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	1.32 ± 0.54 ^(x)	2.67 ± 0.41 ^(y)
1.50 + 0.00	1.34 ± 0.60 ^(x)	3.70 ± 1.57 ^(y)
1.50 + 0.50	1.33 ± 0.56 ^(x)	3.33 ± 0.35 ^(y)
1.00 + 0.00	1.66 ± 0.56 ^(x)	2.66 ± 0.90 ^(x)
1.00 + 1.00	2.00 ± 0.97 ^(x)	2.69 ± 2.36 ^(x)
CV[#] (%)	42.32	18.63

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

x-y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

Análisis microbiológicos. Aerobios mesófilos. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para los días 1 y 21 (P>0.05) para los conteos microbiológicos de aerobios mesófilos. Sin embargo, la diferencia sí se dio entre días (P<0.05) para el tratamiento de 50% de sustitución (Cuadro 5). Resultado que se puede dar debido a que el cloruro de sodio no es una barrera total para el crecimiento de microorganismos. Mas bien es el nitrito de sodio que lleva la formulación el que mantiene a las bacterias en lento crecimiento (Stringer y Pin 2005). En base a los resultados obtenidos en este estudio y acordando con Aaslyng *et al.* (2013) que reportó que no se presencia cambios en la disminución de cloruro de sodio y sustitución por cloruro de potasio, sin embargo el crecimiento logarítmico de microorganismos mesófilos se va a dar a medida pasa el tiempo de vida del jamón.

Según Banwart (1989), el nivel máximo permisible para aerobios mesófilos al día 1 es de 5 log₁₀, demostrando que todos los tratamientos cumplieron con el nivel permisible. Para el día 21 se encontró un aumento de logaritmos en todos los tratamientos, sin embargo, el máximo permitido al día 21 son 7 Log₁₀ UFC/g (Cuadro 5). El aumento de unidades logarítmicas se pudo efectuar por la presencia de agua en el jamón debido a que es un factor intrínseco para el crecimiento de microorganismos, además del oxígeno disponible dentro de las bolsas y de la temperatura de almacenamiento mayor a 8 °C (Slobodan y Vesna 2011).

Cuadro 5. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable aerobios mesófilos Log₁₀ UFC/g.

Tratamiento %NaCl + %KCl	AEROBIOS MESÓFILOS	
	DÍA 1 Media ± DE [‡]	DÍA 21 Media ± DE [‡]
2.00 (control)	3.32 ± 2.54 ^(x)	5.76 ± 0.64 ^(x)
1.50 + 0.00	4.23 ± 1.70 ^(x)	5.90 ± 0.61 ^(x)
1.50 + 0.50	3.47 ± 1.75 ^(x)	6.42 ± 0.74 ^(x)
1.00 + 0.00	3.53 ± 1.96 ^(x)	6.06 ± 0.06 ^(x)
1.00 + 1.00	3.63 ± 1.26 ^(x)	6.23 ± 0.87 ^(y)
CV[#] (%)	26.61	9.77

‡: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

x-y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

Coliformes totales. Los microorganismos en los alimentos son indicadores de manipulación tanto en el área de procesamiento, como después de haber expuesto el producto fuera del ambiente de contención (Benítez *et al.* 2003). Los coliformes totales no necesariamente indican contaminación patógena, sin embargo pueden determinar una mala manipulación después de cocción (Castillo y Andino 2010).

No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en el día 1 (P>0.05), en comparación con el día 21, donde sí existió diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05) para el conteo de coliformes totales (Cuadro 6). Según Banwart (1989), el límite máximo permitido en unidades logarítmicas para coliformes totales es de 3 Log₁₀ UFC/g, estando dentro del rango permitido en el día 1 y para el día 21 todos los tratamientos estudiados. Los resultados de este estudio demostraron la diferencia estadística entre tratamientos obteniendo variación en la carga de coliformes totales en los niveles usados de cloruro de sodio y potasio, mas no a lo largo del estudio, estando en acuerdo con Sang-Keun *et al.* (2013) que demostró que no existe diferencia en el crecimiento de microorganismos a lo largo de tiempo, disminuyendo sodio y aplicando cloruro de potasio como sustituto, por lo tanto se puede reducir el nivel de cloruro de sodio hasta 1% sin presentar problemas en el crecimiento logarítmico bacteriano de los microorganismos estudiados.

