

**Efecto de la disminución de sal y uso de
transglutaminasa en las características
fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales
del jamón de cerdo**

Ivonne Estefanía Saavedra Peñafiel

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la disminución de sal y uso de transglutaminasa en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del 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

Ivonne Estefanía Saavedra Peñafiel

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Efecto de la disminución de sal y uso de transglutaminasa en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo

Presentado por:

Ivonne Estefanía Saavedra Peñafiel

Aprobado:

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

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

Flor Núñez, M. Sc.
Asesora

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de la disminución de sal y uso de transglutaminasa en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo

Ivonne Estefanía Saavedra Peñafiel

Resumen. Los problemas de salud relacionados con el consumo excesivo de sodio demandan por parte de las industrias procesadoras introducir al mercado productos bajos en este mineral. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo al disminuir el porcentaje de sal de la formulación y con la adición de la enzima transglutaminasa. El porcentaje de disminución de sal se determinó en un estudio preliminar a través de pruebas sensoriales. La concentración de sal máxima a disminuir en el jamón de cerdo fue 1.25% sin diferencias en aceptación por parte del consumidor. Se estudió solo este nivel de sal o agregando tres niveles de enzima transglutaminasa (0, 909 y 1364 ppm). Se realizó un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos, tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales y tres medidas repetidas en el tiempo en los días 1, 14 y 28. Los resultados obtenidos fueron estadísticamente iguales para los análisis físicos de color, fuerza de corte, rendimiento en cocción, rebanado y purga, análisis químico de pH y análisis sensorial afectivo de color, textura, aroma, jugosidad, sabor y aceptación general para todos los tratamientos. Se puede disminuir la cantidad de sal de 2 a 1.25% en la formulación sin agregar enzima, obteniendo un producto bajo en sodio para la industria cárnica.

Palabras clave: Cloruro de sodio, enlace proteico, producto cocido, producto reestructurado, transglutaminasa.

Abstract. Health problems related to excessive sodium consumption demand processing industries to introduce low sodium alternatives. The aim of the study was to evaluate the effect of sodium reduction in the physicochemical, microbiological and sensory attributes of sliced ham. The percentage decrease of salt was determined by preliminary sensory study analysis. The maximum amount of salt that could be reduced without difference in consumer acceptance was up to 1.25% salt in formulation. This salt level was studied alone or adding the transglutaminase enzyme (0, 909 and 1364 ppm). A Randomized Complete Block (RCB) experimental design with four treatments, three replicates was executed for a total of 12 experimental units and three repeated measures on 1, 14 and 28 days was performed. All the treatments were statistically equal in all physical analysis of color, cutting force, cooking yield, slicing yield and purge; chemical analysis of pH and affective sensory analysis of acceptance for attributes color, texture, aroma, juiciness, flavor and overall acceptance. Therefore the amount of salt can be reduced from 2 to 1.25% in ham formulation without using enzyme, obtaining lower sodium meat products for the meat industry.

Key words: Cooked product, protein cross-link, restructured product, sodium chloride, transglutaminase.

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	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación para jamón de cerdo de acuerdo a la concentración de sal.	4
2. Especificación de los tratamientos	5
3. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para atributos de color, textura y cohesividad del jamón de cerdo con porcentajes de sal de 2-1%.	9
4. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para atributos jugosidad, sabor y aceptación general del jamón de cerdo con porcentajes de sal de 2-1%.	10
5. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento en cocción del jamón de cerdo.	11
6. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento en rebanado del jamón de cerdo.	11
7. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento por purga durante el tiempo de estudio del jamón de cerdo	12
8. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los parámetros de color para el valor L del jamón de cerdo	13
9. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de color para el valor a del jamón de cerdo	13
10. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de color para el valor b del jamón de cerdo	14
11. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de textura del jamón de cerdo	15
12. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los conteos microbiológicos de aerobios mesófilos presentes en el jamón de cerdo	17
13. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los conteos microbiológicos de coliformes totales presentes en el jamón de cerdo	17
14. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo color y textura en el jamón de cerdo	18
15. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo aroma y jugosidad en el jamón de cerdo	19
16. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo sabor y aceptación general en el jamón de cerdo	20

Figuras Página

1. Flujo de proceso de elaboración del jamón de cerdo..... 5
2. Separación de medias de los valores de pH durante el almacenamiento del jamón de cerdo 16

Anexos Página

1. Formato de hoja de evaluación sensorial 27

1. INTRODUCCIÓN

El cloruro de sodio (sal) cumple diversas funciones en los productos cárnicos: ayuda a mantener estable la emulsión y la textura en productos como las salchichas. La sal también ayuda a preservar y aumentar la vida útil de productos como el tocino curado (Doyle y Glass 2010), aumenta el equilibrio de sabor y enmascarar los sabores amargos en productos cárnicos fermentados como el salami, mejora la apariencia, ayuda a retener agua en los productos cárnicos como el jamón cocido (Ruusunen y Puolanne 2005), mejora el color y tonalidad (CDC 2012).

Alrededor del 90% población estadounidense consume 3300 mg de sodio al día, superior a los 2300 mg recomendados en la dieta, indicando que el 75-80% es consumido a través de alimentos preparados y el resto proviene de forma natural o agregada (FDA, 2013). Consumir sodio en exceso puede aumentar la presión arterial y el riesgo de padecer ataques al corazón y derrames cerebrales. Las principales causas de muerte en adultos en los Estados Unidos de América se deben a enfermedades cardiacas (Doyle y Glass 2010).

La carne por si sola contiene alrededor de 100 mg de sodio por cada 100 g, por lo tanto la cantidad extra de sodio es agregado durante el procesamiento. Aditivos como el fosfato o lactato de sodio, aporta una baja cantidad de sodio, en comparación con el cloruro de sodio que posee 39.3% de sodio (Ruusunen y Puolanne 2005). En productos reestructurados como el jamón, la sal permite la unión de varias piezas cárnicas dando paso a una interacción entre proteínas de la carne con la grasa y el agua, ya que la presencia de la sal puede solubilizar las proteínas miofibrilares que son insolubles en agua, extrayendo las proteínas a la superficie de las piezas de carne, y darse el proceso de pegado de las piezas (Ventanas 2000).

La reducción de sal en productos cárnicos provoca ciertos cambios funcionales disminuyendo la capacidad de retención de agua, la solubilización y extracción de las proteínas, unión de las moléculas de agua, incremento de la liberación de agua por la baja fuerza iónica (Cl y Na), variando la dureza y la jugosidad en el producto. (Pacheco Pérez *et al.* 2012; Totosaus 2007a; 2007b). Los cambios experimentados por la reducción de sal, pueden ser controlados con el uso de la enzima transglutaminasa, ya que tiene un gran desempeño con las proteínas, actuando eficientemente en la elaboración de productos cárnicos durante el proceso de unión de piezas cárnicas. La enzima puede ser utilizada para mejorar la textura, la jugosidad al aumentar la retención de agua, dando paso a la formación de geles en los productos que tienen abundante proteínas mejorando la cohesividad entre las moléculas (Barreiro y Seselovsky 2003).

La transglutaminasa proveniente de microorganismos (*Streptovercillium mobaraense*) es calcio independiente al momento de realizar su actividad, mostrando gran especificidad al sustrato (Aguilar *et al.* 2012). Varias proteínas pueden actuar como sustrato de la enzima transglutaminasa y formar los enlaces cruzados entre proteínas de distinto tipo y origen como miosina y actina (Raffaele 2005), estos enlaces covalentes se dan en los puntos de unión de las proteínas donde cadenas de glutamina y lisina (De Jong y Koppelman 2002).

