

**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**

Luis Eduardo Sabillón Galeas

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

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

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

Presentado por

Luis Eduardo Sabillón Galeas

Zamorano, Honduras
Diciembre, 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

Presentado por:

Luis Eduardo Sabillón Galeas

Aprobado:

Adela Acosta Marchetti, Dra. C.T.A.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera Agroindustria Alimentaria

Edgar Edmundo Ugarte, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Sabillón, L. 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. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería de Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 41 p.

Los consumidores se basan comúnmente de características sensoriales como el color y el olor al hacer las decisiones con respecto a la compra del jamón para el consumo. La pérdida del color rojo fresco, el desarrollo de malos olores debido al crecimiento microbiano y la oxidación de lípidos, estos factores combinados causan la inadmisibilidad de consumo. Los objetivos de este estudio fueron determinar los efectos del lactato de sodio (LNa), κ -carragenina (k-Cg) y la iluminación del anaquel (L-SL) sobre el crecimiento de aerobios totales (CAT), estabilidad al color, purga y otros aspectos físico-químico-sensorial, en jamón picado de cerdo empacado al vacío a través del tiempo (0, 7, 14, 21 y 28 días). Las concentraciones utilizadas fueron: 2.5/3.5% LNa y 0/1.5% k-Cg y condiciones de anaquel (Luz-Sin Luz) en un arreglo factorial siendo el control (2.5 LNa, 0k-Cg), con un diseño de bloques completos al azar y medidas repetidas en el tiempo. Se utilizó SAS® para conducir el ANDEVA con separación de medias LSM/Tukey con nivel de significancia de $P < 0.05$. Las características físico-químicas evaluadas fueron: color, pH y purga. También atributos sensoriales como: apariencia, olor, sabor, textura y aceptación en general. Además, se realizó un conteo de aerobios totales a los 28 días. La iluminación fluorescente tuvo efectos muy marcados y significativos en el color, conteo microbiológico, purga y aspectos sensoriales sobre el jamón de cerdo. Todos los tratamientos reportaron menor decoloración, purga y mejor aspecto sensorial que el control. La elaboración de jamón de cerdo con la adición de 1.5% k-Cg y 3.5% LNa presentó mayor estabilidad en el color y mejor calidad microbiológica, menos purga y mejor aspecto sensorial.

Palabras clave: estabilidad, purga, color.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas..... | ii |
| Resumen..... | iii |
| Contenido..... | iv |
| Índice de Cuadros, Figuras y Anexos..... | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 16 |
| 5. CONCLUSIONES | 34 |
| 6. RECOMENDACIONES | 35 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 36 |
| 8. ANEXOS | 40 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1. Formulación de un jamón picado de cerdo para cada tratamiento..... | 8 |
| 2. Descripción del diseño experimental..... | 15 |
| 3. Descripción de tratamientos..... | 15 |
| 4. Separación de medias para la variable L^* , a través del tiempo..... | 17 |
| 5. Separación de medias para la variable a^* , a través del tiempo..... | 20 |
| 6. Separación de medias para la variable b^* , a través del tiempo..... | 23 |
| 7. Separación de medias para la variable pH, a través del tiempo..... | 25 |
| 8. Separación de medias para la variable purga, a través del tiempo..... | 27 |
| 9. Separación de medias para UFC/g de mesófilos aerobios..... | 31 |
| 10. Separación de medias para color y aceptación..... | 32 |
| 11. Correlaciones de color $L^*a^*b^*$ con apariencia sensorial, día 28..... | 33 |
| 12. Correlaciones de purga con el color $L^*a^*b^*$, día 28..... | 33 |
| 13. Correlaciones de purga con pH..... | 33 |

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Espectro Electromagnético..... | 4 |
| 2. Escala hedónica para evaluación sensorial..... | 14 |
| 3. Efecto de la iluminación sobre el valor L^* del jamón picado de cerdo..... | 18 |
| 4. Efecto de la oscuridad sobre el valor L^* del jamón picado de cerdo..... | 18 |
| 5. Efecto de dos niveles de k-carragenina (k-Cg) bajo condiciones de oscuridad e iluminación en la variable L^* color del jamón picado de cerdo..... | 19 |
| 6. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condicione de anaquel sobre el valor L^* color del jamón picado de cerdo..... | 19 |
| 7. Efecto de la iluminación sobre el valor a^* del jamón picado de cerdo..... | 21 |
| 8. Efecto de la oscuridad sobre el valor a^* del jamón picado de cerdo..... | 21 |
| 9. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel sobre el valor a^* color del jamón picado de cerdo..... | 22 |
| 10. Efecto de la iluminación sobre el valor b^* en los tratamientos, a través del tiempo..... | 23 |
| 11. Efecto de la oscuridad sobre el valor b^* en los tratamientos, a través del tiempo..... | 24 |
| 12. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel sobre el valor b^* color del jamón picado de cerdo..... | 24 |
| 13. Efecto de la iluminación sobre el valor de pH en los tratamientos, a través del tiempo..... | 26 |

| | | |
|-------|---|--------|
| 14. | Efecto de la oscuridad sobre el valor de pH en los tratamientos, a través del tiempo..... | 26 |
| 15. | Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y dos niveles de κ -carragenina (κ -Cg) sobre la producción de exudados (purga) del jamón picado de cerdo..... | 28 |
| 16. | Efecto de las condiciones en anaquel (Luz (L) y Sin Luz (SL)) sobre la producción de exudados (purga), a través del tiempo, en jamón picado de cerdo..... | 29 |
| 17. | Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y dos niveles de κ -carragenina (κ -Cg) en la carga microbiana del jamón picado de cerdo a los 28 días, en ambas condiciones de anaquel..... | 30 |
| 18. | Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel en la carga microbiana del jamón picado de cerdo, a los 28 días..... | 31 |
| Anexo | | Página |
| 1. | Formato de evaluación sensorial..... | 41 |

1. INTRODUCCIÓN

La industria actualmente habla de la necesidad del empleo de ingredientes funcionales en los productos cárnicos, sobre todo cuando se busca una mayor inocuidad, jugosidad y frescura del producto, o bien propiedades especiales, como por ejemplo, un mejor rebanado, mayor rendimiento, embutidos de buena consistencia pero ligeramente flexibles, o simplemente una optimización de los costos de la formulación.