Cuadro 6. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable coliformes totales Log₁₀ UFC/g.

Tratamiento %NaCl + %KCl	COLIFORMES TOTALES	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE
2.00 (control)	< 1	1.65 ± 0.35 ^{ab}
1.50 + 0.00	< 1	1.11 ± 0.30 ^b
1.50 + 0.50	< 1	2.10 ± 0.29 ^a
1.00 + 0.00	< 1	1.99 ± 0.47 ^a
1.00 + 1.00	< 1	1.65 ± 0.04 ^{ab}
CV[#] (%)	0.00	11.62

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

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

Análisis de potencial de hidrogeno. Se demuestra en el Cuadro 7 que no existió diferencia significativa durante el estudio del pH de los diferentes tratamientos (P>0.05), a diferencia del día 21 donde hubo diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05). Los resultados en este estudio concuerdan con Sang-Keun *et al.* (2013), quienes mostraron que la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio no tiene efecto en la disminución del pH en el tiempo. El efecto de la reducción de pH en el jamón se debe a que las proteínas cárnicas son afectadas por enzimas que rompen la acción actina-miosina ocasionando inestabilidad en las proteínas y cambiando el pH (García *et al* 2000).

Cuadro 7. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable pH.

Tratamientos %NaCl + %KCl	pH	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	6.39 ± 0.16 ^(x)	5.99 ± 0.06 ^(y)
1.50 + 0.00	6.31 ± 0.24 ^(x)	6.11 ± 0.05 ^(x)
1.50 + 0.50	6.42 ± 0.19 ^(x)	6.13 ± 0.01 ^(x)
1.00 + 0.00	6.46 ± 0.23 ^(x)	6.17 ± 0.10 ^(x)
1.00 + 1.00	6.40 ± 0.22 ^(x)	6.14 ± 0.05 ^(x)
CV[#] (%)	3.23	0.85

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

0-9: Escala de pH 0 = ácido; 7 = neutro; 9 = alcalino.

x-y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

Análisis de fuerza de corte. La sal es un componente crítico en mantener la textura en el jamón, ya que solubiliza las proteínas en la matriz cárnica promoviendo una mejor textura (Stringer y Pin 2005). Se reporta que hubo diferencia significativa entre tratamientos en el día 1 ($P < 0.05$), a diferencia del día 21 que no se reflejó el cambio en textura entre los tratamientos ($P > 0.05$). Basado en los resultados de este estudio se concuerda con Wilson (1991) debido a que la reducción de cloruro de sodio provoca mayor dureza en el jamón conforme pasa el tiempo, a causa de que la unión actina y miosina se vuelve más fuerte (Lagares s.f). Enfatizando el día 21 que se notó cambios en la textura, a causa de la debilidad de los iones de cloro que mantienen las uniones de miosina miofibrillas en el jamón (Desmond 2006).

Cuadro 8. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable textura.

Tratamientos %NaCl + %KCl	Fuerza de Corte (N) ^κ	
	DÍA 1 Media ± DE	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	28.39 ± 3.35 ^{ab}	24.69 ± 8.41
1.50 + 0.00	32.47 ± 2.91 ^a	28.55 ± 5.52
1.50 + 0.50	26.27 ± 0.45 ^{ab}	25.83 ± 3.26
1.00 + 0.00	23.94 ± 2.61 ^b	24.19 ± 2.47
1.00 + 1.00	23.02 ± 2.69 ^b	24.10 ± 6.38
CV[#] (%)	10.18	19.52

κ: No significativo entre días ($P > 0.05$).

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

[#]CV: Coeficiente de variación.

