



Influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo[✉]

Influence of the cooking process and storage temperature on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of sliced ham

Influencia do processo de cocção e temperatura de armazenamento sobre as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do presunto de suíno

María I González^{1*}, Ing Alim, MSc; Héctor Suárez², MVZ, PhD, Olga Martínez³, Ing Alim, MSc.

¹ Centro de Investigación y Desarrollo, Industria de Alimentos Zenú, Medellín, Colombia.

² Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Colombia.

³ Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

(Recibido: 3 abril, 2009; aceptado: 25 mayo, 2010)

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo identificar la influencia del proceso de cocción y la temperatura de almacenamiento sobre la vida útil del jamón de cerdo, tajado y empacado. Se realizaron seis tratamientos, con tres temperaturas internas de cocción (72, 75, 78 °C) y dos temperaturas de almacenamiento (4 y 8 °C). Se elaboró un patrón absoluto cocido hasta una temperatura interna de 72 °C, sin tiempo de retención, con una vida útil establecida previamente de 26 días y un patrón relativo, elaborado bajo las mismas condiciones del patrón absoluto, almacenado a 0 °C. El estudio mostró que los recuentos de mesófilos, bacterias ácido lácticas y color, presentaron diferencia significativa ($p < 0.001$), siendo el más estable el producto calentado hasta 75 °C, 5 minutos de retención y almacenamiento a 4 °C (75 °C - 5min - 4 °C). Respecto al contenido de bases volátiles nitrogenadas se encontró que ninguno de los tratamientos alcanzó niveles de degradación superiores a los establecidos por los reglamentos técnicos. Al incrementarse el periodo de almacenamiento, la dureza y la adhesividad instrumental presentaron tendencia al aumento, siendo el tratamiento 75 °C-5min-4 °C el que reportó mayor valor de dureza. Para todos los tratamientos se encontró que el pH disminuye y la sinéresis aumenta a medida que transcurre el periodo de almacenamiento.

Palabras clave: jamón, textura, vida útil.

✉ Para citar este artículo: González MI, Suárez H, Martínez O. Influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo. Rev Colomb Cienc Pecu 2010; 23:336-348.

* Autor para correspondencia: María I González. Carrera 64c # 104-3, teléfono (574) 4705399. Medellín, Colombia. E-mail: mgonzalez@zenu.com.co

Summary

Both, cooking and storage, can affect processed meat traits. In this study, six treatments were evaluated: three internal cooking temperatures (72, 75, 78 °C) and two storage temperatures (4 and 8 °C). Mesophilic counts, lactic acid bacteria and color differed ($p < 0.001$). The product heated to 75 °C, 5 minutes of retention, and stored at 4 °C (75 °C - 5 min - 4 °C) was the most stable. Regarding the content of volatile nitrogen bases, none of the treatments reached degradation levels above the established by technical regulations. As the storage time increased, hardness and instrumental adhesiveness also tended to increase, with the 75 °C - 5 min - 4 °C treatment resulting in the highest hardness value. For all the treatments, pH diminished and syneresis increased as the storage time increased.

Key words: ham, shelf-life, texture.

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo identificar a influência do processo de cocção e temperatura de armazenamento sobre a vida de prateleira do presunto de suíno, fatiado e embalado. Foram feitos seis tratamentos, com três temperaturas internas de cocção (72, 75, 78 °C) e dois temperatura de armazenamento (4 e 8 °C). foi elaborado um padrão absoluto cozinhado ate atingir uma temperatura interna de 72 °C, sem tempo de retenção, com uma vida útil prevista previamente de 26 dias e um padrão relativo, elaborado nas mesmas condições do padrão absoluto, armazenado a 0 °C. Os resultados mostram que os valores de mesófilos, bactérias ácido lácticas e cor, apresentaram diferenças significativas ($p < 0.001$), sendo o mais estável o produto esquentado ate 75 °C, 5 minutos de retenção e armazenamento a 4 °C (75 °C - 5 min - 4 °C). Respeito ao conteúdo das bases voláteis nitrogenadas foi encontrado que nenhum dos tratamentos alcanço níveis de degradação superiores a os aceitados pelas normas técnicas. Ao incrementar-se o período de armazenamento, a dureza e adesividade instrumental apresentaram tendência no aumento, sendo o tratamento 75 °C - 5 min - 4 °C que reportou maior valor de dureza. Para todos os tratamentos foi encontrado que o pH diminui e a sinéresis aumenta a o longo do período de armazenamento.

Palavras chave: carne, textura, vida útil.

Introducción

La carne es uno de los alimentos más nutritivos de consumo humano, debido a su aporte en proteínas, grasas, vitaminas y minerales de alto valor biológico. La carne provee calorías procedentes fundamentalmente de su contenido de lípidos, pero su contribución primordial a la dieta son las proteínas, las vitaminas del complejo B, ácidos grasos y ciertos minerales como hierro, zinc y fósforo (Malavé, 2006).

El consumo de carnes frías en Colombia tiende a incrementarse con el pasar del tiempo, posiblemente debido a la incorporación de nuevas tecnologías que disminuyen el costo del producto y la aplicación de otras que garantizan calidad y mayor vida útil. Para el año 2007, el total del mercado de las carnes frías en Colombia fue de 71.206 toneladas, que corresponden a \$833.404

millones de pesos. La participación del jamón de cerdo y de res es de un 9% (6.408 Ton) respecto al total de la producción y un 13% (\$108.342 millones de pesos) del total de los ingresos generados por su comercialización (Nielsen, 2008).

La calidad es influenciada por muchos factores, como el tecnológico, condiciones de almacenamiento, tipo de corte, composición de la salmuera inyectada, masajeo, tiempo y temperatura de cocción (Delahunty *et al.*, 1997). La calidad puede ser evaluada por varias características sensoriales como apariencia, textura y sabor. Sin embargo, es razonable asumir que existen algunas relaciones entre constituyentes químicos como: agua, proteína, grasa, sal, minerales; y atributos físicos como: terneza, dureza, jugosidad, cohesividad, gomosidad, elasticidad, adhesividad y color (Cheng, 2004).

Las actuales investigaciones apuntan al desarrollo de tecnologías para la elaboración de nuevos productos, extensión de su vida útil y seguridad. La creciente demanda de productos procesados y listos para el consumo, plantea un importante reto para la seguridad alimentaria y ha conducido al desarrollo de tratamientos de cocción que permitan inhibir el crecimiento microbiano, manteniendo las características de calidad y frescura de los alimentos. En este sentido, el control de la temperatura es imprescindible para alcanzar la vida útil que permita una adecuada comercialización del alimento (Simpson *et al.*, 1989). El valor de la temperatura crítica utilizada, está influenciada por la microbiota que predomina en el producto y los factores intrínsecos. Durante la elaboración de productos cárnicos refrigerados y mínimamente procesados, son utilizados tratamientos térmicos moderados, por lo que sobrevive una carga microbiana residual significativa. La elevada actividad de agua (A_w) superior a 0.95 y un pH inferior a 5.8, clasifican estos productos como altamente perecederos (Li y Torres, 1993).