Los consumidores dependen comúnmente de características sensoriales como el color y el olor al hacer las decisiones con respecto a la seguridad y aceptación de la carne para el consumo. La pérdida del color rojo fresco, el desarrollo de malos olores debido al crecimiento microbiano y la oxidación de lípidos, estos factores combinados causan la inadmisibilidad de consumo. La extensión del período de conservación de productos cárnicos frescos y mediamente procesados ha sido el punto de atención para muchos grupos de investigación. “El color es uno de los parámetros de calidades más importantes al momento de compra de un producto cárnico” (Shahidi y Pegg, 1995).

Según investigaciones realizadas por Møller *et al.* (2000), la exposición a la luz en combinación con oxígeno es muy crítico para la estabilidad del color del jamón y productos nitrito-curados. La exposición en general a la luz y aún en niveles muy bajos de oxígeno, puede causar la oxidación de nitrosilmiocromo a metamioglobina, que impone un color grisáceo a la superficie de la carne.

Otros estudios realizados por Morrissey y Tichivangana (1985) y Skibsted (1992) concluyeron que la oxidación de nitrosilmiocromo también puede promover otros cambios de oxidación en el producto debido a la transformación de los pigmentos de nitrosil, que es considerado antioxidante, en la metamioglobina un prooxidante.

Los objetivos de este estudio fueron determinar los efectos del Lactato de sodio (LNa), κ -carragenina y la iluminación del anaquel sobre el crecimiento de mesófilos aerobios totales, color, purga y otros aspectos fisico-químico-sensorial, en jamón de cerdo empacado al vacío.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- Efecto de la κ -carragenina y lactato de sodio sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un jamón de cerdo picado en anaquel iluminado y sin iluminar.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del lactato de sodio y κ -carragenina en las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de un jamón picado de cerdo, a través del tiempo.
- Evaluar el efecto del lactato de sodio, κ -carragenina y luz en la estabilidad del color de un jamón picado de cerdo durante su vida en anaquel.
- Evaluar el efecto del lactato de sodio, κ -carragenina y luz sobre la producción de exudados en el jamón picado de cerdo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 COLOR

El color en los alimentos cárnicos es evaluado críticamente por los consumidores y a menudo es su base para la selección o rechazo del producto. La percepción del color, tanto para la investigación o para el desarrollo de productos, descripción o especificación, deben ser hechas con cuidado como otras medidas de sustancia química y rasgos físicos. Desafortunadamente, la ciencia del color descrita por Francis y Clydesdale (1975), Kropf *et al.* (1976), Hunt (1980) y Setser (1984) es complejo y sujeto cambio.

Productos cárnicos cocidos, ahumados, curando y otro procesos no solo presentan la oportunidades de aumentar la apariencia agradable del producto sino también de mejorar la estabilidad del color. Aún dentro de una porción de producto, la falta de la uniformidad del color, debido a propiedades inherentes de músculo o procesamiento técnicas, crean los problemas de percepción del color (Hunt y Kropf, 1985).

2.2 PURGA

Huff-Lonergam *et al.* (2002), señala que la pérdida de agua o purga es una característica muy importante ya que la carne con una alta cantidad de purga tiende a presentar un color menos característico y más claro, afectando también su terneza, haciéndola más dura, disminuyendo el sabor característico de la carne de cerdo y aumentando la cantidad de malos olores.

2.3 CONDICIONES EN ANAQUEL

2.3.1 Intensidad lumínica

Otro factor importante es la intensidad y la duración de la iluminación de presentación. En estudio reciente, se iluminaron vitrinas de supermercados con lámparas incandescentes de 150 vatios, para dar una intensidad ligera cerca de 80 cd/m² en la superficie de la carne. Encendido automático de las lámparas por 12 horas/día.

Según Greer (1984), durante este periodo de 12 horas/día la temperaturas en la superficie iluminada de la carne fresca o producto empacado fue más alto que en ausencia de la iluminación. Esto es un tipo de "efecto invernadero" en que, el calor producido por

energía resplandeciente es absorbido por la carne y atrapado entre el empaque que envuelve y la superficie de carne. Así, aunque la iluminación del anaquel aumente la apariencia de la carne es perjudicial para mantener la calidad.

Investigaciones realizadas por Branquia y Shand (1993); citado por Jeremiah y Gibson (1997), demostraron que aumentar la temperatura de almacenamiento por sólo un grado o dos tienen un efecto profundo en la vida de almacenamiento del producto en cualquier tipo del envase utilizado. Por lo tanto, cualquier aumento de la temperatura, encima del óptimo, produce una disminución proporcional en la vida de almacenamiento.

Para Greer (1984), la radiación visible e invisible de fuentes lumínicas tiene un efecto perjudicial en el período de conservación de alimento. No es sólo la luz UV y los ciclos infrarrojos del espectro que dañan alimento. Estudios recientes conectan la oxidación fotoquímica de la mayoría de los grupos de alimento a las longitudes de ondas de la radiación visible a que estos alimentos son expuestos.

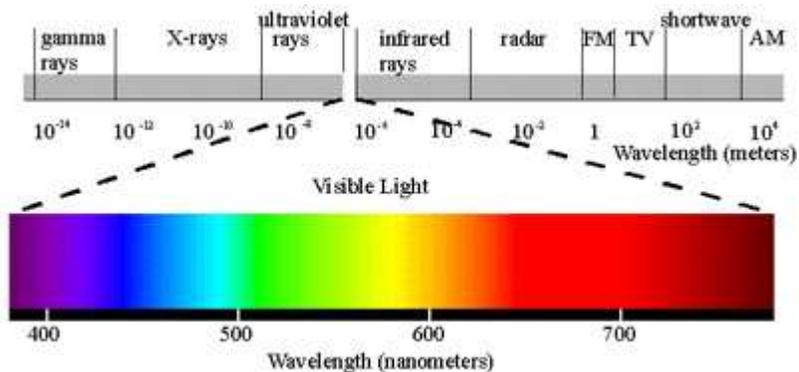


Figura 1. Espectro Electromagnético
Fuente: Safespectrum (2008)

Kropf (1980), demostró que las lámparas fluorescentes de los anaqueles son las responsables en la mayor parte por los cambios en color de productos terminados, debido a un aumento de la temperatura en la superficie de carne, reacciones fotoquímicas o por diferencias en las pautas de la distribución espectral de energía.