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

Análisis de color para valor L. Los valores obtenidos en este estudio para el valor L no presentaron diferencia estadística significativa entre los tratamientos en los días 1 y 21 y tampoco presentaron cambios a través del tiempo ($P > 0.05$). Se concuerda con lo reportado por Sang-Keun *et al.* (2013), que reportó que no se obtuvo cambios significativos para el valor L realizando la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio a lo largo del estudio. El valor de luminosidad (L) debe estar dentro del rango de color menor a 58.2, ya que si existe variación puede estar influenciada por la cantidad de agua presente en el jamón, disminuyendo la coloración (Frontela *et al.* 2006), obteniendo valores L mucho menores a lo reportados en el estudio.

Cuadro 9. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable L en color.

Tratamientos %NaCl + %KCl	L ^κ	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	55.64 ± 5.20	56.69 ± 4.40
1.50 + 0.00	52.21 ± 6.58	54.94 ± 3.81
1.50 + 0.50	58.21 ± 6.52	54.44 ± 5.77
1.00 + 0.00	52.89 ± 4.75	53.36 ± 3.67
1.00 + 1.00	54.00 ± 2.97	53.91 ± 4.30
CV[#] (%)	5.77	2.64

κ: No significativo entre días (P>0.05).

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

L: Escala de luminosidad, 0 a 50 = oscuridad; 51 a 100 = luminosidad.

Análisis de color para valor a. El valor a (Cuadro 10) no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a lo largo del estudio (P>0.05), acordando con lo establecido por García *et al.* (2000), que no existe diferencia significativa entre tratamientos y días debido a que el color del jamón para valor a puede llegar hasta 11 en la escala de color y siendo factor importante el pH entre 5 y 6.2 en el jamón (Boles y Pegg s.f.)

Cuadro 10. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable a en color.

Tratamientos %NaCl + %KCl	a ^κ	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	10.11 ± 1.60	10.93 ± 0.41
1.50 + 0.00	10.54 ± 0.29	10.22 ± 1.57
1.50 + 0.50	9.06 ± 2.54	11.33 ± 0.35
1.00 + 0.00	10.65 ± 1.81	10.69 ± 0.90
1.00 + 1.00	10.79 ± 2.04	12.61 ± 2.36
CV[#] (%)	3.67	2.71

κ: No significativo entre días (P>0.05).

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

a: Escala de color rojo a verde: -60 a 0 = verde, 0 a 60 = rojo

Análisis de color para valor b. El aumento de valor b no tiene importancia significativa en el jamón debido a que el color característico del jamón es rosado en la escala de valor a, mas no amarillo (Frontela *et al.* 2006). Los valores b obtenidos (Cuadro 11) no demostraron diferencia significativa entre tratamientos a lo largo del estudio realizado (P>0.05), ni diferencia entre tratamientos al día, pero si al día 21, presentando cambios en la coloración a nivel de 1% de cloruro de sodio. Los resultados obtenidos en este estudio

concuerdan con Wilson (1991) que reporta que la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio no se ve afectada en las características de color para valor b en el jamón.

Cuadro 11. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable b en color.

Tratamientos %NaCl + %KCl	b ^u	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	5.33 ± 0.28	5.91 ± 0.30 ^{ab}
1.50 + 0.00	4.87 ± 0.39	5.52 ± 0.31 ^{ab}
1.50 + 0.50	6.02 ± 1.87	5.71 ± 0.27 ^{ab}
1.00 + 0.00	4.87 ± 1.09	6.16 ± 0.73 ^a
1.00 + 1.00	4.85 ± 0.66	5.07 ± 0.50 ^b
CV [#] (%)	3.31	1.27

u: No significativo entre días (P>0.05).

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

#CV: Coeficiente de variación.

b: Escala de color azul a amarillo. -60 a 0 = azul, 0 a 60 = amarillo.