El jamón cocido es un alimento con bajo contenido de sal (2%), valores de pH en torno a 6.0 y actividad de agua superior al 0.95, factores incapaces de inhibir por sí solos los microorganismos relacionados con la contaminación post proceso. La garantía de alimentos seguros para el consumo humano, depende de la aplicación de distintas tecnologías que eliminan los riesgos asociados al deterioro, amplían la vida útil, y conservan las cualidades sensoriales.

El jamón cocido es sometido a un tratamiento térmico suficiente para garantizar su seguridad, sin embargo, cualquier operación posterior de pelado, loncheado, y reenvasado a la que se someta, incrementa los riesgos de contaminación. Durante estas operaciones, diversos microorganismos patógenos procedentes de manipuladores, equipos de fabricación, materias primas y entorno, pueden provocar contaminación cruzada del producto. Cabe destacar la prevalencia de patógenos como *Listeria monocytogenes* en las superficies de los equipos de fabricación en la industria cárnica (Elischerova *et al.*, 1977; Chasseignaux *et al.*, 2001). Además, la capacidad que tienen algunos microorganismos

de crecer a temperaturas de refrigeración en productos como el jamón cocido, que proporciona unas condiciones adecuadas para su crecimiento (Garriga, 2001; Blom *et al.*, 1997), podemos considerar este patógeno como un riesgo para la seguridad de este tipo de productos.

En jamón cocido, se establece un límite de 100 unidades formadoras de colonia por gramo (log UFC/g) para *Listeria monocytogenes* al final de la vida útil del alimento (CE, 2005). Entre los principales organismos causantes del deterioro sensorial de los productos cárnicos empacados al vacío, se encuentran las bacterias ácido lácticas, que causan defectos en atributos como sabor, aroma y textura, debido a la formación de los ácidos acético y láctico, durante el desarrollo de la fase de crecimiento logarítmico y particularmente durante la fase estacionaria (Geornaras *et al.*, 2005; Huis, 1996; Korkeala *et al.*, 1989).

Otro serio problema es la aparición de limo o de una solución viscosa dentro del empaque, producida por varias especies de bacterias ácido lácticas como *Leuconostoc mesenteroides*, *subsp. mesenteroides*, *Leuconostoc amelibiosum*, *Lactobacillus sake* y *Lactobacillus curvatus* (Björk, 2005; Mäkelä *et al.*, 1992; Björkroth *et al.*, 1998). Además, estos procesos microbiológicos y los metabolitos secundarios originados, producen alteraciones de color (decoloración y oscurecimiento), aroma y sabor (rancidez causada por oxidación, lipólisis, radiación, calor, etc.) (Huis, 1996).

El objetivo del presente trabajo fue identificar la influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de un jamón de cerdo cocido, tajado y empacado al vacío, por medio de análisis fisicoquímicos, microbiológicos, texturales y sensoriales.

Materiales y métodos

Fueron utilizados bloques del jamón de 10.7 kg y sometidos a cocción a 82 °C utilizando tres niveles que presentan temperatura interna de 72, 75, 78 °C sostenida durante 5 minutos. El producto cocido fue enfriado a 4 °C y almacenado durante 48

horas entre 2 y 4 °C para finalmente ser almacenado durante 42 días, utilizando dos temperaturas a 4 y 8 °C para cada nivel de temperatura interna de cocción. Finalmente fue tajado y empacado al vacío en unidades de 230 gramos, utilizando un empaque constituido por dos películas, la superior impresa, abre fácil, laminada con alta barrera a los gases, permeabilidad al oxígeno a 23 °C y 0% de humedad relativa de 5 cm²/día, permeabilidad al vapor de agua a 38 °C y 90% de humedad relativa de 8 gm²/día; la inferior con las siguientes especificaciones, espesor de 90 µ, coextruida, alta barrera a los gases, permeabilidad al oxígeno a 23 °C y 0% de humedad relativa de 3 cm²/día, permeabilidad al vapor de agua a 38 °C y 90% de humedad relativa de 6 gm²/día; en salas con condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad de aire controladas.

En la tabla 1 es presentada la distribución de las tres temperaturas de cocción interna, la duración del tiempo de cocción y la temperatura de almacenamiento utilizadas, así como la temperatura de los dos patrones planteados como referencia, determinados como absoluto (H) almacenado a 0 °C y relativo (G) almacenado en estado ambiente, con el fin de identificar cambios no esperados causados por el almacenamiento, manteniendo una comparación continua y directa con el producto recién elaborado, la información esta acompañada de una letra identificando cada tratamiento. En la tabla 2 es presentada la información de los análisis instrumentales, fisicoquímicos, microbiológicos y de color realizados a las muestras de los tratamientos e identificados igualmente con una letra, para facilitar el manejo de la información.

Tabla 1. Tratamientos utilizados durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento del jamón de cerdo.

Temperatura de cocción (°C)	Tiempo de sostenimiento cocción (min.)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tratamiento
72	5	4	A
72	5	8	B
75	5	4	C
75	5	8	D
78	5	4	E
78	5	8	F
72	0	Medio ambiente	Relativo G
72	0	0	Absoluto H

Tabla 2. Variables analizadas durante el proceso de cocción y almacenamiento del jamón de cerdo.

Variables	Descriptor
Adhesividad Instrumental	AI
Adhesividad Sensorial	AS
Dureza instrumental	DI
Dureza sensorial	DS
Grado de acidez o alcalinidad	pH
Sinéresis	S
Mesófilos	MM
Bacterias Ácido Lácticas	BAL
Lysteria monocytogenes	LY
Salmonella	SA
Color	Luminosidad: L* Rojo - verde: a* Amarillo - Azul: b*

La materia prima utilizada para la elaboración del jamón cocido fue: carne de cerdo seleccionada, sal (NaCl), nitrito de sodio (NaNO_2), eritorbato de sodio, tripolifosfato de sodio, almidón de trigo, aislado de soya, lactato de sodio, color carmín de cochinilla, carragenina y agua.

Análisis microbiológicos

Se analizaron las muestras para cada sistema de cocción y cada temperatura de almacenamiento, así como para una muestra patrón fresca y la muestra patrón almacenada a 0 °C durante los días 0, 7, 14, 22, 30, 34, 38, 40 y 42 realizando conteos por triplicado de microorganismos aerobios mesófilos, bacterias ácido lácticas, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*.