Basado a lo anterior los objetivos planteados para la investigación fueron:

- Determinar el porcentaje de cloruro de sodio que puede reducirse de una formulación tradicional de jamón de cerdo sin cambiar la aceptación sensorial del consumidor.
- Evaluar el efecto de la enzima transglutaminasa en las características físicas, química y sensoriales del jamón de cerdo con disminución de sal.
- Caracterizar microbiológicamente el jamón de cerdo con niveles de transglutaminasa y disminuido en sal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio preliminar. Se realizaron pruebas preliminares para conocer la cantidad máxima de disminución de sal que podía hacerse al jamón de cerdo sin afectar la aceptación sensorial del consumidor. Los intervalos de reducción fueron de 100 a 87.5, 75, 62.5 y 50%, obteniendo un total de cinco tratamientos, equivalente a 2, 1.75, 1.50, 1.25 y 1% de la formulación.

Se realizó un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones con un total de 15 unidades experimentales.

Se realizó tres repeticiones de pruebas sensoriales de aceptación en base a los atributos de color, textura, cohesividad, jugosidad, sabor a sal y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (1 = me desagrada extremadamente y 9 = me agrada extremadamente). Se colocó las muestras en una bandeja, con un dígito (tres números) elegido de forma aleatoria. La ubicación de las muestras fue al azar. Se colocó galleta y agua como medio para limpiar el paladar entre muestra.

Se realizó un análisis de varianza con el modelo lineal (GLM, por sus siglas en Inglés) con separación de medias Tukey con una probabilidad de 0.05. Se trabajó con el programa Statistical Analytical System (SAS[®] Versión 9.3).

Formulación. Se elaboró jamón de cerdo con cuatro porcentajes de disminución de sal: 12.5, 25, 37.5 y 50% más el control (100% sal), esto equivale dentro de la formulación a: 1.75, 1.50, 1.25, 1 y 2% (control) respectivamente. La formulación (Cuadro 1) se adecuó basado en la cantidad de sal a disminuir. Para cada tratamiento se trabajó con 25 kg.

Cuadro 1. Formulación para jamón de cerdo de acuerdo a la concentración de sal.

Ingredientes	Porcentajes de sal en la formulación (%)				
	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
	Cantidad (kg)				
Carne magra de pierna de cerdo	20.31	20.36	20.41	20.45	20.50
Agua	1.43	1.44	1.44	1.44	1.45
Hielo	1.43	1.44	1.44	1.44	1.45
Azúcar	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Cochinilla	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Condimento para Jamón	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Tripolifosfato de sodio	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Eritorbato de sodio	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sal nitrificada	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal yodada	0.48	0.42	0.36	0.30	0.24
Lactato de Sodio	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63

Proceso de elaboración del jamón de cerdo. Antes de iniciar las actividades de producción se limpió y desinfectó el área de trabajo y los equipos (Figura 1). Se pesó los ingredientes no cárnicos con la balanza Ohaus® modelo BWGUS y la carne de cerdo X1 (Balanza Ohaus®). Se pasó por el molino (Thompson meat machinery) 10.2 kg de carne magra de pierna de cerdo a través del disco de riñón y 10.2 kg por el disco de 0.48 cm.

Se colocó en una bolsa plástica (40×25 cm) la carne molida. Se mezcló el agua + hielo+ los ingredientes no cárnicos para obtener la salmuera y mezclarla con la carne molida. Se colocó la bolsa en la masajeadora (Ultra Sourece LLC), la cual fue colocada en el cuarto frío (Holding a 3-5 °C) durante 12 horas (6 horas de masajeo y 6 horas de descanso en intervalos de 15 minutos).

Se embutió (Embutidora KOCH Equipment Frey KONT C120) en fundas de poliamida y se colocaron en la marmita a 180 °C para su cocción por 2.5 horas, hasta alcanzar una temperatura interna de 72 °C. Una vez terminada la cocción el jamón se enfrió en una tina con agua por un periodo de 2 horas hasta alcanzar entre 20-22 °C. Se almacenó el jamón en el cuarto frío (finish a 4 ± 1 °C) durante 24 horas para ser rebanado (Berkel Company MODELO 909AS) y empacado al vacío (ULTRAVAC modelo UV2100) en una presentación de 200 ± 10 g (bolsas de 4 × 8 cm) y almacenadas en el cuarto frío finish.

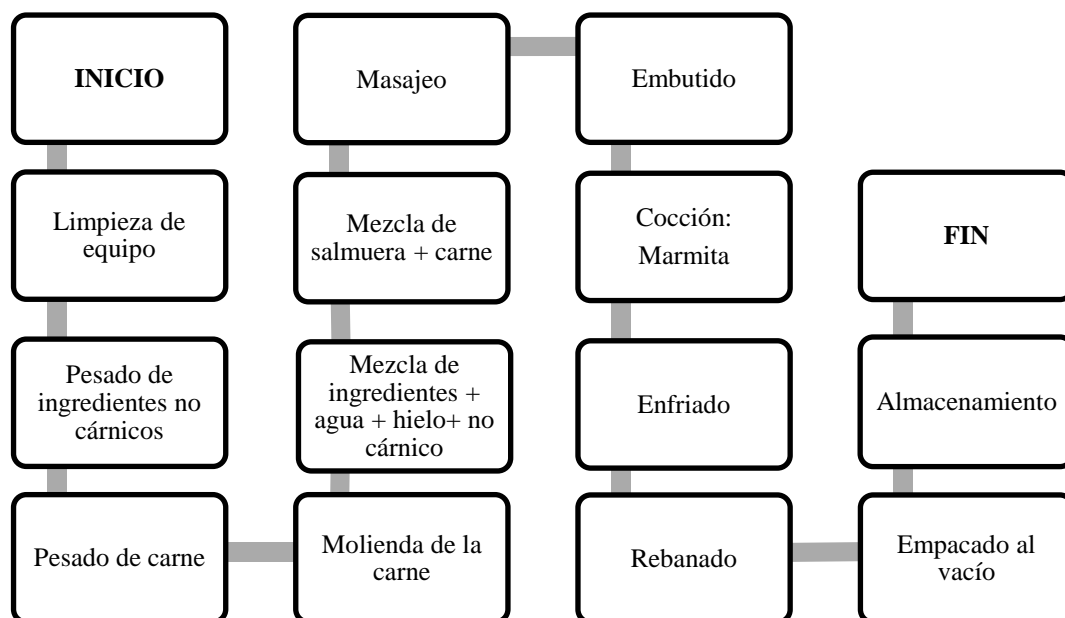


Figura 1. Flujo de proceso de elaboración del jamón de cerdo.

Segunda fase. Una vez terminado el estudio preliminar y determinada la formulación con disminución de sal, se dio paso a la segunda fase del estudio donde se establecieron los siguientes parámetros de estudio:

Diseño experimental. El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar (BCA) con tres tratamientos disminuidos en sal y tres niveles de transglutaminasa más el control, tres repeticiones con un total de 12 unidades experimentales que se midieron al 1, 14 y 28 días.

Tratamientos. Basado en los resultados obtenidos de la preliminares, la concentración máxima a reducir fue 37.5% (1.25% de sal de la formulación original) en el jamón de cerdo, de acuerdo a esto se establecieron los siguientes tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especificación de los tratamientos.