Según Safespectrum (2008), aproximadamente el 60 por ciento de la energía de entrada en un lámpara fluorescente típica de 40 vatio, es convertida directamente en ultravioleta, con un 38 por ciento en forma de calor y un 2 por ciento en luz visible. El fósforo estándar cambia acerca del 21 por ciento de luz ultravioleta a luz visible y 39 por ciento en calor.

2.4 PROTEÍNAS MUSCULARES Y κ -CARRAGENINA

Las proteínas del músculo pueden ser divididas en tres grupos, basado en sus características de solubilidad: sarcoplasmática (hidrosoluble), miofibrilar (salado-soluble) y proteínas del estroma (insoluble) (Xiong, 1997; Zayas, 1997). Las proteínas miofibrilares, a la cual pertenece la miosina y actina son las más abundantes, son las más importante durante el procesamiento de la carne a causa de su capacidad de producir geles tridimensionales sobre la cocción y la refrigeración subsiguiente, que tiene una influencia grande en el rendimiento y las propiedades de textura de productos cárnicos procesados (Smith, 1988; Vega-Warner *et al.*, 1999).

Según Castelli (2006), las carrageninas disponibles en el mercado se comercializan como sales de sodio, potasio o calcio, ya que esa es su forma estable. Se las puede clasificar en tres grupos principales, kappa (κ), iota (ι) y lambda (λ). Las principales diferencias entre ellas son que las kappa forman geles rígidos, las iota forman geles elásticos y las lambda no gelifican, forman sólo soluciones viscosas.

κ -Carragenina es un polisacárido lineal sulfatado, extraído de algas rojas. Es utilizada extensamente en la industria de alimento en un amplio espectro de aplicaciones a causa de sus propiedades de retención de líquidos, espesante y gelificante. En la industria cárnica, carragenina es utilizada como un agente gelificante en carnes procesadas, además permite una reducción importante en el contenido de materia grasa en productos cárnicos como salchichas (Bernal *et al.*, 1987; Pietrasik y Duda, 2000; Stanley, 1990; Xiong *et al.*, 1999).

Estudios realizados por Hsu y Chung (2001) demostraron un aumento en el rendimiento de cocción, dureza y otros parámetros del análisis del perfil de textural al ascender a 2% de κ -carragenina en un emulsión baja en grasa de albóndigas.

2.5 LACTATO DE SODIO

Productos de lactato con tres cationes diferentes (calcio, potasio y sodio) están disponibles comercialmente. La aplicación de estos lactatos a producto cárnicos depende de un equilibrio entre el costo y la funcionalidad. Lactatos exhiben propiedades antibacteriales contra microflora no patogénicos (Chen y Shelef, 1992) y patógeno (Miller y Acuff, 1994). Además, el ion lactato parece promover la estabilidad del color, así que lactato es un solo ingrediente que puede dirigirse tanto a la seguridad como la calidad del producto.

Según Aymerich *et al.* (2005); citado por Rodríguez (2005), el lactato de sodio aumenta la fase de latencia de los microorganismos, es decir, el tiempo necesario para que los microorganismos comiencen a multiplicarse de forma exponencial. Es capaz de inhibir el crecimiento de bacterias gram-positivas y gram-negativas, de la flora alterante y también de patógenos, señalando mecanismos que interfieren en el metabolismo de la bacteria, como acidificación intercelular, interferencia en la transferencia de protones a través de la membrana celular y sistemas de retroalimentación negativa. Además, el lactato también reduce la actividad del agua.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la Planta de Industrias Cárnicas y el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, localizado en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, a 32 km. de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Materia prima

Materiales

- Carne fresca de cerdo 95/5 y 80/20
- Lactato de sodio (LNa)
- κ -carragenina (κ -Cg)

Obtención de materia prima

Se utilizó carne fresca de cerdo, nunca congelada, la cual se obtuvo de la Planta de Industrias Cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. El lactato de sodio y κ -carragenina se obtuvieron de la casa distribuidora Comercial del Caribe.

Adecuación de la materia prima

Toda la carne de cerdo que se utilizó en la elaboración del jamón fue molida un molino marca Hobart®.

3.2.2 Formulación

Materiales o Ingredientes

- Cerdo 95/5 y 80/20
- Aislado de soya
- Agua
- Hielo
- Harina de trigo
- Azúcar
- Cochinilla
- Especias
- Tripolifosfato de sodio
- Eritorbato de sodio
- Sal nitrificada
- Sal yodada
- Lactato de sodio (LNa)
- κ -carragenina (κ -Cg)

Equipo

- Balanza analítica Peouze, Modelo 10b60
- Utensilios de cocina

Obtención de la formulación

La formulación del jamón picado de cerdo utilizada en este estudio fue proporcionada por la Planta de Industrias Cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, como una formulación alterna a la fórmula del producto jamón de cerdo. La cual fue adaptada para generar las formulaciones y a su vez se modificó para reemplazar las distintas concentraciones de lactato de sodio y κ -carragenina de manera que cumplan con las cantidades permitidas por la FDA para un alimento. Los materiales utilizados para cada una de las formulaciones se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Formulación de un jamón picado de cerdo para cada tratamiento.

| Ingredientes (%) | TRT (LNa2.5/k-Cg0) | TRT (LNa2.5/k-Cg1.5) | TRT (LNa3.5/k-Cg0) | TRT (LNa3.5/k-Cg1.5) |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Cerdo 95/5 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| Cerdo 80/20 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Aislado de soya | 2.75 | 2.75 | 2.75 | 2.75 |
| Agua | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 |
| Hielo | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Harina de trigo | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| | | | | |
| Azúcar | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Cochinilla | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| Espicias | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Tripolifosfato sodio | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Eritorbato de sodio | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Sal nitrificada | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Sal yodada | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Lactato de Sodio | 2.50 | 2.50 | 3.50 | 3.50 |
| K-carragenina | 0.00 | 1.5 | 0.00 | 1.5 |