Determinación de Listeria monocytogenes

La detección del microorganismo se realizó mediante la técnica VIDAS la cual es una metodología que permite la detección de antígenos de *Listeria monocytogenes* por el método ELFA (Enzimed Linked Fluorescent Assay), avalado por la Norma Técnica Colombiana NTC 4666 (1999-08-25) (Icontec, 2004). Para los análisis se tomaron 10 g de muestra, se homogeneizaron con 90 ml de caldo Half Fraser, se incubó a 30 ± 2 °C durante 25 ± 1 h. Se transfirió 1 ml del enriquecimiento anterior a un tubo con 10 ml de caldo Fraser, se incubó a 30 ± 2 °C durante 25 ± 1 h y se realizó el ensayo VIDAS. El cálculo de los valores relativos de fluorescencia VRF obtenido para cada muestra es interpretado por el sistema VIDAS de la siguiente forma:

Valor del test: VRF muestra / RFV estándar

Determinación Salmonella

Se trabajó mediante el método VIDAS Salmonella, aprobado por AFNOR (BIO 12/16-09/05) (AFNOR, 2008) descrito en la norma ISO 6579 validada por los Métodos oficiales AOAC 996.08 y 2004.03, el cual es un análisis inmunoenzimático que permite la detección de antígenos de *Salmonella* por el método ELFA (Enzimed Linked Fluorescent Assay).

Se realizó un preenriquecimiento añadiendo 25 g/ml de muestra a 225 ml de agua peptonada

tamponada, se homogeneizó y se incubó a 37 ± 2 °C durante 24 a 26 h; un enriquecimiento, transfiriendo 0.1 ml del caldo de pre-enriquecimiento en 10 ml de Caldo Salmonella Xpress (SX) fue incubada a 41.5 ± 1 °C durante 24 a 26 h, se homogeneizó posteriormente y se transfirieron 1 a 2 ml del caldo SX en un tubo, se cerró herméticamente y se colocó al baño María a 100 °C durante 15 min y luego se dejó enfriar. Se conservó el caldo restante a 2 – 8 °C para realizar la prueba confirmativa. Finalmente se transfirieron 500 µL de caldo en el cartucho SLM y se procedió a realizar la lectura en el equipo. El cálculo de los valores relativos de fluorescencia VRF obtenido para cada muestra es interpretado por el sistema VIDAS de la siguiente forma:

Valor del test: VRF muestra / RFV estándar

Recuento de bacterias ácido lácticas y de microorganismos aerobios mesófilos

Se trabajó según el método establecido en el manual de técnicas para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano (INVIMA, 1998). La muestra se preparó pesando 10 g del jamón y diluyéndolo en 90 ml de agua peptonada, se transfirieron alícuotas de 1 ml de cada una de las diluciones en cajas de petri estériles y en ellas se vertió 15 ml de agar APT fundido y mantenido a 45 °C. Se mezcló el inóculo con el medio de cultivo fundido. Se realizó control de esterilidad del medio de cultivo incubando una caja con agar APT. Se hizo control de esterilidad del agua peptonada 0.1%, incubando una caja que contenía 1 ml de agua peptonada y agar APT. Se invirtieron las placas y se incubaron a 35 ± 2 °C durante 48 a 72 h. La lectura se realizó identificando las colonias moradas como mesófilos y las colonias amarillas como bacterias ácido lácticas.

Determinación de bases volátiles nitrogenadas

Se realizó siguiendo la metodología propuesta para la determinación de proteínas por la AOAC (Asociación de Métodos oficiales de Análisis) (ICONTEC, 2004), la cual es avalada por la Norma técnica colombiana NTC 1556, usando un destilador Büchi (BÜCHI Labortechnik, Meierseggsstrasse Postfach, Switzerland). Para los

análisis se molió cada unidad muestral de 230 g en un procesador de alimentos Kitchen Gourmet Electric Food Processor (Toronto, Canada), se transfirieron 10 g de la muestra a un erlenmeyer con 50 ml de agua destilada, se homogenizaron y se transfirieron al tubo destilador, se adicionaron 100 ml más de agua destilada, una pastilla de

óxido de magnesio y 2.5 ml de Octanol al 5%, se pesaron 25 ml de ácido bórico al 3% para realizar destilación de la muestra en el equipo, se realizó la destilación por 10 minutos y finalmente se tituló con ácido sulfúrico 0.1 N, se determinó el contenido de nitrógeno presente en la muestra mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de nitrógeno(N)} = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times 0.1\text{N} \times 14 \text{ meq} \times \text{PM} \times 1000}{10\text{g}}$$

PM: peso de la muestra

ml H₂SO₄: mililitros de H₂SO₄ gastados en la titulación de la muestra

0.1N: Normalidad del ácido sulfúrico H₂SO₄

Medición del color

La medición del color se realizó siguiendo las recomendaciones dadas por la American Meat Science Association basada en la teoría de los colores opuestos (Hunt *et al.*, 1991). Los parámetros de color del jamón fueron medidos usando un colorímetro Minolta CM2600d (Konica Minolta, Japón), con iluminante D65 y observadores estándar a 0°.

Determinación del pH

Fue determinado utilizando un potenciómetro Microprocessor pH meter pH-211 Hanna Instruments (Illinois, USA), provisto de una sonda de penetración Hanna Part FC200B. Las mediciones se realizaron introduciendo la sonda en el interior del jamón, en tres puntos equidistantes de cada unidad muestral.

Determinación de la actividad de agua (Aw)

Fue determinada utilizando un higrómetro Aqua Lab Mod. CX-2 (Washington USA) a 25 °C. Para la evaluación las muestras fueron trituradas utilizando un procesador de alimentos Kitchen Gourmet Electric Food Processor (Toronto, Canada) utilizando 5 gramos de la muestra en la celda de lectura.

Determinación instrumental de la dureza y la adhesividad

Muestras del jamón fueron cortadas en cilindros de 20 x 30mm utilizando un cortador

de acero inoxidable (Premac, Itagüí, Colombia). Las mediciones fueron realizadas por medio de un textuómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Vienna Court, UK) provisto con una celda de carga de 25 kg y una sonda de 20 mm de diámetro SMSP/20. Las condiciones de operación fueron: velocidad de pre-ensayo 2 mm/s, velocidad de ensayo 10 mm/s, velocidad pos-ensayo 5 mm/s y tiempo entre compresión de 1 seg. Las muestras del jamón se comprimieron uniaxialmente un 75% de la altura original en dirección perpendicular a las fibras musculares (Válková *et al.*, 2007)

Determinación de la sinéresis

La determinación del contenido de agua desalojada se realizó por diferencia de peso utilizando una balanza digital Metter Toledo PL 3001 – S (Missouri, USA.). Mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de agua(g)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}}$$

Análisis Estadístico

Para el estudio del efecto de los tratamientos sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón cocido, se utilizó ANOVA de una vía sobre los resultados. La diferencia entre la media de los valores de los diferentes tratamientos fue determinado por el test de comparación múltiple de Duncan, y el nivel de significancia estadística adoptado fue de p<0.05.