TRATAMIENTO	SAL (%)	MEZCLA A BASE DE TRANSGLUTAMINASA (ppm)
1	2.00	Control
2	1.25	0
3	1.25	909
4	1.25	1364

Especificación de la enzima transglutaminasa. La enzima es vendida bajo el nombre de Probind GT (BDF Ingredientes), distribuida por la casa comercial ASEAL (Asesoría de alimentos). Probind GT es una formulación a base de transglutaminasa compuesta por gelatina de cerdo, cloruro sódico, tripolifosfato pentasódico (E-451i). La dosis recomendada es 909 y 1364 ppm.

La formulación y el proceso de elaboración del jamón de cerdo fueron los mismos que se efectuó en las pruebas preliminares sumándole la enzima.

Para efectuar los respectivos análisis, se utilizó 2 ± 0.20 kg de jamón de cerdo para cada repetición de cada tratamiento.

Pérdida por cocción. Para obtener la pérdida por cocción, se pesó las muestras antes de ingresar a la cocción (día 0) una vez terminado este proceso, se dejó enfriar la muestra por 2 horas y se volvió a pesar. El porcentaje de pérdida se obtuvo por medio de la siguiente Ecuación 1 (Dimitrakopoulou *et al.* 2005):

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

Pérdida por rebanado. El porcentaje de pérdida de rebanado se obtuvo utilizando la Ecuación 2, en base a la cantidad de jamón que no calificó para ser empacado (día 0), es decir porcentaje de jamón que no fuera estable en su estructura (Dimitrakopoulou *et al.* 2005).

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

Medición de purga. Para las mediciones de purga, se empacaron bolsas al vacío en presentaciones de 200 ± 10 g. Este proceso se realizó para cada tratamiento en los días 1, 14 y 28. La purga se obtuvo por diferencia de peso utilizando la Ecuación 3, retirando el líquido sobrante con papel absorbente (Correa *et al.* 2007).

$$\frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad [3]$$

Análisis de color. Para realizar las mediciones de color (Color Flex Hunter L a b modelo 45 serie Cx0687) se extrajeron muestras del jamón de cerdo de las bolsas empacas al vacío en presentaciones de 200 ± 10 g. El tamaño de la muestra fue de 3×3 cm y se realizó en base al tamaño del acople (32 mm) para cubrir todo el diámetro y obtener una medición completa del producto. El acople utilizado fue en base a las especificaciones del fabricante. Se realizó tres mediciones por cada tratamiento en los días 1 y 28.

Análisis de textura. Se midió la fuerza de corte (Texture Analyzer Brookfield CT3 4500) en el día 1 y 28, usando una forma en bloque de $2 \times 2 \times 2$ cm con una carga de activación de 0.044 N, velocidad de 2 mm/s, sonda TA25/1000, elemento TA-RT-KI y una celda de

carga de 4500 g (Gonzales *et al.* 2009; Ruíz 2005), el acople utilizado fue la guillotina basado en las especificaciones del fabricante. Se obtuvo tres mediciones por cada tratamiento.

pH. Se midió el potencial de hidrógeno (Spear Eutech instruments OAKTON® Waterproof Double Junction) en las muestras empacadas al vacío en presentación de 200 ± 10 g, se obtuvo tres mediciones de pH de cada tratamiento en los días 1, 14 y 28.

Aerobios mesófilos y coliformes totales. Se realizó el medio PCA (Plate Count Agar, Biomark™ lote 12180310, Agitador con calentamiento Fisher Scientific) de acuerdo a las especificaciones del fabricante (23.5 g /1000ml con pH 7 ± 0.2 a 25 °C), buffer de fosfato y envoltura de utensilios un día antes de la siembra. Se realizó el buffer de fosfato extrayendo de la solución madre 1.25 ml por 1000 ml y calculó la cantidad del buffer de fosfato en base a la cantidad de muestra (90 ml) y al número de tubos de ensayo (9 ml/ cada uno).

El medio de PCA, frascos y tubos de ensayos con la solución buffer de fosfato y los utensilios se esterilizaron a 121 °C por 30 min (Autoclave Sterilimatic Maket Forge Modelo STM-E). El medio VRBA (Violet Red Bile Agar, Merck®, lote VM01706936) se elaboró en mismo día de la siembra de acuerdo a las especificaciones de fabricante (39.5 g /1000 ml con 7.4 ± 0.2 a 25 °C) y junto al medio PCA (previamente fundido en el autoclave) se colocaron en baño maría a 45 °C, para evitar que se solidificaran (Precision Modelo 189).

Para realizar las pruebas microbiológicas se pesó 10 g de muestra (Balanza Fisher Scientific Modelo SLF152-US) y 90 ml de solución buffer de fosfato, lo cual se colocó en bolsas para ser homogenizadas en el Stomacher (IUL Instrument) por un período de 2 minutos. Cada dilución antes de ser sembrada era agitada (Vortex Scientific Industries, INC Genie® Modelo SI-T286).

Se sembró por el método de vertido (PCA y VRBA), los platos Petri fueron incubados durante 24 horas para coliformes totales y 48 horas para aerobios mesófilos a 35 °C (Incubadora Thermo Scientific Modelo 6856). Se realizaron los conteos microbiológicos del jamón de cerdo los días 1 y 28 de cada tratamiento. Se sembraron en el día 1 las diluciones 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³ y 10⁻⁴, y en el día 28 las diluciones 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵ y 10⁻⁶, para la prueba de aerobios mesófilos. En el conteo de coliformes totales se sembraron las diluciones 10⁻¹ y 10⁻² en los días 1 y 28.

Análisis sensorial. Se efectuaron análisis sensoriales de aceptación de cinco muestras a 38 estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. El análisis se efectuó en los días 1,14 y 28. Los atributos evaluados fueron: color, textura, aroma, jugosidad, sabor y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (1 = me desagradaba extremadamente y 9 = me agrada extremadamente).

Se utilizó agua y galletas para limpiar el paladar al momento de cambio de muestra. Las muestras se presentaron en bandejas con códigos de tres dígitos escogidos al azar. El

orden de las muestras se escogió aleatoriamente, por tanto no estaban por orden de tratamiento, se efectuó esto para disminuir el error al momento de la evaluación sensorial por parte de los consumidores.

Análisis estadístico. Se utilizó el programa Statistical Analytical System (SAS[®] Versión 9.3). Se realizó un análisis de varianza con un modelo lineal general (GLM, por sus siglas en Inglés) y una separación de medias Tukey con nivel de significancia de $P < 0.05$. Se efectuó una prueba de normalidad de datos y se utilizó transformación por arcoseno para los datos reportados en porcentajes (purga, pérdida por cocción y rebanado) para la corrección de normalidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial jamón de cerdo. Al disminuir la cantidad de sal se pudo observar que la aceptación del consumidor en color, textura, cohesividad y jugosidad no fue diferente entre los niveles de sal estudiados $P>0.05$ (Cuadro 3). Los valores obtenidos para cada atributo mencionado se acercan a me agrada moderadamente.

Cuadro 3. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para atributos de color, textura y cohesividad del jamón de cerdo con porcentajes de sal de 2-1%.