3.2.3 Preparación de Salmuera más K-carragenina para cada tratamiento

Materiales o Ingredientes

- Sal
- Sal nitrificada
- Tripolifosfato de sodio
- Eritorbato de sodio
- K-carragenina
- Agua

Equipo

- Bolsas plásticas para vacío
- Utensilios de cocina

Procedimiento

Mezclar las proporciones según la formulación de los ingredientes no cárnicos listados anteriormente en una bolsa plástica distinta para cada tratamiento. De esta manera, a la hora que la carragenina se pone en contacto con el agua, no se formarán grumos ya que se encuentra como una partícula suspendida, la cual no se hincha ni desarrolla viscosidad en frío. Luego se agrega un 6% del agua total requerida en la formulación. La adición del agua debe ser lenta y manteniendo una condición de agitación vigorosa en el líquido. Por último se homogeniza la salmuera hasta una total ausencia de partículas sólidas.

3.2.4 Mezcla total de la formulación

Mezclar de los ingredientes restantes con la salmuera y la carne de cerdo, en la misma bolsa plástica que se utilizó para hacer la salmuera de cada tratamiento. Esta separación en la mezcla de ingrediente se debe a que tanto las carrageninas como los otros solutos compiten por el agua disponible en el medio. Es una relación de competencia y debemos entender, que se logran mejores resultados cuando se propone un orden de adición de ingredientes que permita a la carragenina ganar esa competencia por el agua. La regla básica es agregar los ingredientes de alta solubilidad después de la carragenina y hasta el final.

3.2.5 Elaboración final

Materiales

- Mezcla total de la formulación

Equipo

- Masajeadora Koch®
- Funda para embutir, tamaño 6X30
- Embutidora al vacío Konti®
- Marmita KOCH
- Termómetro
- Utensilios de cocina

Procedimiento

- a) Masajeado de cada tratamiento, en un masajeadora (HOLLY-200 modelo HVT 200). La masajeadora se accionó por 15 minutos intercalados con 15 de reposo en un periodo de 6 horas a 4° C.
- b) Embutido del producto en bolsas 6*30, utilizando una embutidora al vacío Konti®.
- c) Cocción del producto ya embutido en una marmita (KOCH) durante 5 horas y 44 minutos.
- d) El jamón de cerdo está listo cuando la temperatura interna alcanza 74° C.
- e) Enfriado del producto en una tina con agua y hielo, para luego ser almacenado a 4°C.
- f) Rebanado y empacado de cada tratamiento en paquetes de 100±4 gramos, para una inmediata distribución en los anaqueles utilizados para el estudio.

Observaciones en la etapa de elaboración

El alto contenido de sales según Castelli (2006) evita que las moléculas de carragenina se hinchen llevando al desarrollo de una excesiva viscosidad. La carragenina permanece insoluble durante las primeras etapas de la elaboración del jamón. En el masajeo la carragenina se distribuye homogéneamente en el interior de la carne. Durante el proceso de cocción la goma se solubiliza y está apta para cumplir con su función. En el enfriamiento, forma un gel que dará una estructura cohesiva al producto final.

3.2.6 Empaque y almacenamiento

Cada tratamiento fue rebanado y dividido en 13 paquetes de 100 ± 4 gramos empacados al vacío en bolsas de polipropileno de 5 capas (LDPE/EVOH/NYLON/EVOH/LDPE), posteriormente se almacenaron durante 28 días a una temperatura de 3 ± 1 ° C en anaqueles iluminados y sin iluminar. Cada tratamiento se elaboro individualmente y se colocó en el anaquel iluminado y sin iluminar.

3.2.7 Condiciones de anaquel

Los paquetes destinados al anaquel iluminado fueron colocados bajo una lámpara fluorescente con intensidad 3200 lux durante 12 horas diarias, simulando condiciones de anaquel de supermercado. En cambio los paquetes destinados al anaquel sin iluminar fueron cubiertos en su totalidad con papel aluminio, simulando condiciones del cuarto frío de producto terminado de la planta de procesamiento, con el objetivo de evitar cualquier contacto con luz. La temperatura de almacenamiento fue monitoreada constantemente en los anaqueles usando un termómetro obteniendo como promedio 3.5 ± 1 ° C. En el anaquel iluminado los paquetes fueron rotados dos veces al día para que todos recibieran la misma intensidad de luz

3.2.8 Análisis Físico-Químico-Microbiológico-Sensorial

3.2.8.1 Medición del color con colorflex (ASTM D1500)

Equipo

- Colorflex HunterLab ®

Procedimiento

Esta prueba se realizó a todos los tratamientos, durante los días 0, 7, 14, 21 y 28. Se encendió el aparato media hora antes de iniciar las mediciones luego se calibró el equipo con los discos de acuerdo a las indicaciones del software. Se establecieron los parámetros de medición, luminosidad, observación y escala, luego se realizaron tres mediciones de color a cada muestra y se registraron los valores de L^* a^* b^* de cada medición.

De acuerdo con Westland (2004), los valores de L^* , a^* , b^* describen los colores de acuerdo a su oposición en un eje de tres coordenadas, en tercera dimensión, L^* es la claridad; el eje a^* va del rojo al verde y el eje b^* va del amarillo al azul.

3.2.8.2 Medición de pH

Materiales

- Agua destilada
- Muestra de jamón

Equipo

- Potenciómetro (ORION ®, modelo 701A)

Procedimiento

Esta prueba se realizó a todos los tratamientos, durante los días 0, 7, 14, 21 y 28. Se pesaron 10 gramos de cada muestra o tratamiento luego se agregó 100 ml de agua destilada a cada muestra y se mezcló y pulverizó la solución por 30 segundos. Se tomó la lectura utilizando un potenciómetro marca ORION ®, modelo 701A. Se realizaron tres mediciones de pH a cada muestra y se registraron los valores de cada medición.