Análisis sensorial de color. El grado de aceptación del consumidor en el atributo de color (Cuadro 12) fue la misma entre los tratamientos en el día 1 (P>0.05), con una calificación entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”. Resaltando que a lo largo del estudio se presencié diferencia significativa solo en el tratamiento con 50% menos de cloruro de sodio comparado con los otros tratamientos estudiados (P<0.05). Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo reportado por Hazen (2010) que demuestra que la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio tiene un efecto de reducción de color ya que el ión sodio interactúa con las proteínas de la carne para brindar mayor color y por lo tanto según Frontela *et al.* (2006) la cantidad de sodio en el jamón distinguirá el color rosado en el jamón.

Cuadro 12. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable de aceptación sensorial de color.

Tratamientos %NaCl + %KCl	COLOR	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	6.34 ± 1.62 ^(x)	5.86 ± 1.63 ^(x)
1.50 + 0.00	6.57 ± 1.48 ^(x)	6.41 ± 1.36 ^(x)
1.50 + 0.50	6.67 ± 1.24 ^(x)	6.45 ± 1.60 ^(x)
1.00 + 0.00	6.28 ± 1.86 ^(x)	6.47 ± 1.69 ^(x)
1.00 + 1.00	6.60 ± 1.62 ^(x)	6.01 ± 1.92 ^(y)
CV[#] (%)	23.41	25.92

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]CV: Coeficiente de variación.

x-y: Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre días (P<0.05).

1 – 9: Escala hedónica de 9 puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

Análisis sensorial de sabor. Dentro de la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio se requiere analizar si el sabor es un factor significativo en la aceptación por parte del consumidor. En este estudio, con sustitución hasta del 50% de cloruro de sodio por cloruro de potasio no se encontró diferencia significativa (P>0.05) entre tratamientos al día 1, debido a que el cloruro de potasio brinda sensación de salado en el jamón, favoreciendo la disminución de cloruro de sodio en la formulación original del jamón (Hazen 2010). Como se muestra en el Cuadro 13, para los tratamientos con 25 y 50% de reducción de cloruro de sodio, con la adición de cloruro de potasio (0.50 y 1%) tienen la misma aceptación por el consumidor.

De acuerdo al día 21, sí existe diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos esto es debido a que el cloruro de sodio tiene mejor capacidad de potenciar sabor en comparación con cloruro de potasio, en jamón (Ruusunen y Puolanne 2005). En cuanto a aceptación, los consumidores aceptaron de igual manera los tratamientos al día 1, sin embargo, se percibió diferencia al día 21, teniendo menor aceptación el tratamiento control, debido a que los consumidores prefirieron un jamón con niveles de sal menores. Se obtuvo valores en la escala hedónica cerca de “me gusta moderadamente” para ambos días.

Cuadro 13. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable de aceptación sensorial de sabor.

Tratamientos %NaCl + %KCl	SABOR	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE
2.00 (control)	6.33 ± 1.72 ^(x)	5.66 ± 1.79 ^{b(y)}
1.50 + 0.00	6.67 ± 1.55 ^(x)	6.87 ± 1.14 ^{a(y)}
1.50 + 0.50	6.61 ± 1.56 ^(x)	6.26 ± 1.69 ^{ab(y)}
1.00 + 0.00	6.34 ± 1.79 ^(x)	6.36 ± 1.80 ^{ab(y)}
1.00 + 1.00	6.51 ± 1.63 ^(x)	6.37 ± 1.73 ^{ab(y)}
CV[#] (%)	24.31	24.86

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]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).

1 – 9: Escala hedónica de 9 puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

Análisis sensorial de textura. El grado de aceptación del consumidor por la textura del jamón fue la misma para todos los tratamientos en el día 1 (P>0.05), con calificación cercana a “me gusta moderadamente”, sin embargo a lo largo del estudio se reflejó una diferencia significativa en el tratamiento control con una calificación cercana a “me gusta moderadamente” (Cuadro 14). Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con aquellos reportados por Sang-Keun *et al.* (2013) que expresaron la igualdad en textura aun después de la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en el jamón. La diferencia significativa entre tratamientos se presentó al día 21 (P<0.05) debido a que la sustitución parcial de cloruro de sodio en los diferentes tratamientos tuvieron diferentes capacidades de retención de agua y por lo tanto químicamente menor capacidad de mantener la grasa y miofibrillas estables para obtener una mayor dureza y mejor textura del jamón (Doyle 2008).