Tratamiento (% sal en la formulación)	Color Media \pm DE (NS [†])	Textura Media \pm DE (NS)	Cohesividad Media \pm DE (NS)
2.00 (control)	6.55 \pm 1.56	6.65 \pm 1.38	6.53 \pm 1.55
1.75	7.07 \pm 1.41	7.00 \pm 1.38	6.97 \pm 1.34
1.50	6.79 \pm 1.41	6.82 \pm 0.94	6.96 \pm 0.89
1.25	6.99 \pm 1.42	6.96 \pm 1.36	6.98 \pm 1.21
1.00	6.66 \pm 1.53	6.84 \pm 1.33	6.86 \pm 1.29
CV[‡] (%)	21.56	19.84	19.57

[‡]CV: Coeficiente de variación.

[†]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P>0.05$).

Los atributos sabor y aceptación general presentaron diferencia estadística en los tratamientos con porcentajes de sal disminuido en el jamón de cerdo, $P>0.05$ (Cuadro 4). Los valores obtenidos en sabor y aceptación se acercaron a me agrada moderadamente.

Para el atributo sabor no se obtuvo diferencia estadística en los porcentajes de 2.00 a 1.25% ($P>0.05$) de sal en la formulación del jamón de cerdo, lo cual da paso a poder disminuir la cantidad de sal hasta un 1.25% (equivale a 37.5% menos sal en la formulación), ya que el consumidor aceptó hasta este porcentaje de disminución, esto se asemeja a lo reportado por Ruusunen y Puolanne (2005), los cuales indicaron que al reducir entre 25 y 30% (1.50-1.40%) de sal, no se ve afectada la característica de sabor en el producto.

El atributo de aceptación general el consumidor calificó de igual manera la reducción desde 1.75 hasta 1.25% de sal ($P>0.05$). El porcentaje de 1.25% de sal fue mejor aceptado que el control (2% sal), por lo cual da paso a poder disminuir la cantidad de sal en el

jamón de cerdo y poder obtener la misma aceptación que el jamón con 2% de sal. Autores como Resurreccion (2003), indicó que en un análisis sensorial de productos cárnicos no encontraron diferencia en los rangos de 1.95 a 1.35% de sal, por lo tanto concluyó que si existe la posibilidad de disminuir la cantidad de sal hasta 1.35% logrando una aceptación igual a la formulación original, pero en este estudio se logró disminuir hasta 1.25% de sal sin afectar la aceptación sensorial.

Basado estos resultados de sabor y aceptación se decidió trabajar con 1.25% como porcentaje máximo de disminución de sal en la formulación del jamón de cerdo.

Cuadro 4. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para atributos jugosidad, sabor y aceptación general del jamón de cerdo con porcentajes de sal de 2-1%.

Tratamiento (% sal en la formulación)	Jugosidad Media ± DE(NS [¶])	Sabor Media ± DE	Aceptación general Media ± DE
2.00 (control)	6.67 ± 1.40	7.02 ± 1.38 ab	7.05 ± 1.21 b
1.75	7.10 ± 1.42	7.18 ± 1.32 ab	7.34 ± 1.12 ab
1.50	6.72 ± 1.57	7.15 ± 1.32 ab	7.16 ± 1.10 ab
1.25	7.13 ± 1.42	7.41 ± 1.23 a	7.50 ± 1.06 a
1.00	6.62 ± 1.48	6.91 ± 1.57 b	7.05 ± 1.13 b
CV[¥] (%)	21.25	19.15	15.59

^Ω Medias con letras distintas son estadísticamente diferente (P<0.05).

[¥] CV: Coeficiente de variación.

[¶] NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

Rendimiento en cocción. Basados en estudios realizados por Suksomboon y Rawdken (2010) y Yamamura (2010 se esperaba que al agregar enzima transglutaminasa se obtuviera menor pérdida, pero no se obtuvo diferencia significativa entre los niveles de sal usados agregándole o no enzima (P>0.05).

Los valores de pérdida en cocción están dentro de los parámetros, ya que se obtuvo valores menores a 10% (Chin y Chung 2001). Los valores obtenidos en esta investigación son contrarios a lo reportado por Pietrasik y Li-Chan (2002), quienes utilizaron 6000 ppm de enzima y niveles de sal de 2% y tuvieron menos pérdida por cocción que los tratamientos sin enzima.

Cuadro 5. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento en cocción del jamón de cerdo.

Tratamiento	Rendimiento en cocción (%)
	Día 0 Media ± DE (NS [†])
% sal + ppm enzima	
2.00 (control)	3.17 ± 0.03
1.25 + 0	3.68 ± 0.01
1.25 + 909	4.64 ± 0.06
1.25 + 1364	4.64 ± 0.05
CV[‡] (%)	8.50

[‡]CV: Coeficiente de variación.

[†]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05)

Pérdida por rebanado. Es la cantidad de jamón que no es apto para ser empacado, esta pérdida se da principalmente por los extremos de la barra de jamón o por el jamón rebanado que no está completamente formado. Se esperaba que la pérdida por rebanado (Cuadro 6), fuera menor en los niveles de sal a los cuales se les agregó la enzima, en este estudio no hubo diferencia significativa (P>0.05) entre los tratamientos evaluados, lo cual no coincide con lo reportado por Yamamura (2010), que indicó que al reducir la cantidad de sal y adicionar enzima se pudo obtener menor merma por rebanado.

Cabe recalcar que los promedios se obtuvieron elevados debido a la cantidad de muestra tomada para realizar las evaluaciones (2 ± 0.2 kg), ya que al realizar el cálculo, el área de comparación (parte óptima para empacado) fue muy pequeña, lo cual al momento de realizar el cálculo dio un porcentaje elevado de pérdida por rebanado.

Cuadro 6. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento en rebanado del jamón de cerdo.

Tratamiento	Pérdida por rebanado (%)
	Día 0 Media ± DE (NS [†])
% sal + ppm enzima	
2.00 (control)	18.61 ± 0.15
1.25 + 0	19.63 ± 0.04
1.25 + 909	20.03 ± 0.12
1.25 + 1364	19.31 ± 0.01
CV[‡] (%)	6.09

[‡]CV: Coeficiente de variación.

[†]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

Pérdida por purga. Es medida en intervalos de tiempo para determinar la cantidad de agua perdida por los productos empacados durante un período determinado. Se esperaba que a mayor cantidad de sal y con presencia de la enzima transglutaminasa se obtuviera menor pérdida por purga.

La sal ayuda a ligar agua por efecto del ión de Cl que actúa expandiendo las miofibrillas de la carne y dan paso al ingreso del agua, por otro lado el ión Na al tener carga positiva se une a la molécula de agua, de esta forma la retiene y evita su salida, obteniendo mayor retención de agua en los productos con elevados porcentajes de sal (Offer y Trinick 1983; Desmond 2006). Al disminuir la cantidad de sal, con la enzima se esperaba retener agua durante la unión de las proteínas (Motoki y Seguro 1998). Los valores obtenidos en la investigación (Cuadro 7) fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$) ya que en promedio se perdió la misma cantidad de agua durante el periodo de estudio: días 1, 14 y 28.

Los valores obtenidos en purga son contrarios a lo reportado por Cofrades *et al.* (2011), donde se reportaron menor valor de purga cuando usó la enzima a 7000 ppm y además agregó caseinato de sodio en 1.5%, algas marinas en 3% y dos niveles de sal 1.5 y 0.5%. La actividad de la enzima se ve mejorada cuando se agrega otros compuestos, ya sea caseinato, algas o en unos casos nueces, para que así se efficientizar el desempeño de la transglutaminasa (Serrano *et al.* 2004).