3.2.8.3 Medición de Purga

Materiales

- Papel absorbente
- Tijeras

Equipo

- Balanza analítica Modelo AE 200 Metler ®

Método

La sinéresis se evaluó utilizando el método EZ-Driploss adaptado por Correa *et al.* (2006), en el cual, la sinéresis se cuantifica por diferencia de peso de los jamones y el líquido restante en el empaque debe ser retirado utilizando papel absorbente.

Procedimiento

Esta prueba se realizó a todos los tratamientos a lo largo del estudio, se realizaron muestreos en los días 0, 2, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 21, 24, 26 y 28. Todas las muestras o paquetes tienen un peso inicial de 100 ± 4 gramos. Se tomó un paquete del anaquel según el día de muestreo, respectivamente. Se tomó el peso inicial del papel absorbente seco y luego se secó en forma individual cada rodaja de jamón además de extraer el líquido restante del empaque. Por diferencia de peso del papel absorbente, se reportó la producción de exudados en porcentaje para cada día de muestreo. Se realizaron tres mediciones de purga a cada muestra, a lo largo del estudio. Se fabricó una curva cinética de producción de exudados para cada tratamiento, con los datos obtenidos a lo largo del muestreo.

3.2.8.4 Análisis Microbiológico Aerobios Totales

Materiales

- Medio de cultivo no selectivo
- Agua peptonada
- Muestra de jamón

Equipo

- Bolsas Stomacher estériles
- Stomached (Seward Stomacher 400; Seward Medical, London, U.K.)
- Campana de flujo laminar Puriffier class II
- Incubadora Thermolyne Type 42000
- Esterilizador
- Platos petri
- Tubos de ensayo
- Utensilios de cocina

Método

Se utilizó el método estándar para el conteo de microorganismos aerobios mesófilos descrito por Maturin y Peeler (1998) contenido en el Bacteriological Analytical Method (BAM), compendio oficial de métodos microbiológicos del Federal Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de América.

Procedimiento

- a) Esta prueba se realizó a todos los tratamientos a los 28 días.
- b) Se preparó agua peptonada con 0.1% de peptona diluida.
- c) Se preparó el medio de cultivo no selectivo (PCA), según las indicaciones del fabricante.
- d) Se esterilizaron todos los utensilios, incluyendo el agua peptonada y el medio de cultivo.
- e) Se esterilizó la campana de flujo laminar, utilizando alcohol al 70% y luz ultravioleta por 5 minutos.
- f) Se tomaron 10 gramos de cada muestra en forma aséptica, dentro de la campana de flujo laminar, luego se colocaron dentro de las bolsas Stomacher estériles.
- g) Se agregaron 90 ml de agua peptonada a cada bolsa Stomacher.
- h) Se homogenizó la muestra de cada bolsa Stomacher utilizando el Stomached (Seward Stomacher 400; Seward Medical, London, U.K.), por 2 minutos.
- i) Se realizaron siembras de dos diluciones, 10^{-1} y 10^{-2} . Establecidas mediante análisis previos, se encuentran dentro del rango contable 25/250 UFC.
- j) Se tomó 1 ml de cada muestra homogenizada y se sembró mediante la técnica de vertido o "Pour Plate" en Plate Count Agar (PCA). Ésta es la dilución 10^{-1} .
- k) Se tomó 1 ml de cada muestra homogenizada, se colocó en un tubo de ensayo y se le agregaron 9 ml de agua peptonada. Luego se tomó 1 ml de cada tubo de ensayo y se sembró mediante la técnica de vertido o "Pour Plate" en Plate Count Agar (PCA). Ésta es la dilución 10^{-2} .
- l) Se incubaron los platos petri a 35° C por 24 horas.

3.2.8.5 Análisis Sensorial de Aceptación

Materiales

- Muestra de jamón
- Agua potable
- Galletas soda simple
- Platos y vasos desechables
- Utensilios de cocina
- Hojas de evaluación

Equipo

Las sesiones se desarrollaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial ubicado en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) de El Zamorano.

Procedimiento

- Está prueba se realizó a los mejores 3 tratamientos estadísticamente, en cuanto al parámetro microbiológico, a los 28 días.
- Se utilizó un panel no entrenado integrado por alumnos de la Carrera de Agroindustria de la Escuela Agrícola Panamericana. Los panelistas evaluaron las muestras mediante un análisis de aceptación para características de color, aroma, sabor, textura y aceptación general (Anexo1).



Figura 2. Escala hedónica para evaluación sensorial

La escala utilizada para el análisis fue de 1 a 5 entre extremos del atributo, debido a que los panelistas no están capacitados para evaluar sensorialmente productos cárnicos.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se condujo la investigación estableciendo tres repeticiones en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial (2x2x2) de los tratamientos medidos en el tiempo. Las variables evaluadas a los tratamientos durante la estadía en anaquel fueron el color medido en la escala L*, a*, b*, pH y purga a los días 0, 7, 14, 21 y 28 con el fin de determinar si existen cambios en las características mencionadas y la influencia de las diferentes combinaciones de lactato de sodio (LNa), κ -carragenina (κ -Cg) y anaqueles

iluminados (L) / sin iluminar (SL). Y un posterior análisis microbiológico y sensorial a los 28 días.

Cuadro 2. Descripción del diseño experimental*.

| BLOQUES | T RT 1 | T RT 2 | T RT 3 | T RT 4 | TRT 5 | TRT 6 | TRT 7 | TRT 8 |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| BLOQUE 1 | T1R1 | T2R1 | T3R1 | T4R1 | T5R1 | T6R1 | T7R1 | T8R1 |
| BLOQUE 2 | T1R2 | T2R2 | T3R2 | T4R2 | T5R2 | T6R2 | T7R2 | T8R2 |
| BLOQUE 3 | T1R3 | T2R3 | T3R3 | T4R3 | T5R3 | T6R3 | T7R3 | T8R3 |

*Los TRT fueron asignados a las Unidades Experimentales completamente al azar.