Resultados

Análisis microbiológico, bases volátiles totales de nitrógeno BVT-N y color

Los resultados del análisis microbiológico (mesófilos y bacterias ácido lácticas), bases volátiles nitrogenadas y color se presentan en la tabla 3, en donde se observa diferencia significativa ($p < 0.001$) en cada una de estas variables entre los tratamientos

evaluados. El tratamiento C (75 °C - 5min - 4 °C) reportó un menor recuento de mesófilos y bacterias ácido lácticas, parámetros que lo presentan como el más estable entre los tratamientos de jamones mantenidos a temperatura de almacenamiento de 4 °C. Mientras que los mantenidos a temperaturas de 8 °C reportan un recuento superior al establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 1325 (IV) (ICONTEC, 1998).

Tabla 3. Análisis para bacterias mesófilas, bacterias ácido lácticas, bases volátiles nitrogenadas BVT-N y color del jamón de cerdo durante el proceso de cocción y almacenamiento.

Parámetro	Tratamiento						
	H	A	B	C	D	F	G
	72-0-0	72-5-4	72-5-8	75-5-4	75-5-8	78-5-4	78-5-8
Mesófilos (logUFC/g)	2.51 ^c ± 0.22	1.91 ^b ± 0.21	5.17 ^f ± 0.21	1.72 ^a ± 0.21	4.67 ^e ± 0.21	1.95 ^b ± 0.21	5.61 ^g ± 0.21
BAL (logUFC/g)	1.62 ^a ± 0.25	1.41 ^a ± 0.23	5.26 ^e ± 0.23	1.28 ^a ± 0.23	4.53 ^c ± 0.23	1.32 ^a ± 0.23	4.87 ^d ± 0.23
BVT-N (mg/100g)	8.36 ^d ± 0.27	8.21 ^d ± 0.27	9.26 ^f ± 0.27	7.62 ^c ± 0.27	8.94 ^e ± 0.27	6.46 ^b ± 0.27	7.70 ^e ± 0.27
Color							
L*	61.07 ^b ± 0.28	62.51 ^f ± 0.16	62.63 ^g ± 0.16	62.36 ^e ± 0.16	62.08 ^d ± 0.16	61.83 ^c ± 0.16	61.93 ^c ± 0.16
a*	8.79 ^c ± 0.06	9.29 ^d ± 0.06	8.72 ^c ± 0.06	8.63 ^b ± 0.06	8.78 ^c ± 0.06	8.50 ^a ± 0.06	8.66 ^b ± 0.06
b*	10.64 ^b ± 0.22	10.81 ^c ± 0.14	10.52 ^b ± 0.13	10.57 ^b ± 0.13	10.66 ^b ± 0.13	10.35 ^a ± 0.13	10.64 ^b ± 0.13

Letras diferentes entre columnas presentan diferencia significativa.

En la figura 1, el cambio en el color de todos los tratamientos ocurre progresivamente con respecto al tiempo de almacenamiento. La coordenada L* es considerada como el parámetro que gobierna la calidad de los productos cárnicos y es un buen predictor de la intensidad visual del color rosado característico, en tanto que la coordenada a* es el parámetro más sensible de medición del color (García *et al.*, 2003; Brewer *et al.*, 2001).

Con base en lo observado en la tabla 3 se define continuar los análisis con los tratamientos 3 y 4, ya que el calentamiento del producto hasta 75 °C, con un tiempo de sostenimiento en cocción de 5 minutos es más estable a nivel microbiológico, mientras que los tratamientos A y B son menos estables. Los tratamientos E y F presentan alteraciones en la textura, esto se debe probablemente al

almacenamiento a 8 °C que genera crecimiento acelerado de microorganismos, además a esta temperatura de refrigeración la vida útil del producto es reducida a 21 días, correspondiendo a la mitad del tiempo estudiado, coincidiendo con otros trabajos (Simpson *et al.*, 1989).

En la figura 2, se observa el comportamiento respecto al tiempo de almacenamiento de las bacterias mesófilas, ácido lácticas y BVT, para los tratamientos C (75 °C - 5 min - 4 °C) y D (75 °C - 5 min - 8 °C). El tratamiento D muestra mayor inestabilidad microbiológica, debido al elevado recuento de bacterias mesófilas y ácido lácticas después del día 7 de almacenamiento. Esto se debe probablemente al almacenamiento a 8 °C que genera crecimiento acelerado de microorganismos.

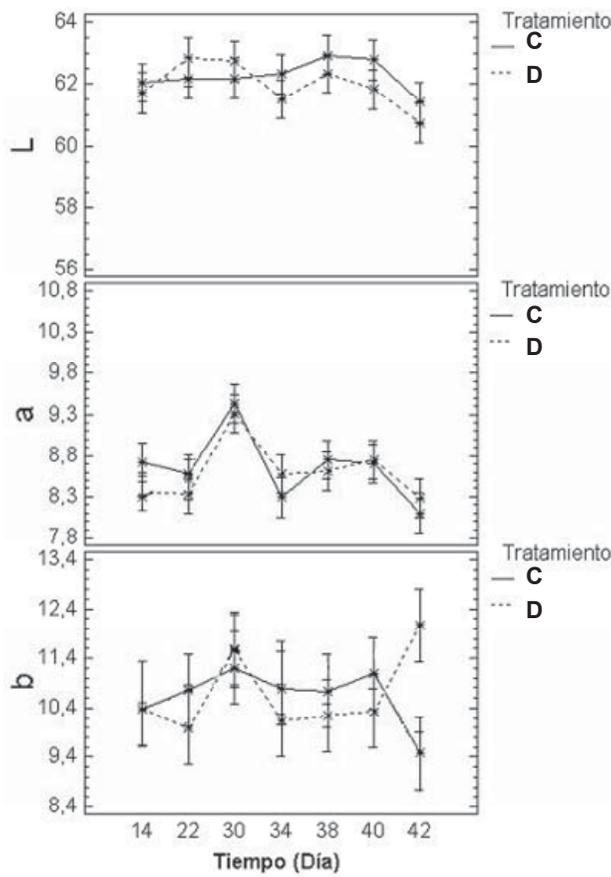


Figura 1. Análisis de color del jamón durante el proceso de cocción y almacenamiento para las coordenadas L*, a* y b*.