Cuadro 7. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los porcentajes de rendimiento por purga durante el tiempo de estudio del jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	Purga (%)		
	Día 1	Día 14	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS) [‡]	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	2.63 ± 0.04	4.26 ± 0.03	5.61 ± 0.02
1.25 + 0	3.17 ± 0.02	4.93 ± 0.02	5.15 ± 0.01
1.25 + 909	2.90 ± 0.09	4.81 ± 0.04	4.26 ± 0.01
1.25 + 1364	2.67 ± 0.05	4.07 ± 0.01	5.29 ± 0.07
CV[‡] (%)	13.29	6.35	7.30

[‡]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P>0.05$).

^ϕ No hubo cambio a través del tiempo ($P>0.05$).

[‡]CV: Coeficiente de variación.

Análisis de color. Los valores del Hunter Color L a b obtenidos son estadísticamente iguales en los días 1 y 28 y no presentaron cambio a través del tiempo ($P>0.05$). El color no se ven afectado por la transglutaminasa, ya que no proporciona color a los productos (Dimitrakopoulou *et al.* 2005, Tseng *et al.* 2000).

El valor L está en la escala de color de negro a blanco, siendo 0 = negro y 100 = blanco. La luminosidad se ve afectada principalmente por efecto de la cantidad de agua que se

encuentre en la superficie, relacionada esta variable con la cantidad de purga (Alarcón Rojo *et al.* 2007). Los valores obtenidos (Cuadro 10) son similares a los reportados por Sabillón (2008), quien obtuvo valores en L de 53.51 en jamón de cerdo picado, lo que se encuentra en el rango de medición obtenido en este estudio (53.62-48.65).

Cuadro 8. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los parámetros de color para el valor L del jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	L	
	Día 1	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	52.13 ± 3.69	48.65 ± 4.11
1.25 + 0	53.62 ± 2.70	52.38 ± 0.59
1.25 + 909	51.90 ± 1.83	53.04 ± 1.50
1.25 + 1364	53.21 ± 2.36	51.59 ± 3.51
CV[‡] (%)	4.81	5.49

[†]NS: no significancia entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

^ϕ No hubo cambio a través del tiempo (P>0.05).

[‡]CV: Coeficiente de variación.

Los valores a están dentro de la escala de rojo-verde, siendo el color rosado característico del jamón. El color rosado se logra por la presencia del nitrito de sodio, que al convertirse en óxido nítrico y reaccionar con la mioglobina imparte este color al jamón (Pérez y Andújar, 2000).

Los valores de a (Cuadro 9) están cercanos a los reportados por Válková *et al.* (2007), quienes indicaron que el rango para el parámetro a para jamón de cerdo va 8.14 a 13.95. En este estudio se obtuvo un rango de medias de 7.22 a 8.49.

Cuadro 9. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de color para el valor a del jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	a	
	Día 1	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	7.22 ± 0.83	8.25 ± 0.99
1.25 + 0	7.25 ± 0.55	8.20 ± 0.58
1.25 + 909	7.44 ± 0.92	7.41 ± 0.25
1.25 + 1364	7.53 ± 1.12	8.49 ± 1.23
CV (%)	9.25	10.50

[‡]CV: Coeficiente de variación. [†]NS: no significancia entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

^ϕ No hubo cambio a través del tiempo (P>0.05).

El valor de b (Cuadro 10) está en la escala de azul-amarillo, este parámetro no es muy importante, ya que no define el color del jamón de cerdo como en el caso de L y a, pero si puede tener el jamón puede tener cierta tonalidad amarilla.

Los valores obtenidos están dentro del rango 5.85-6.43, están por debajo de los reportado por Válková *et al.* (2007) quienes indicaron que los valores de b tenían un rango de 6.60 a 9.70. En el día 28 el color amarillo aumentó ligeramente, esto pudo darse ya que en ese día el pH disminuyó en el jamón de cerdo (Alarcón *et al.* 2007).

Cuadro 10. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de color para el valor b del jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	b	
	Día 1	Día 28
	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)
% sal + ppm enzima		
2.00 (control)	5.65 ± 0.52	5.85 ± 0.43
1.25 + 0	5.94 ± 0.62	6.20 ± 0.37
1.25 + 909	6.37 ± 0.69	5.85 ± 0.29
1.25 + 1364	6.13 ± 0.34	6.43 ± 0.58
CV[‡] (%)	7.79	6.96

[†]NS: no significancia entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

^ϕ No hubo cambio a través del tiempo (P>0.05).

[‡]CV: Coeficiente de variación.

Análisis de textura. La fuerza de corte es la fuerza aplicada para poder ejercer un corte o deformación en un producto. Esta fuerza es expresada en newton (N). En este estudio no se obtuvo diferencias estadísticamente (P>0.05) entre el nivel de sal con y sin enzima en los días 1 y 28; y tampoco hubo cambio alguno a través del tiempo (Cuadro 11).

Los valores obtenidos fueron contrarios a lo reportado por Suksomboon y Rawdken (2010) y Pietrasik y Li-Chan (2001), autores que indicaron que la mayor fuerza de corte aplicada se dio en los productos que se les agregó enzima mayor cantidad de enzima (6000 ppm) y mayor cantidad de sal (2%).

Cuadro 11. Separación de medias y desviación estándar (DE) del parámetro de textura del jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	Fuerza de corte (N)	
	Día 1	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	21.86 ± 3.62	23.24 ± 4.57
1.25 + 0	24.21 ± 2.55	24.49 ± 3.35
1.25 + 909	24.32 ± 3.02	23.06 ± 1.98
1.25 + 1364	24.73 ± 3.90	24.52 ± 4.70
CV[¥] (%)	10.35	16.01

[†] NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

^ϕ No hubo cambio a través del tiempo (P>0.05).

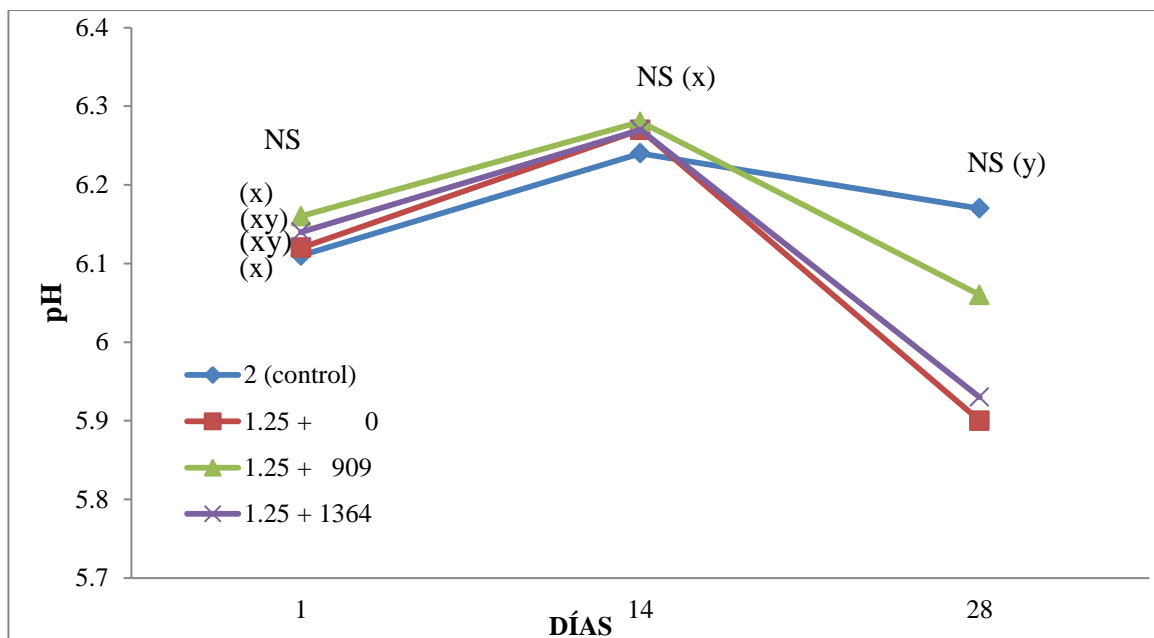
[¥] CV: Coeficiente de Variación.

pH. El pH del jamón de cerdo suele encontrarse en el rango de 6 a 6.6 (Tellegen 1998), los tratamientos mostraron un pH dentro del rango en el día 1, para el día 14 se vio un leve aumento el cual se redujo para el día 28 (Figura 2).