Cuadro 3. Descripción de tratamientos.

| | Lactato de sodio (%LNa) | k-carragenina (%k-Cg) | Nomenclatura Cuadros | Nomenclatura Gráficos |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Luz (L) | 2.5 | 0 | (LNa2.5/k-Cg0)L | LBCB-L |
| | 2.5 | 1.5 | (LNa2.5/k-Cg1.5)L | LBCA-L |
| | 3.5 | 0 | (LNa3.5/k-Cg0)L | LACB-L |
| | 3.5 | 1.5 | (LNa3.5/k-Cg1.5)L | LACA-L |
| Sin Luz (SL) | 2.5 | 0 | (LNa2.5/k-Cg0)SL | LBCB-SL |
| | 2.5 | 1.5 | (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | LBCA-SL |
| | 3.5 | 0 | (LNa3.5/k-Cg0)SL | LACB-SL |
| | 3.5 | 1.5 | (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | LACA-SL |

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de los análisis físico-químico-microbiológico-sensorial fueron procesados con la ayuda del software estadístico “Statistical Analysis System” (SAS ®) v. 9.1. 2008. Se realizaron análisis de variancia mediante el procedimiento GLM con una significancia exigida de ($P < 0.05$), separación de medias por LSM y correlación por Pearson. Para aquellas variables expresadas en porcentajes se empleó la transformación angular Arcoseno para mejorar el ajuste.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COLOR

La adición de lactato de sodio y la k-carragenina incrementaron la estabilidad en el color (altos valores en la escala a^* , b^* y L^*) en ambas condiciones, anaqueles iluminados y sin iluminar ($P < 0.05$). Estas conclusiones son muy similares a las de otros estudios, Maca *et al.* (1999), quienes reportaron que la adición de lactato de sodio incremento la estabilidad en el color aumentando el valor a^* y además redujo los pro-oxidantes de muchos aditivos. La k-carragenina contribuyo a la formación de emulsiones agua-grasa-proteínas: aportando estabilidad a la oxidación, al color y al sistema en general (Castelli, 2006).

El efecto de la luz, lámpara fluorescente, en el color del jamón de cerdo fue muy pronunciado. Las muestras bajo condiciones de oscuridad presentaron menos decoloración, menos oxidación y colores más vivos que aquellas bajo iluminación ($P < 0.05$). Al final del estudio, las muestra con LNa 3.5% y k-Cg 1.5% bajo iluminación, conservó mejor sus propiedades, siendo muy similar a la muestra con LNa 2.5% y k-Cg 0% bajo oscuridad. Los efectos de la luz en la estabilidad del color de la carne han sido revisados (Kropf 1980; Faustman y Cassens, 1990). Según Møller *et al.* (2000), aumentos en la oxidación de los pigmentos ocurren cuando la carne es expuesta a la luz (decrecen los valor a^* , b^* y L^*).

Las condiciones del envase son cruciales en la determinación de la estabilidad de color en productos curados. La iluminación es el parámetro más crítico durante la exposición de los productos cárnicos, donde la superficie de carne es expuesta típicamente a alta iluminación y el contenido de oxígeno residual en el envase justo después del cierre, causan rápidamente decoloración substancial del producto.

Escala L^*

Luminosidad (L^*) decreció ($P < 0.05$) cada día en todos los tratamientos. La iluminación condujo a líneas con mayor pendiente en valor L^* , en cambio la oscuridad condujo a descensos menos pronunciados y más estables (Cuadro 4). En éste estudio la variable L^* al día 0 no fue significativamente influenciado por el LNa, k-Cg o condiciones de anaquel ($P > 0.05$), lo cual era de esperarse ya que ninguna tiene incidencia inicial sobre el pigmento nitrosilhemocromo. Al día 7, las muestras bajo iluminación fueron más oscuras (L^* decreció; $P < 0.05$) que aquellas bajo oscuridad, sin embargo bajo iluminación las muestras que contenían alta cantidad de LNa y k-Cg presentaron valores de L^* más altos ($P < 0.05$) que aquellas con bajos niveles de LNa y k-Cg.

A los 28 días los tratamientos bajo condiciones de iluminación mostraron altos niveles de decoloración que aquellos bajo condiciones de oscuridad. Los datos obtenidos mostraron que los tratamientos difieren en términos de luminosidad (valor L^*) siguiendo una misma tendencia en ambas condiciones de anaquel, siendo el control (LNa2.5/ κ -Cg0) el que presentó la mayor decoloración, más oscuro (L^* bajos) y por último se encuentra el tratamiento, LNa3.5/ κ -Cg1.5, siendo éste el más colorido de todos los tratamientos (L^* altos).

Cuadro 4. Separación de medias para la variable L^* , a través del tiempo.

| Tratamiento | Días en anaquel | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 0(v) | 7(w) | 14(x) | 21(y) | 28(z) |
| | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 53.51 ± 0.06a | 51.40 ± 0.12d | 48.62 ± 0.12g | 46.50 ± 0.37g | 45.17 ± 0.14g |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 53.42 ± 0.18a | 52.22 ± 0.08c | 49.98 ± 0.18e | 48.66 ± 0.11e | 46.33 ± 0.11e |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 53.52 ± 0.08a | 51.54 ± 0.08d | 49.48 ± 0.07f | 47.57 ± 0.28f | 45.66 ± 0.16f |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 53.60 ± 0.46a | 52.53 ± 0.13b | 50.36 ± 0.29d | 49.15 ± 0.08d | 47.25 ± 0.08d |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 53.48 ± 0.05a | 52.76 ± 0.29b | 51.36 ± 0.02c | 50.48 ± 0.18c | 49.87 ± 0.02c |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 53.59 ± 0.05a | 53.32 ± 0.18a | 52.56 ± 0.12b | 51.66 ± 0.03b | 50.68 ± 0.28b |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 53.34 ± 0.20a | 53.15 ± 0.13a | 52.43 ± 0.10b | 51.44 ± 0.04b | 50.39 ± 0.41b |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 53.65 ± 0.18a | 53.42 ± 0.17a | 52.91 ± 0.19a | 52.27 ± 0.16a | 51.29 ± 0.25a |
| CV (%) | 0.34 | 0.4 | 0.44 | 0.7 | 1.01 |

a-g Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

v-z Medias en la misma fila con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación

DE: Desviación estándar

Se observó que el incremento de κ -Cg a 1.5% y LNa a 3.5% causó un efecto significativo (L^* estable, $P < 0.05$) en el valor L^* para ambas condiciones de anaquel (figura 3 y 4), debido a que la k-carragenina forma una matriz estable que envuelve a los lípidos con el agua, reduciendo su exposición a la foto-oxidación y además el lactato de sodio reduce el efecto pro-oxidante de la sal y los metales, como el hierro, presente en toda la matriz cárnica. De esta forma aumentar ambos aditivos aumenta la estabilidad en el color.