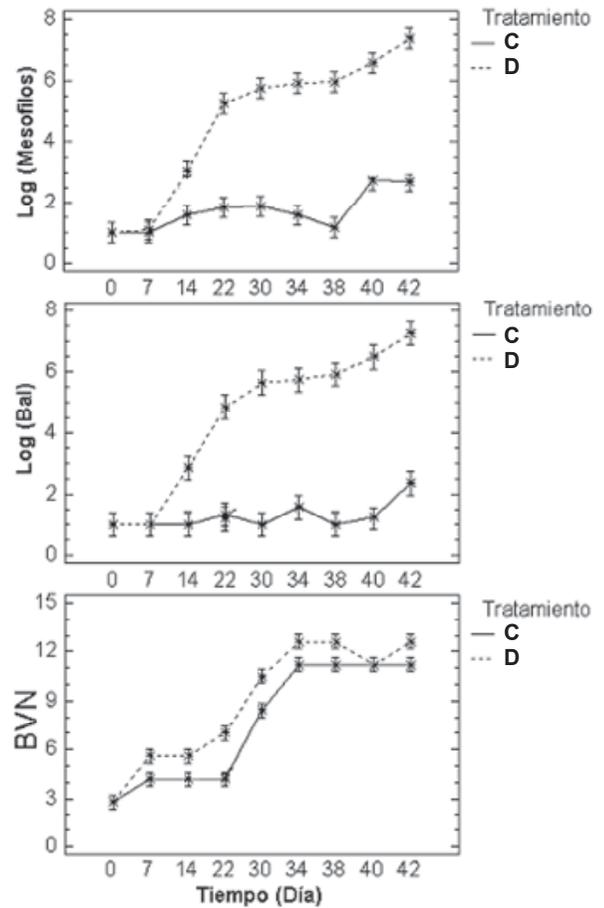


Figura 2. Análisis para bacterias mesófilas, bacterias ácido lácticas y bases volátiles nitrogenadas BVT-N del jamón durante el proceso de cocción y almacenamiento.

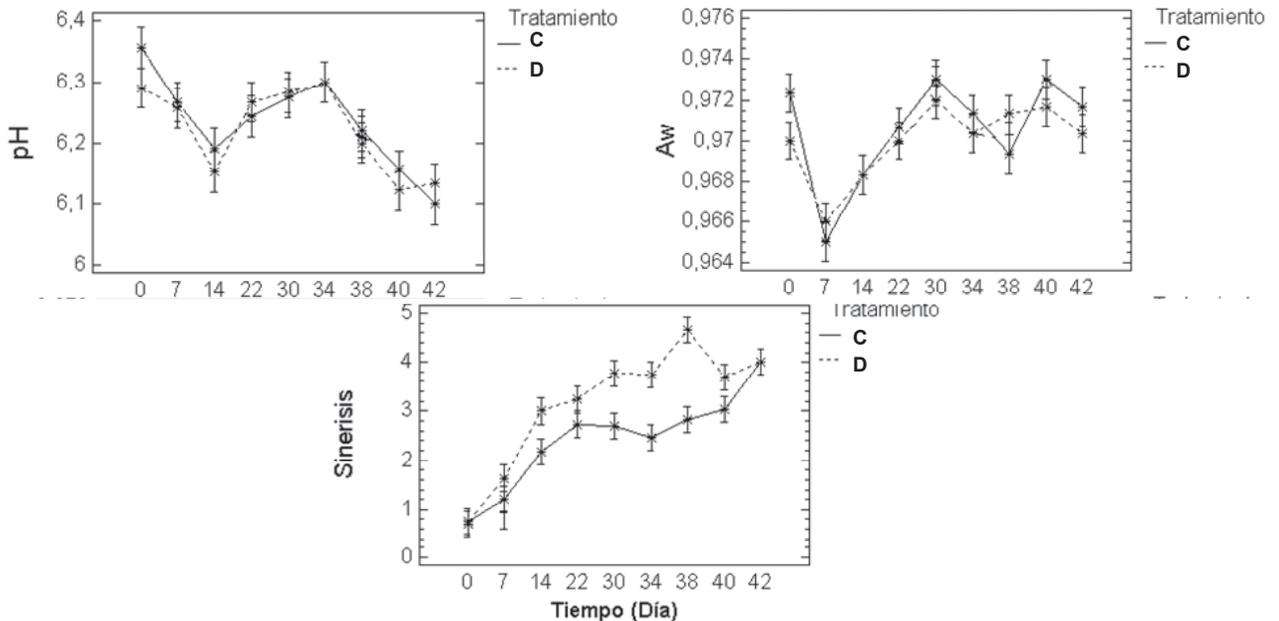


Figura 3. Análisis pH, A_w y sinéresis del jamón de cerdo cocido durante el proceso de almacenamiento.

El análisis de BVT-N, muestra para los tratamientos C y D condiciones óptimas de frescura hasta el día 30 y 22 respectivamente, de allí en adelante la calidad es considerada aceptable, coincidiendo con lo reportado por García *et al.*, (2003).

En la tabla 4 son mostrados la relación de los valores de los análisis microbiológicos, bases volátiles nitrogenadas y color, para los tratamientos C y D. Fue encontrado diferencia significativa ($p < 0.001$) respecto al periodo de almacenamiento

para cada una de las variables respuesta. Es observado que el tratamiento C es el más estable microbiológicamente, ya que entre grupos no fue encontrada diferencia estadísticamente significativa en los primeros 38 días del seguimiento.

De otra parte, no fueron observados cambios representativos en los tratamientos C y D respecto a la coordenada L*, pero si en las coordenadas a* y b*, las cuales presentan incremento en el día 30 (Figura 1).

Tabla 4. Comparaciones múltiples para análisis de bacterias mesófilas, bacterias ácido lácticas, bases volátiles nitrogenadas y color del jamón durante el proceso de cocción y almacenamiento para los tratamientos 3 y 4.