La enzima transglutaminasa no afectó los valores de pH. El comportamiento del pH cambió a través del tiempo, pero estadísticamente no fue diferente entre los niveles de sal y enzima usados en el jamón de cerdo durante los días 1, 14 y 28 (P>0.05).

Los valores de pH en el día 14 tuvieron un aumento significativo, esto se pudo dar a un proceso dentro de las proteínas conocido como fragmentación de las proteínas, esto se debe a la acción catalítica en los residuos de proteínas presentes en el jamón, esta reacción es dada por enzimas proteasas que son capaces de romper las moléculas peptídicas y al darse esto se produce un leve aumento en el pH (Morales y Gallo 2006).

En el día 28 el pH tuvo una disminución, esto pudo darse por efecto de un aumento de las bacterias ácido lácticas principalmente en los jamones con menor cantidad de sal (Salgado *et al.* 2012).



Coefficiente de Variación (%): **Día 1:** 0.66; **Día 14:** 2.05; **Día 28:** 1.83

^{x-y} Medias con letras distintas en la misma línea son estadísticamente diferentes en el tiempo ($P < 0.05$).

NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P > 0.05$).

Figura 2. Separación de medias de los valores de pH durante el almacenamiento del jamón de cerdo.

Aerobios mesófilos. No se identificó un efecto de los niveles de sal usados con y sin enzima ($P > 0.05$) en el conteo de aerobios mesófilos. Sin embargo, los cambios en el conteo se vieron afectados a través del tiempo. No se esperaba que los niveles de sal tuvieran efecto en la reducción de los microorganismos, ya que fue menor a 10% donde la acción bacteriostática es mayor (UNAL 2005).

Los valores de aerobios mesófilos del día 1 están en el rango permitido el cual es $5 \log_{10}$ UFC/g (Banwart 1989), no así en el día 28, donde los valores obtenidos sobrepasan lo permitido. Esto pudo darse por efecto de manipulación de la carne durante la preparación de los tratamientos. Al tener población microbiana inicial alta, era de esperarse que al finalizar el estudio los conteos fueran mayores. Además, también hubo manipulación del jamón durante la toma de datos, lo cual pudo incrementar la carga de aerobios mesófilos, por este motivo no se pudo realizar la evaluación sensorial programada para ese día.

El jamón de cerdo con 1.25% de sal + 1.4 ppm de enzima, no solo obtuvo una carga microbiana alta, sino que también mostró presencia de gelatina de cerdo en su superficie en el día 28, este proceso se pudo dar por efecto de pérdida de densidad de la proteína (Hanani *et al.* 2012) y disminución de permeabilidad que ocasionó la movilidad de otros componentes como la gelatina de cerdo (Sobral *et al.* 2001).

Cuadro 12. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los conteos microbiológicos de aerobios mesófilos presentes en el jamón de cerdo ^Φ.

Tratamiento	Aerobios mesófilos (log ₁₀ UFC/g)	
	Día 1	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [‡])	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	2.93 ± 0.41 x	7.05 ± 0.41 y
1.25 + 0	2.99 ± 0.46 x	6.99 ± 0.81 y
1.25 + 909	2.40 ± 0.22 x	6.66 ± 0.50 y
1.25 + 1364	3.04 ± 0.00 x	7.21 ± 0.89 y
CV[¥] (%)	11.52	9.73

^{x-y} Medias con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes en el tiempo (P<0.05).

[¥] CV: Coeficiente de variación.

[‡] NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

Coliformes totales. Los coliformes totales son indicadores de inocuidad, por lo cual si su cantidad excede en un alimento, indica que el proceso de sanitización fue deficiente, si el jamón presenta un aumento en carga microbiana se debe por efecto de la manipulación (Félix *et al.* 2005).

Los valores obtenidos de coliformes totales (Cuadro 13) fueron estadísticamente iguales en el día 1 y 28 (P>0.05), los resultados no se vieron afectados a través del tiempo. El límite máximo de coliformes totales en un producto cárnico cocido es 1.3 log₁₀ UFC/g (Banwart 1989), solo el tratamiento con nivel de sal de 1.25 + 909 ppm de enzima sobrepasa el límite permitido. La acción bacteriostática de la sal es mayor en los coliformes totales (UNAL 2005), por lo cual esto y la correcta limpieza y sanidad en el proceso de elaboración del jamón ayudó a mantener una carga microbiana en los límites permitidos.

Cuadro 13. Separación de medias y desviación estándar (DE) de los conteos microbiológicos de coliformes totales presentes en el jamón de cerdo ^Φ.

Tratamiento	Coliformes totales (log ₁₀ UFC/g)	
	Día 1	Día 28
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [‡])	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	0.69 ± 0.00	0.85 ± 0.21
1.25 + 0	0.69 ± 0.00	0.85 ± 0.21
1.25 + 909	0.69 ± 0.00	1.50 ± 0.71
1.25 + 1364	0.69 ± 0.00	0.98 ± 0.40
CV[¥] (%)	0.00	41.35

[‡] NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día (P>0.05).

^Φ No hubo cambio a través del tiempo (P>0.05).

[¥] CV: Coeficiente de variación.

Análisis sensorial. Los valores reportados de color no tuvieron diferencia estadística en el día 1 (Cuadro 14), siendo calificado en el rango de me gusta moderadamente, el cambio de color no se vio afectado través del tiempo ($P>0.05$). La aceptación del consumidor en color tuvo diferencias estadísticas en el día 14, siendo los mejores evaluados los jamones con concentración de sal de 2, 1.25 y 1.25% + 1364 ppm de enzima ya que fueron estadísticamente iguales.

El jamón con 1.25 + 909 ppm de enzima fue diferente al control (2% de sal), esta diferencia no se dio por efecto de la enzima, ya que ésta no aporta color al producto (Dimitrakopoulou *et al.* 2005; Tseng *et al.* 2000), el cambio de color se pudo dar por la misma perspectiva del consumidor o por efecto de la forma de mostrarle los diferentes jamones al momento de realizar la evaluación sensorial.

La aceptación de los consumidores del atributo textura (Cuadro 14) no fue diferente en los días 1 y 14 ni a través del tiempo ($P>0.05$). Los valores estuvieron cercanos a me agrada moderadamente. Esto coincide con la calificación de los consumidores reportado por Dimitrakopoulou *et al.* (2005), investigadores que tampoco obtuvieron diferencias entre los niveles de enzima usados (0, 750 y 1500 ppm) y las concentraciones de sal (1 y 2%) concluyeron que la enzima no tuvo un efecto significativo entre los productos. Sin embargo, Tseng *et al.* (2000) si encontró diferencia, ya que no solo se utilizó enzima, también se le agregó fibrógeno que al unirse con la trombina (enzima peptidasa) se transforma en monómero de fibrina que actúa igual que la transglutaminasa ligando proteínas y proporcionando al producto mayor firmeza.