Estos resultados concuerdan con Maca *et al.* (1999), quienes reportaron que el valor L^* fue más estable con la adición de lactato de sodio. La adición de k-Cg brinda una excelente estabilidad a la oxidación por acción de la luz o el aire (Castelli, 2006).

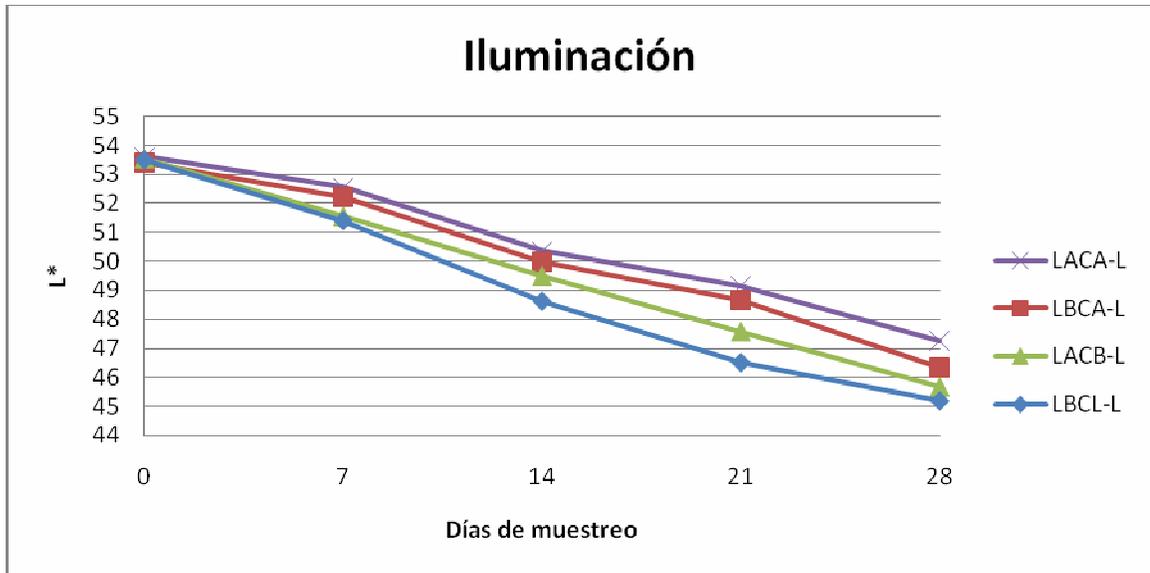


Figura 3. Efecto de la iluminación sobre el valor L* del jamón picado de cerdo.

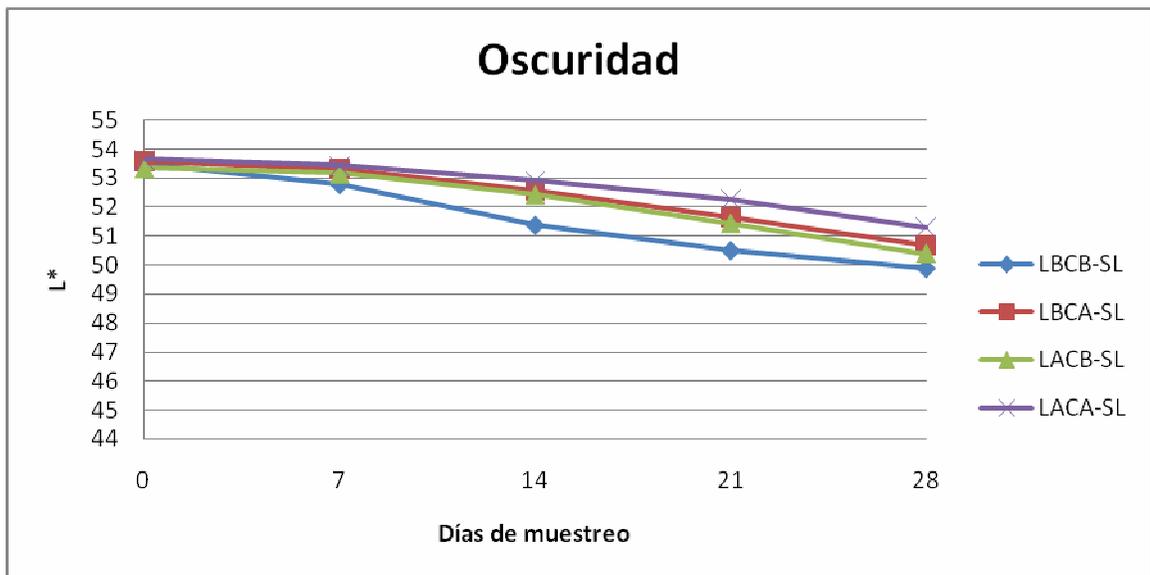


Figura 4. Efecto de la oscuridad sobre el valor L* del jamón picado de cerdo.

Individualmente tanto el LNa, k-Cg y condiciones de anaquel jugaron papeles significativos sobre el valor L* ($P < 0.05$) a través del tiempo. De todas las interacciones evaluadas, la interacción Luz/Sin luz/k-Cg se mantuvo constante a lo largo del tiempo (figura 5), en la cual el incremento de k-Cg a 2.5% y las condiciones de anaquel influenciaron sobre el valor L* ($P < 0.05$). Además de una interacción presente al día 28 (figura 6), en la cual se observó claramente un mayor efecto proporcionado por k-Cg sobre el valor L* que el dado por el LNa.