Parámetro	Tiempo de almacenamiento (días)								
	0	7	14	22	30	34	38	40	42
Mesófilos (Log UFC/g) Tto C	1.00 ^a ± 0.34	1.00 ^a ± 0.34	1.58 ^a ± 0.34	1.82 ^a ± 0.34	1.89 ^a ± 0.34	1.57 ^a ± 0.34	1.16 ^a ± 0.34	2.76 ^b ± 0.34	2.71 ^b ± 0.34
Mesófilos (Log UFC/g) Tto D	1.00 ^a ± 0.10	1.10 ^a ± 0.10	3.06 ^b ± 0.10	5.24 ^c ± 0.10	5.76 ^d ± 0.10	5.90 ^d ± 0.10	5.96 ^d ± 0.10	6.59 ^e ± 0.10	7.39 ^f ± 0.10
BAL (Log UFC/g) Tto C	1.00 ^a ± 0.27	1.00 ^a ± 0.27	1.00 ^a ± 0.27	1.33 ^a ± 0.27	1.00 ^a ± 0.27	1.57 ^a ± 0.27	1.00 ^a ± 0.27	1.23 ^a ± 0.27	2.36 ^b ± 0.27
BAL (Log UFC/g) Tto D	1.00 ^a ± 0.10	1.00 ^a ± 0.10	2.86 ^b ± 0.10	4.84 ^c ± 0.10	5.63 ^d ± 0.10	5.74 ^d ± 0.10	5.92 ^d ± 0.10	6.49 ^e ± 0.10	7.25 ^f ± 0.10
BVT-N (mg/100g) Tto C	2.8 ^a ± 0.1	4.2 ^b ± 0.1	4.2 ^b ± 0.1	4.2 ^b ± 0.1	8.4 ^c ± 0.1	11.2 ^d ± 0.1	11.2 ^d ± 0.1	11.2 ^d ± 0.1	11.2 ^d ± 0.1
BVT-N (mg/100g) Tto D	2.8 ^a ± 0.1	5.6 ^b ± 0.1	5.6 ^b ± 0.1	7.0 ^c ± 0.1	9.8 ^d ± 0.1	12.6 ^e ± 0.1	12.6 ^e ± 0.1	12.6 ^e ± 0.1	12.6 ^e ± 0.1
Color									
L* Tto C	—	—	62.05 ^b ± 0.45	62.19 ^b ± 0.45	62.18 ^b ± 0.45	62.33 ^b ± 0.45	62.94 ^c ± 0.45	62.79 ^b ± 0.45	61.41 ^a ± 0.45
L* Tto D	—	—	61.82 ^b ± 0.48	62.86 ^c ± 0.48	62.74 ^c ± 0.48	61.52 ^b ± 0.48	62.34 ^c ± 0.48	61.83 ^b ± 0.48	60.74 ^a ± 0.48
a* Tto C	—	—	8.72 ^c ± 0.18	8.58 ^b ± 0.18	9.43 ^d ± 0.18	8.29 ^b ± 0.18	8.75 ^c ± 0.18	8.70 ^c ± 0.18	8.10 ^a ± 0.18
a* Tto D	—	—	8.36 ^a ± 0.16	8.32 ^a ± 0.16	8.31 ^a ± 0.16	8.58 ^a ± 0.16	8.61 ^a ± 0.16	8.75 ^a ± 0.16	8.28 ^a ± 0.16
b* Tto C	—	—	10.36 ^b ± 0.18	10.76 ^c ± 0.18	11.20 ^d ± 0.18	10.79 ^c ± 0.18	10.74 ^c ± 0.18	11.10 ^d ± 0.18	9.48 ^a ± 0.18
b* Tto D	—	—	10.37 ^a ± 0.87	9.98 ^a ± 0.87	11.55 ^a ± 0.87	10.14 ^a ± 0.87	10.24 ^a ± 0.87	10.33 ^a ± 0.87	12.07 ^a ± 0.87

* Letras diferentes entre columnas presenta diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla 5. Comparaciones múltiples de Duncan para prueba textural, fisicoquímica y sensorial respecto a los tratamientos.

Parámetro	Tratamiento						
	H	A	B	C	D	F	G
	72-0-0	72-5-4	72-5-8	75-5-4	75-5-8	78-5-4	78-5-8
Prueba Fisicoquímica							
A _w	0.974 ^d ± 0.0004	0.971 ^c ± 0.0004	0.970 ^b ± 0.0004	0.970 ^b ± 0.0004	0.970 ^b ± 0.0004	0.969 ^a ± 0.0004	0.969 ^a ± 0.0005
pH	6.27 ^d ± 0.01	6.23 ^b ± 0.01	6.18 ^a ± 0.01	6.23 ^c ± 0.01	6.22 ^b ± 0.01	6.22 ^b ± 0.01	6.17 ^a ± 0.01
Sinéresis	15.37 ^d ± 0.54	2.07 ^b ± 0.51	2.83 ^c ± 0.51	2.43 ^b ± 0.51	3.17 ^c ± 0.51	2.62 ^c ± 0.51	3.33 ^c ± 0.51
Prueba sensorial							
Dureza	3.5 ^c	2.9 ^b	3.0 ^c	3.2 ^c	3.3 ^c	3.5 ^c	3.6 ^c
Adhesividad	2.1 ^a	2.8 ^d	2.8 ^d	2.7 ^b	2.8 ^d	2.7 ^c	2.7 ^c

Letras diferentes entre columnas presenta diferencia significativa (p<0.05).

Tabla 6. Comparaciones múltiples para análisis de textura, fisicoquímico y sensorial del jamón para tratamiento 3 y 4 de cocción, retención y refrigeración durante 42 días de almacenamiento.