Cuadro 14. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable de aceptación sensorial de textura.

Tratamientos %NaCl + %KCl	TEXTURA	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE
2.00 (control)	6.51 ± 1.46 ^(x)	5.70 ± 1.67 ^{b(y)}
1.50 + 0.00	6.64 ± 1.39 ^(x)	6.73 ± 1.23 ^{a(x)}
1.50 + 0.50	6.78 ± 1.24 ^(x)	6.43 ± 1.65 ^{a(x)}
1.00 + 0.00	6.45 ± 1.63 ^(x)	6.45 ± 1.63 ^{a(x)}
1.00 + 1.00	6.72 ± 1.45 ^(x)	6.45 ± 1.50 ^{a(x)}
CV[#] (%)	20.50	23.64

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]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).

1 – 9: Escala hedónica de 9 puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

Análisis sensorial de jugosidad. Uno de los atributos más exigidos por el consumidor es la jugosidad, la cual se relaciona con la textura del jamón (Frontela *et al.* 2006). Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que sí hubo estadística significativa entre tratamientos a través del tiempo y para el día 21 (P<0.05). En base a los resultados obtenidos se concuerda con Bertram *et al.* (2006), que reportó que la jugosidad en los diferentes tratamientos se ve reflejada con la disminución de sodio en el jamón, a causa de que a mayor adición de cloruro de sodio, se disuelven con mayor facilidad las miofibrillas provocando que la matriz cárnica se vuelva más jugosa. El grado de aceptación por los consumidores para el atributo jugosidad fue cercano a “me gusta moderadamente” a lo largo del estudio, aceptando en menor grado el jamón control con 2% de cloruro de sodio en relación al reducido en un 25% de sodio equivalente a 1.5% de cloruro de sodio sin y con sustitución de cloruro de potasio y el de 50% reducción en sodio igual a 1% de cloruro de sodio con sustitución de cloruro de potasio.

Cuadro 15. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable de aceptación sensorial de jugosidad.

Tratamientos %NaCl + %KCl	JUGOSIDAD	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE
2.00 (control)	6.32 ± 1.65 ^(x)	5.59 ± 1.85 ^{b(y)}
1.50 + 0.00	6.77 ± 1.42 ^(x)	6.79 ± 1.18 ^{a(y)}
1.50 + 0.50	6.81 ± 1.24 ^(x)	6.40 ± 1.69 ^{a(y)}
1.00 + 0.00	6.32 ± 1.78 ^(x)	6.22 ± 1.80 ^{ab(y)}
1.00 + 1.00	6.83 ± 1.50 ^(x)	6.51 ± 1.71 ^{a(y)}
CV[#] (%)	22.02	25.50

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]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).

1 – 9: Escala hedónica de 9 puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

Análisis sensorial de aceptación general. Los valores obtenidos en el estudio para el atributo aceptación general no presentaron diferencia estadística significativa entre los tratamientos al día 1 (P>0.05). Sin embargo, para el día 21 sí hubo diferencia significativa (P<0.05), acordando con Sang-Keun *et al.* (2013) debido a que para los atributos de color, sabor, textura y jugosidad también presentaron significancia, determinando que la diferencia se debió a la cantidad final de cloruro de sodio y a la adición de cloruro de potasio en el jamón. El grado de aceptación por los consumidores a lo largo del estudio tuvo una calificación cercana a “me gusta moderadamente”, resaltando el tratamiento con disminución del 25% de sodio equivalente a 1.5% de cloruro de sodio sin sustitución, siendo mejor evaluado que el control.

Cuadro 16. Separación de medias y desviación estándar (DE) para la variable aceptación general.