Cuadro 14. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo color y textura en el jamón de cerdo ^Φ.

Tratamiento	Color		Textura	
	Día 1	Día 14	Día 1	Día 14
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [‡])	Media ± DE	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	6.64 ± 1.60	6.88 ± 1.27 a ^Ω	6.83 ± 1.45	6.77 ± 1.34
1.25 + 0	6.52 ± 1.39	6.68 ± 1.52 ab	6.64 ± 1.45	6.71 ± 1.46
1.25 + 909	6.53 ± 1.37	6.34 ± 1.53 b	6.68 ± 1.45	6.53 ± 1.53
1.25 + 1364	6.83 ± 1.28	6.68 ± 1.46 ab	6.92 ± 1.36	6.76 ± 1.39
CV[¥] (%)	21.31	21.81	21.11	21.41

^Ω Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

[¥] CV: Coeficiente de variación.

[‡] NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P>0.05$).

^Φ No hubo cambio a través del tiempo ($P>0.05$).

La aceptación de los consumidores en el atributo aroma (Cuadro 15) no fue diferente entre el nivel de sal con y sin enzima en los días 1 y 14 ni a través del tiempo ($P>0.05$).

El aroma en el jamón de cerdo es proporcionado por los compuestos que posee, principalmente el aroma se da en el proceso de curado por efecto del nitrito de sodio (Toldrá *et al.* 1997), no por efecto de la enzima, ya que ésta no aporta aroma. Esto concuerda con Dimitrakopoulou *et al.* (2005), los cuales investigaron diferentes niveles de enzima (0, 750 y 1500 ppm) y sal (1 y 2%) concluyeron que la enzima no tuvo significancia en el atributo aroma, ya que no se encontró diferencia entre los productos. La calificación que ellos obtuvieron también coincidió con esta investigación ya que estuvo cercano a me agrada moderadamente.

La aceptación de los consumidores no tuvo diferencia del atributo jugosidad (Cuadro 15), ya que fue estadísticamente igual los días 1 y 14, sin ser afectado a través del tiempo ($P>0.05$).

Los valores de jugosidad estuvieron cercanos a me agrada moderadamente, esto coincide con lo reportado por Dimitrakopoulou *et al.* (2005), los cuales también reportaron que la enzima no tuvo un efecto significativo en la jugosidad del producto reestructurado de cerdo. Estos resultados no coinciden con los reportados por Tseng *et al.* (2000), que sí obtuvieron diferencias en jugosidad por efecto de la enzima más la adición de fibrógeno. De igual forma Kilic (2003) obtuvo mayor jugosidad al agregar 2% de sal, 10000 ppm de enzima y 0.5% de caseinato de sodio.

Cuadro 15. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo aroma y jugosidad en el jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	Aroma		Jugosidad	
	Día 1	Día 14	Día 1	Día 14
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	6.71 ± 1.50	6.68 ± 1.44	6.82 ± 1.41	6.51 ± 1.51
1.25 + 0	6.70 ± 1.46	6.62 ± 1.53	6.65 ± 1.41	6.60 ± 1.66
1.25 + 909	6.75 ± 1.94	6.65 ± 1.60	6.81 ± 1.46	6.64 ± 1.38
1.25 + 1364	6.90 ± 1.45	6.68 ± 1.57	6.82 ± 1.42	6.59 ± 1.45
CV[‡] (%)	21.46	23.07	21.07	22.84

[‡]CV: Coeficiente de variación.

[†]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P>0.05$).

^ϕNo hubo cambio a través del tiempo ($P>0.05$).

Al disminuir la cantidad de sal en el jamón de cerdo y agregar la enzima, se esperaba que se obtuviera mayor aceptación general y diferencia entre las calificaciones de sabor en la evaluación sensorial, ya que al aumentar el porcentaje de sal, por mayor presencia de sodio se aumenta la percepción del sabor salado y al agregar la enzima se mejora la textura y jugosidad (Barreiro y Seselovsky 2003; Desmond 2006), pero la aceptación del consumidor fue igual para cada nivel de sal con y sin enzima ($P>0.05$).

En el presente estudio el atributo sabor no tuvo diferencia estadística en los días 1 y 14 ni a través del tiempo ($P>0.05$). Al agregar la enzima se esperaba que no afectara el sabor, ya que ésta no aporta sabor a los productos (Dimitrakopoulou *et al.* 2005); Tseng *et al.* (2000), tampoco encontraron diferencia entre sabor en los productos reestructurados evaluados, obteniendo una calificación a me agrada moderadamente, lo cual coincide nuevamente con lo obtenido en esta investigación (Cuadro 16).

La aceptación general del consumidor (Cuadro 16) no fue diferente, ya que los resultados no tuvieron diferencias estadísticas entre los días 1 y 14, ni a través del tiempo ($P>0.05$). Los valores obtenidos estuvieron cerca de me agrada moderadamente, esto no concuerda con varios autores (Kilic 2003; Tseng *et al.* 2000), los cuales indicaron que si encontraron diferencias en aceptación, obteniendo la mejor en los productos reestructurados a los cuales se les agregó la enzima y se les redujo la cantidad de sal.

Cuadro 16. Separación de medias y desviación estándar (DE) de las calificaciones del análisis sensorial de aceptación para el atributo sabor y aceptación general en el jamón de cerdo ^ϕ.

Tratamiento	Sabor		Aceptación general	
	Día 1	Día 14	Día 1	Día 14
% sal + ppm enzima	Media ± DE (NS [†])	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)	Media ± DE (NS)
2.00 (control)	6.87 ± 1.51	6.96 ± 1.40	6.94 ± 1.35	6.93 ± 1.22
1.25 + 0	6.75 ± 1.44	6.67 ± 1.77	6.78 ± 1.30	6.64 ± 1.58
1.25 + 909	6.81 ± 1.48	6.72 ± 1.50	6.81 ± 1.31	6.75 ± 1.39
1.25 + 1364	7.12 ± 1.45	6.91 ± 1.38	7.11 ± 1.33	6.89 ± 1.33
CV[‡] (%)	21.37	22.28	19.12	20.35

[‡]CV: Coeficiente de variación.

[†]NS: no significativo entre tratamientos en el mismo día ($P>0.05$).

^ϕNo hubo cambio a través del tiempo ($P>0.05$).

4. CONCLUSIONES

- La cantidad máxima de sal que se puede disminuir en el jamón de cerdo manteniendo la aceptación general en relación a la formulación original es de 62.5%; de 2% de sal en la formulación a 1.25%.
- La adición de la enzima transglutaminasa en las formulaciones disminuidas en sal no mejora las características físicas, químicas y sensoriales del jamón de cerdo.
- Disminuir la sal del jamón de cerdo de 2 hasta 1.25% y adicionar transglutaminasa (909 y 1364 ppm) no afectan el crecimiento de aerobios mesófilos y coliformes totales.