Parámetro	Tiempo de almacenamiento								
	0	7	14	22	30	34	38	40	42
Prueba textural									
Dureza (g) Tto C	5732.47 ^a ± 664.43	8914.13 ^c ± 664.43	6918.57 ^b ± 664.43	10027.00 ^e ± 664.43	9353.77 ^d ± 664.43	8602.23 ^c ± 664.43	10412.20 ^e ± 664.43	8952.77 ^c ± 664.43	11729.20 ^f ± 664.43
Dureza (g) Tto D	13782.90 ^a ± 2792.31	5725.23 ^a ± 2792.31	9139.43 ^a ± 2792.31	10166.30 ^a ± 2792.31	9132.80 ^a ± 2792.31	8763.00 ^a ± 2792.31	8921.90 ^a ± 2792.31	9809.67 ^a ± 2792.31	9549.77 ^a ± 2792.31
Adhesividad (gxs) Tto C	-26.70 ^b ± 8.74	-29.03 ^b ± 8.74	-29.80 ^b ± 8.74	-30.63 ^b ± 8.74	-20.23 ^a ± 8.74	-49.17 ^c ± 8.74	-51.13 ^c ± 8.74	-39.77 ^b ± 8.74	-48.60 ^b ± 8.74
Adhesividad (gxs) Tto D	-39.30 ^c ± 5.74	-40.60 ^c ± 5.74	-32.67 ^b ± 5.74	-22.40 ^a ± 5.74	-38.10 ^c ± 5.74	-34.97 ^b ± 5.74	-48.77 ^d ± 5.74	-49.23 ^d ± 5.74	-54.30 ^e ± 5.74
Prueba Físico-química									
A _w Tto C	0.972 ^f ± 0.0006	0.965 ^a ± 0.0006	0.968 ^b ± 0.0006	0.971 ^d ± 0.0006	0.973 ^g ± 0.0006	0.971 ^e ± 0.0006	0.969 ^c ± 0.0006	0.973 ^g ± 0.0006	0.972 ^f ± 0.0006
A _w Tto D	0.971 ^c ± 0.0006	0.966 ^a ± 0.0006	0.968 ^b ± 0.0006	0.970 ^c ± 0.0006	0.972 ^d ± 0.0006	0.970 ^c ± 0.0006	0.971 ^d ± 0.0006	0.972 ^d ± 0.0006	0.970 ^c ± 0.0006
pH Tto C	6.36 ^g ± 0.026	6.27 ^e ± 0.026	6.19 ^c ± 0.026	6.24 ^e ± 0.026	6.27 ^e ± 0.026	6.30 ^f ± 0.026	6.22 ^d ± 0.026	6.16 ^b ± 0.026	6.10 ^a ± 0.026
pH Tto D	6.29 ^d ± 0.018	6.26 ^d ± 0.018	6.15 ^b ± 0.018	6.27 ^d ± 0.018	6.28 ^d ± 0.018	6.30 ^d ± 0.018	6.20 ^c ± 0.018	6.12 ^a ± 0.018	6.13 ^a ± 0.018
Sinéresis Tto C	0.75 ^a ± 0.19	1.20 ^a ± 0.19	2.17 ^b ± 0.19	2.73 ^c ± 0.19	2.70 ^c ± 0.19	2.47 ^c ± 0.19	2.83 ^d ± 0.19	3.03 ^d ± 0.19	4.00 ^e ± 0.19
Sinéresis TtoD	0.75 ^a ± 0.23	1.63 ^b ± 0.23	3.00 ^c ± 0.23	3.23 ^d ± 0.23	3.77 ^f ± 0.23	3.73 ^f ± 0.23	4.67 ^h ± 0.23	3.70 ^e ± 0.23	4.00 ^g ± 0.23
Prueba sensorial									
Dureza Tto C	3,4 ^c	3,1 ^b	3,2 ^b	3,0 ^b	3,3 ^b	3,2 ^b	3,3 ^b	3,3 ^b	2,9 ^a
Dureza Tto D	3,7 ^d	3,4 ^c	3,2 ^b	3,2 ^b	3,3 ^b	3,2 ^b	3,1 ^a	3,3 ^b	3,1 ^a
Adhesividad Tto C	2,2 ^a	2,5 ^b	2,7 ^c	2,7 ^c	2,7 ^c	2,7 ^c	2,9 ^d	2,9 ^d	3,0 ^e
Adhesividad Tto D	2,6 ^a	2,8 ^b	2,6 ^a	2,6 ^a	2,7 ^a	2,8 ^b	2,8 ^b	2,7 ^a	3,2 ^c

a, b, c, d, e, f, g Letras diferentes entre columnas presenta diferencia significativa (p<0.05).

Análisis fisicoquímico y sensorial

Los resultados de los análisis fisicoquímico, sensorial e instrumental se presentan en la tabla 5. Fue encontrada diferencia significativa ($p < 0.05$) en los tratamientos evaluados. Los tratamientos C y D no presentaron diferencia significativa en A_w , adhesividad y dureza sensorial.

Para el último día del almacenamiento, el tratamiento C fue el que reportó mayor valor de dureza. Este incremento fue proporcional al incremento de la sinéresis y concuerda con lo obtenido por otros autores donde establecen que la dureza en jamones es incrementada respecto al periodo de almacenamiento (Tabla 6) (Waites, 1988).

En la figura 3 los parámetros fisicoquímicos evaluados muestran la reducción del pH respecto al tiempo de almacenamiento y el aumento de la sinéresis. El A_w permanece con fluctuaciones aleatorias, que estadísticamente no fueron significativas. Además el valor de la dureza disminuye, mientras la adhesividad aumenta durante los 42 días de almacenamiento del producto (Tabla 6).

Discusión

Relación de resultados microbiológico, bases volátiles totales de nitrógeno BVT-N y color

Según decreto 29210 MAG-MEIC (Reglamento técnico de límites máximos permitidos para residuos tóxicos y recuentos microbiológicos para productos alimenticios) (SENASA, 2003), se establece que para consumo humano es aceptado un nivel de bases volátiles de hasta un 20% como aceptable. Para el caso de los datos que son presentados en la tabla 3, podría decirse que ninguno de los tratamientos, llegó hasta niveles de degradación que superaran estos valores durante el tiempo observado. Estudios realizados por otros autores demostró que este tipo de productos son rechazados por el consumidor cuando el recuento en bacterias ácido lácticas y mesófilas alcanzan un valor de Log 6 log UFC/g (Young et al., 2002), además el almacenamiento a 8 °C acorta la durabilidad del jamón cocido para el tratamiento 4 a 30 días.

En lo relacionado con los resultados con los parámetros de color, estudios realizados con consumidores reportan preferencias en productos de un color más ligero, con menos intensidad de color rojo (Ulrike et al., 2001), es decir, con un mayor valor de L^* y un menor valor de a^* . Los tratamientos C y D presentan menor intensidad de la coordenada de color a^* en el último día de almacenamiento (Figura 1), coincidiendo con otros autores donde establecen que bajo estas condiciones, existen altas probabilidades que el producto sea rechazado por los consumidores (Dvorak et al., 2001; Norman et al., 2003). En lo referente al análisis de BVT-N nuestros resultados coinciden con otros estudios donde encuentran para productos cárnicos, incrementos en los valores de BVT-N durante el tiempo de almacenamiento (Young et al., 2002).

Análisis fisicoquímico y sensorial

El valor de la adhesividad se incrementa con relación a los días de almacenamiento, para los tratamientos C y D, los mayores valores se observan específicamente en los últimos días del período de almacenamiento. Este incremento en la adhesividad puede estar relacionado con los cambios a nivel microbiológico que se dan en el producto, especialmente por el desarrollo de bacterias ácido lácticas. Ello concuerda con la investigación realizada por otros autores en microbiología de productos cárnicos (Waites, 1988).

En el presente estudio encontró que el pH disminuye y la sinéresis aumenta a medida que transcurre el periodo de almacenamiento, conclusión acorde con estudios realizados en jamón cocido por otros autores (Arnau y Casademont, 1987). Al incrementarse el periodo de almacenamiento, la dureza y la adhesividad instrumental presentan a nivel general tendencia al aumento. El incremento en la dureza es debido a la pérdida de humedad dentro de la estructura, y al desarrollo de bacterias ácido lácticas en la superficie de las tajadas del jamón que incrementan a su vez la adhesividad, ello concuerda con los resultados obtenidos por otros autores en investigaciones sobre calidad

microbiológica de productos cárnicos refrigerados (Simpson *et al.*, 1989; Garriga, 2001). Las bajas fluctuaciones de A_w encontradas en el presente estudio posiblemente es debido a la concentración constante de solutos, la impermeabilidad del material de empaque, así como la estabilidad de las macromoléculas dentro de la matriz cárnica (Badui, 2006).