Tratamientos %NaCl + %KCl	ACEPTACIÓN GENERAL	
	DÍA 1 Media ± DE [£]	DÍA 21 Media ± DE [£]
2.00 (control)	6.52 ± 1.50 ^(x)	5.88 ± 1.78 ^{b(y)}
1.50 + 0.00	6.80 ± 1.33 ^(x)	6.87 ± 1.11 ^{a(y)}
1.50 + 0.50	6.78 ± 1.27 ^(x)	6.52 ± 1.63 ^{ab(y)}
1.00 + 0.00	6.50 ± 1.65 ^(x)	6.41 ± 1.73 ^{ab(y)}
1.00 + 1.00	6.80 ± 1.50 ^(x)	6.43 ± 1.58 ^{ab(y)}
CV[#] (%)	20.88	23.19

£: No existen diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05).

[#]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).

1 – 9: Escala hedónica de 9 puntos siendo 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

4. CONCLUSIONES

- La disminución de cloruro de sodio en jamón de cerdo se puede efectuar hasta en 25% sin obtener cambios en el producto.
- La sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio no tuvo efecto en las características físicas del jamón.
- Sensorialmente la sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio tuvo efecto al día 21 con una disminución de hasta un 25% de cloruro de sodio.
- En las características microbiológicas la sustitución de cloruro de sodio tuvo efecto sobre los tratamientos, concluyendo que se puede efectuar la sustitución de cloruro de sodio por cloruro de potasio a 25%.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda sustituir cloruro de sodio en jamón de cerdo.
- Se recomienda analizar la reducción de sodio sin y con sustitución de cloruro de potasio en otros embutidos.
- Se recomienda realizar prueba de ácido tiobarbiturico (TBA) para evaluar el efecto de reducción de sodio en la rancidez oxidativa del jamón.
- Se recomienda evaluar la inocuidad del producto reducido en 25% de cloruro de sodio.

6. LITERATURA CITADA

Aaslyng, M., C., Vestergaard, A., Koch. 2013. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami.

Banwart, J. 1989. Basic Food Microbiology. 2ed. New York. Chapman and Hall. 736 p.

Beltrán, M. 2013. Desafíos en la reducción de sal en los alimentos, de la teoría práctica. Instituto de nutrición y tecnología de alimentos (INTA).

Benítez, B., A., Archile, Y., Barboza, L., Rangel, K., Ferrer, M., Bracho. 2003. Calidad microbiológica de un producto formulado con carne deshuesada mecánicamente, plasma y glóbulos rojos de bovino.

Bertram, C., Z., Wu, I., Straadt, M., Aagaard, M., Aaslyng. 2006. Effects of pressurization on structure, water distribution and sensory attributes of cured ham: can pressurization reduce the crucial sodium content. Department of Food Science, Danish Institute of Agricultural Science. Roskilde, Denmark. 6 p.

Boles, J. y R., Pegg. s.f. Meat color. Food Product Innovation Program. University of Saskatchewan. 4 p.

Castillo, Y. y F., Andino. 2010. Un enfoque practico para la inocuidad alimentaria. Microbiología de Alimentos, Universidad Nacional de Ingeniería. Estelí, Nicaragua. 63 p.

Codex Alimentarius. 1997. Definiciones para los fines del Codex Alimentarius. Comisión del Codex Alimentarius, manual de procedimiento. Deposito de documentos de la FAO.

Cunningham, C. 2004. Salt reduction in processed meats. Kerry Foods. 27 p.

Desmond, E. 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. El Sevier. Meat Science 74: 188-196.

Doyle, E. 2008. Sodium Reduction and its effects on food safety, food quality and human health. Food Research Institute. University of Wisconsin. 12 p.

EPA (Environmental Protection Agency). 1999. Folleto informativo de tecnologías de aguas residuales, desinfección con cloro. Oficina de Aguas, Washington, D.C. 9 p. Esquivel, O. 2007. Cuatro puntos clave para controlar la purga en jamones. Tecnologías de procesamiento, Carnetec (en línea). Consultado el 12 de octubre de 2013. Disponible en <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/790>

European Food Information Council (EUFIIC). 2006. La sal, el potasio y el control de la presión arterial. Seguridad Alimentaria y Nutrición.