5. RECOMENDACIONES

- Para mejorar la estabilidad de la enzima y su eficiencia se puede trabajar con diferentes concentraciones de caseinato de sodio o alginatos.
- Analizar la vida anaquel del jamón de cerdo al 1.25% de sal para poder utilizar esta nueva fórmula para el producto.
- Investigar la reducción de sal en otros productos cárnicos.

6. LITERATURA CITADA

Aguilar Zárata, P., M. Aguilar Zárata, L.M. Carrillo Inungaray y O.M. Portilla Rivera. 2012. Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 4(8):1-17.

Alarcón Rojo, A.A., C. Linares Pérez, J.A. Macías García y H. Vidales Janacua. 2007. Propiedades físico-químicas de jamones elaborados con carne pálida, suave y exudativa de cerdo. *Tecnociencia* 1(1):2-9.

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

Barreiro, F. y R. Seselovsky. 2003. Uso de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida. *Redalyc* 6 (10): 157-164.

CDC (Center for Disease Control and Prevention). 2012. Get the facts: The Role of sodium in your food. (en línea). Consultado 27 de mayo de 2013. Disponible en http://www.cdc.gov/salt/pdfs/Role_of_Sodium.pdf

Chin K.B. y B.K. Chung. 2001. Utilization of transglutaminasa for the development of low fat, low salt sausages and restructured meat products manufactured with pork ham and loins. Tesis, Korea, Chonnam National University.

Cofrades, S., I. López-López, T.M. Ruiz-Capillas y F. Jiménez-Colmenero. 2011. Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science* 87:373-380.

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

De Jong, G.A.H. y S.J Koppelman. 2002. Transglutaminase catalyzed reactions: Impact on food Applications. *Journal of Food Science* 67(8):2798-2806.

Desmond, E. 2006. Reducing salt: a challenge for the meat industry. *Meat Science* 74:188-196.

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

Doyle, M.E. y K.A. Glass. 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality and human health. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* 9:44-56.

FDA (Food and Drug Administration). 2013. El sodio en su dieta: Use la etiqueta de información nutricional para reducir el consumo de sodio. (en línea). Consultado el 5 de noviembre de 2013. Disponible en <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm316876.htm>

Félix Fuente, A., N.O Campas-Baypoli y M. Meza-Montenegro. 2005. Calidad Sanitaria de los Alimentos. *Instituto Tecnológico de Sonora* 6(3).

González, M., H. Suárez y O. Martínez. 2009. Análisis estructural de la carne de jamón durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento. *Scielo Revista MVZ Córdoba* 14(3).

Hanani Nur, Z.A., Y.H. Roos y J.P. Kerry. 2012. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties. *Food Hydrocolloids* 29:144-151.

Kilic, B. 2003. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. *Meat Science* 63:417-421.

Morales Sánchez, D. y L.E. Gallo Ramírez. 2006. Métodos físico-químicos en Biotecnología. *Plataformas de Proteómica*. 52 p.

Motoki, A. y K. Seguro. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Food Science and Technology* 9:204-210.

Offer, G. y J. Trinick. 1983. On the mechanism of water holding in meat. The swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science* 8(4):245-281.

Pachecho Pérez, W.A., C.E. Arias Muñoz y D.A Restrepo Molina. 2012. Efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre las características de una salchicha. *Revista de Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 65(2) 6785-6783.

Pérez Dubé, D. y G. Robles Andújar. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Revista Cubana de Alimento y Nutrición* 14(2):23-114.

Pietrasik, Z. y E.C.Y. Li-Chan. 2002. Response surface methodology study on the effects of salt microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Research International* 35:287-396.

Raffaele Porta, L.M. 2005. Transglutaminase as Biotechnological Tools. *Prog Exp Tum Res. Basel, Karger* 38:174-191.

Resurreccion, A.V.A. 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science* 66: 11-20.

Ruíz Ramírez, J.L. 2005. Textura de músculos de cerdo y jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. p 76.

Ruíz-Ramírez, J., J. Arnau, X. Serra y P. Gou. 2006. Effect of pH, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in *biceps femoris* and *semimembranosus* muscles in dry-cured ham. *Meat Science* 72(2):185-194.

Ruusunen, M. y E. Puolanne. 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*. 70(3):532-541.

Sabillón Galeas, L.E. 2008. Efecto de la κ -carragenina y lactato de sodio sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un jamón picado de cerdo en anaquel iluminado y sin iluminar. Tesis Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 49 p.

Salgado Buelvas, G.A., J.H. Patiño Gómez y C.E. Restrepo Flores. 2012. Efecto de la cadena de frío sobre el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, la calidad fisicoquímica y la alteración de jamones cocidos lonchados empacados al vacío. Scielo, Revista Lasallista de Investigación 9(2).

Serrano, S., S. Cofrades y F. Jiménez Colmenero. 2004. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. *Food Chemistry* 85:423-429.

Sobral, P.J.A., F.C. Menegalli, M.D. Hubinger y M.A. Roques. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids* 15:423-432.

Suksomboon, K. y S. Rawdkeun. 2010. Effect of microbial transglutaminase on physicochemical properties of ostrich meat ball. *Asian Journal of Food and Agro-industry* 3(5):505-515.

Tellegen, B. 1998. Criterios técnicos de producción de las Industrias Cárnicas y Maquinaria y Producción de embutidos. p 361.

Toldrá, F., M. Flores y Y. Sanz. 1997. Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry* 59(9):523-530.

Totosaus, A. 2007a. Aplicaciones de la reducción de sodio en sistemas cárnicos emulsionados. *Nacameh* 1(2):75-86.

Totosaus, A. 2007b. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. *Nacameh* 1(1):53-66.

Tseng, T.F., D.C. Liu y M.T. Chen. 2000. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. *Meat Science* 55:427-431.

UNAL (Universidad Nacional de Colombia). 2005. Aditivos de uso en procesamiento de carnes. (en línea). Consultado el 28 de septiembre de 2013. Disponible en http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap03/cap03_01.html

Válková, V., A. Saláková, H. Buchtová y B. Tremlová. 2007. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Science* 77:608-615.

Ventanas, J. 2000. Tecnología del jamón ibérico: Formación de un gel cárnico. Madrid, España. Mundi-Prensa Libros. p 235.

Yamamura, C. 2010. Transglutaminasa una herramienta innovadora en la Industria Alimentaria. (en línea). Consultado el 5 de septiembre de 2013. Disponible en http://www.tecnocarnicos.com/project/tecnocarnicos/resumen/dateien/cecilia_yamamura_ajinomoto.pdf

7. ANEXOS

Anexo 1. Formato de hoja de evaluación sensorial

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

- Se le presentará **cuatro** muestras codificadas de jamón de cerdo, una galleta soda y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con agua y galleta antes y después de cada muestra.
- Evalúe una muestra a la vez.
- Haga su evaluación de izquierda a derecha.
- Marque con una “X”, según su calificación de acuerdo a los atributos: color, textura, aroma, jugosidad, sabor y aceptación general. Escriba el código de la muestra que prefiere al final de la página. Al finalizar la evaluación deje la hoja en su cubículo e indique al evaluador que ha finalizado.

1. Me desagrada extremadamente
2. Me desagrada mucho
3. Me desagrada moderadamente
4. Me desagrada poco
5. Ni me agrada ni me desagrada (neutro)
6. Me agrada poco

7. Me agrada moderadamente
8. Me agrada mucho
9. Me agrada extremadamente

Muestra _____

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada (neutro)	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Textura									
Aroma									
Jugosidad									
Sabor									
Aceptación general									

Observaciones _____