Referencias

- AFNOR BIO 12/16 09/05. Afnor validation European certification for microbiological test kits. Brussels, 2008.
- Arnau J, Casademont G. El envasado del jamón. Capítulo I: Parámetros fisicoquímicos en jamón curado deshuesado y envasado al vacío. Girona, España: IRTA; 1987:p. 71-76.
- Badui, D. S. Química de los alimentos. México: Pearson Educación S.A de C.V.; 2006:p. 21-25.
- Björk J Microbial ecology of marinated meat products. *Meat science* 2005; 70:447-480.
- Björkroth J, Hielm S, Hyytiä E, Korkeala H. Prevalence of *Clostridium botulinum* in finnish trout farms: Pulsed-field gel electrophoresis typing reveals extensive genetic diversity among type E isolates. *Environ Microbiol* 1998; 64:4161-4167.
- Blom H, Nerbrink E, Dainty R, Hagtvedt T, Borch E, Nissen H, Nesbakken T. Addition of 2.5% lactate and 0.25% acetate controls growth of *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed, sensory-acceptable serelat sausage and cooked ham stored at 4°C. *Int J Food Microbiol* 1997; 38:71-76.
- Brewer MS, Zhu LG, Bidner B, Meisinger DJ, McKeith FK. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science* 2001; 57:176-196.
- CE. Commission Regulation (CE) N° 2073/2005 of November 2005 on microbiological criteria of foodstuffs. Official Journal of the European Union L338, 1-26.
- Chasseignaux E, Toquin M T, Ragimbeau C, Salvat G, Colin P, Ermel G. Molecular epidemiology of *Listeria monocytogenes* isolates collected from the environment, raw meta and raw products in two poultry and pork processing plants. *J Appl Microbiol* 2001; 91:888-899.
- Delahunty CM, McCord. A, O'Neill. E, Morrissey PA. Sensory characterization of cooked hams by untrained consumers using free-choice profiling. *Food Qual prefer* 1997; 8:381-388.
- Dvorak P, Musilova H, Svarcova I. On line measurements of colour of pork. *Fleischwirtschaft inter* 2001; 2:89-91.
- Elischerova K, Havlikova G, Stupalova S, Glasnar I. *Listeria monocytogenes* isolation at work places in the meat industry cesk. *Epidemiol Microbiol Imanol* 1977; 25:326-332.
- García EM, Ansorena D, Gimeno O, Astiasaran I. Compararison of modified atmoshere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry cured ham: Effects on colours, texture and microbiological quality. *Meat Science* 2003; 67:57-63.
- Garriga M. Bacterias Lácticas para evitar la viscosidad en productos cárnicos cocidos loncheados: Un ejemplo de bioprotección. *Eurocarne* 2001, 96:67-71.
- Geornaras I, Belk KE, Scanga JA, Kendall PA, Smith GC, Sofos JN. Postprocessing antimicrobial treatments to control *Listeria monocytogenes* in commercial vacuum packaged bologna and ham stored at 10 °C. *Food Microbiology* 2005; 68:991-998.
- Huis in't Veld JHJ. Microbial and biochemical spoilage of foods: on review. *J Food Microbiol* 1996; 33:1-18.
- Hunt JC, Acton RC, Benedictic CR, Calkins DP, Cornforth LE, Jeremiah DG, Olson CP, Salm JW, Savell SD. Guidelines for meat colour evaluation. *Amsa Publications* 1991; 44:317.
- ICONTEC Norma Técnica Colombiana NTC 1556. Carne y productos cárnicos. Método para determinar el contenido de nitrógeno. 2004.
- ICONTEC Norma Técnica Colombiana. NTC 4666 Microbiología de alimentos y alimentos para animales. método horizontal para la detección de *Listeria monocytogenes* 2004.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 1325 Productos Cárnicos Procesados No Enlatados. Bogotá: ICONTEC; 1998.
- INVIMA Instituto Nacional de Vigilancia de alimentos y medicamentos. Título de la ley, decreto, acuerdo, etc., motivo de la expedición. Bogotá: INVIMA; 1998.
- Korkeala H, Alanko T, Mäkelä P, Lindroth S. Shetf life of vacuum packed cooked ring sausages at different chill temperatures. *J Food Microbiol* 1989; 9:237-247.
- Li KY, Torres JA. Effects of temperature and solute on the minimum water activity for grow and temperature characteristic of selected mesophiles and psychrotrophs. *J food proc and preserv* 1993; 17:305 -318.
- Mäkelä P, Schillinger U, Korkeala H, Holzapfel WH. Classification of ropy slime producing lactic acid bacteria based on DNA. DNA homology, and identification on *Lactobacillus* sake as dominant spoilage organisms in meat products. *J Food Microbiol* 1992; 16:167-172.

- Malavé L, Ana M. Determinación del largo de vida útil de masitas de cerdo marinadas y empacadas al vacío. 787 kb. Tesis de maestría. Universidad de Puerto Rico. Recinto universitario de Mayagüez. 2006, 10-12.
- Nielsen Retail Measurement Services. Estudios de medición de mercados en Colombia. Diciembre-Enero, 2008.
- Norman JL, Berg EP, Heymann H, Lorenzen CL. Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness consumer acceptance. *Meat science* 2003; 65:927-933.
- Qiaofen C, Da-Wen S. Quality of pork ham as affected by locations within sample. Cooking methods and storage. *J Food Engineer* 2004; 65:551-556.
- SENASA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Decreto 29210 MAG MEIC. Reglamento técnico límites máximos permitidos. para residuos tóxicos y recuentos microbiológicos para los productos alimenticios. Ed. Senasa; 2003.
- Simpson R, Li KY, Torres JA. A management tool to improve the microbial quality of refrigerated foods. In proceedings of the international conference on technical innovations in freezing and refrigeration of fruits and vegetables. Davis, California; 1989: 9-12, EUA.
- Ulrike L, Lahtinen J, Fredriksson A, Hyytiä T, Elfing K, Korkeala H. Microbiological quality and shelf life of vacuum packaged "gravid" rainbow trout stored at 3 and 8 °C. *J Food Microbiol* 2001; 70:221-230.
- Válková VA, Saláková AH, Buchtová HB Tremlová B. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Science* 2007; 77:608-615.
- Waites WM. Meat microbiology: a reassessment. In developments in Meat Science. Elsevier Appl Sci 1988; 4:317-333.
- Young CL, Hyung-Bus Y, Dong-Ho K. Shelf-Life determination of precooked Frozen Pork Meat Patties at Various Temperatures. *J Food Proc Preserv* 2002; 26:165-177.