Fasano, J. 2010. Salt as a food ingredient, technological context. Division of Biotechnology and GRAS Notice Review. p. 19-30.

Food and Drug Administration (FDA). 2012. El sodio en su dieta, uso de la etiqueta nutricional para reducir consumo de sodio. U.S. Department of Health and Human Services.

Food Product Design (FPD). 2013. Lower sodium formulating. Special report. Virgo Health and Nutrition. 8 p.

Food Product Design (FPD). 2010. Reducing sodium, maintaining flavor and functionality. (en línea). Consultado 27 de mayo de 2013. Disponible en <http://www.foodproductdesign.com/articles/2010/06/reducing-sodium-maintaining-flavor-and-functionality.aspx?pg=8#content>

Frontela, C., G., Lopez, G., Ros, C., Martínez. 2006. Relación entre los parámetros sensoriales, físico-químicos e instrumentales en el jamón cocido. Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Espinardo, España.

García, J., C., Ruiz, J., Ortega, F., Nuñez. 2000. Efecto de la materia prima y de las características del proceso en la calidad del jamón cocido. Facultad de Zootecnia, Universidad de Chihuahua, México. 12 p.

Gonzalez, M., H., Suárez, O., Martínez. 2010. Influencia en el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 23(3).

Hazen, C. 2010. Reducing sodium, maintaining flavor and functionality. Food Product Design 6 (20): p 2-6.

Lagares, F. s.f. Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero. Metalquimia. (en línea). Consultado el 10 de octubre de 2013. Disponible en <http://es.metalquimia.com/upload/document/article-es-13.pdf>

Pacheco, W., C., Arias, D., Restrepo. 2012. Efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre las características de calidad de una salchicha tipo seleccionada. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, Colombia. p 6779 – 6787.

Ruusunen, M., y E., Puolanne. 2005. Reducing sodium intake from meat products. Meat Science. University of Helsinki, Finland. 17 p.

Sang-Keun, J., K., Il-Suk, J., Jin-Yeong, K., Suk-Nam, S., Dae-Keun, K., Gap-Don. 2013. Influences of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride, potassium lactate and calcium ascorbate on quality characteristics of cooked pork ham during cold storage. Journal of Agriculture and Life Science 47(2) p. 93-102.

Slobodan, L., y M., Vesna. 2011. Salt reduction in meat products – challenge for meat industry. Insitute of meat hygiene and technology, Belgrade, Republic of Serbia. 9 p.

Stringer, C., y C., Pin. 2005. Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation. Technical Report. Institute of Food Research. Norwich, United Kingdom. 50 p.

Wilson, V. 1991. Quality characteristics of fully-cooked ham, brine-cured prior freezing. Thesis. Master of Science. Oregon State University, Oregon, United States of America.

Zehnder, C. 2010. Sodio, potasio e hipertensión arterial. Revista Médica 21(4). p. 508-515. Unidad de Nefrología. Departamento de medicina interna, Clínica las Condes.

7. ANEXOS

Boleta de respuestas Evaluación sensorial de aceptación

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

- Se le presentará 5 muestras codificadas de jamón de cerdo, una galleta de soda y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con agua y galleta antes y después de cada muestra.
- Haga su evaluación de izquierda a derecha.
- Marque con una "X", según su calificación de acuerdo a los atributos: color, textura, jugosidad, sabor y aceptación general. Al finalizar la evaluación deje la hoja en su cubículo e indique al evaluador que ha finalizado.

Atributos:

1 = Me disgusta extremadamente
 2 = Me disgusta mucho
 3 = Me disgusta moderadamente
 4 = Me disgusta poco
 5 = Ni gusta/Ni disgusta

6 = Me gusta poco
 7 = Me gusta moderadamente
 8 = Me gusta mucho
 9 = Me gusta extremadamente

Muestra _____

ATRIBUTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Textura									
Jugosidad									
Aceptación General									

Observaciones: _____

Muestra _____

ATRIBUTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Textura									
Jugosidad									
Aceptación General									

Observaciones: _____

Anexo 1. Boleta de respuestas para análisis sensorial.