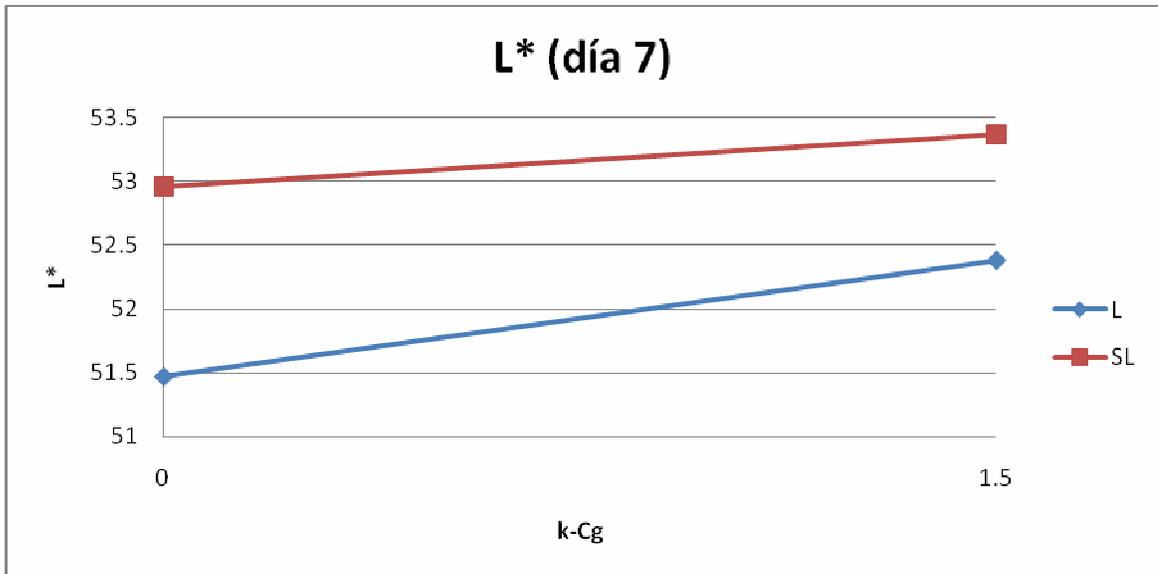


Figura 5. Efecto de dos niveles de k-carragenina (k-Cg) bajo condiciones de oscuridad e iluminación en la variable L* color del jamón picado de cerdo.

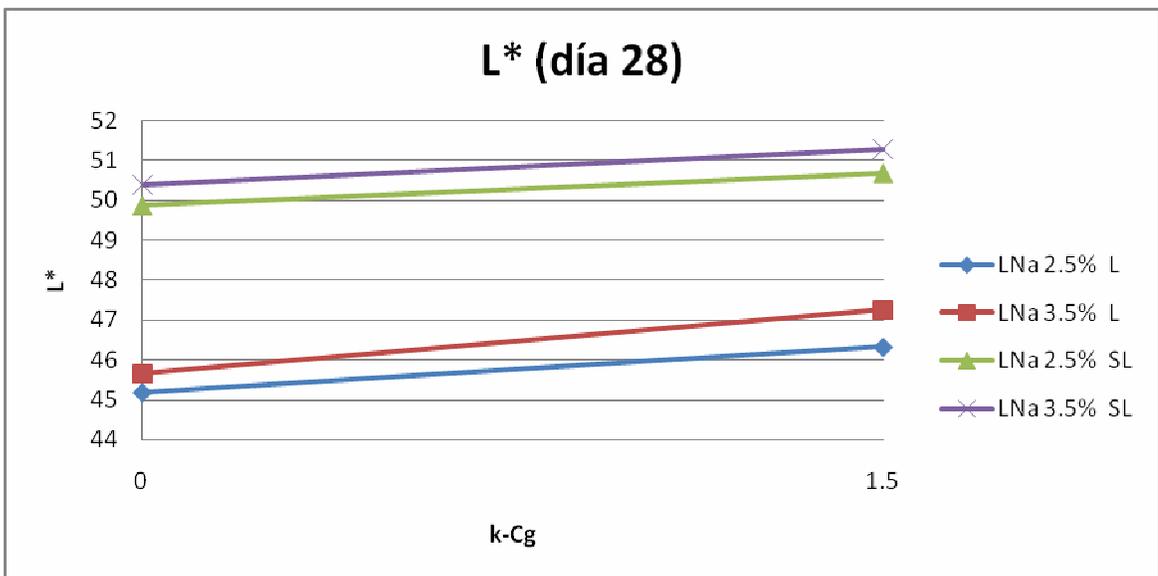


Figura 6. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel sobre el valor L* color del jamón picado de cerdo.

Escala a*

Rojo (a*) decreció ($P < 0.05$) cada día en todos los tratamientos. La iluminación condujo a descensos drásticos en valor a*, en cambio la oscuridad condujo a descensos menos pronunciados y más estables. Las muestras bajo oscuridad fueron más rojizas y vivas ($P < 0.05$) que las muestras bajo iluminación (Cuadro 5).

En éste estudio la variable a^* al día 0 fue significativamente influenciado por el LNa y k-Cg ($P < 0.05$), no así por las condiciones de anaquel ($P > 0.05$). Al día 7, las muestras bajo iluminación que solo contenían LNa fueron menos rojizas ($P < 0.05$) que aquellas bajo oscuridad, sin embargo bajo iluminación las muestras que contenían alta cantidad de LNa y k-Cg presentaron valores de a^* similares ($P > 0.05$) a la muestras bajo oscuridad.

A los 28 días los tratamientos bajo condiciones de iluminación mostraron altos niveles de decoloración que aquellos bajo condiciones de oscuridad (figura 7 y 8). Los datos obtenidos mostraron que los tratamientos difieren en términos de valor a^* , siguiendo una misma tendencia en ambas condiciones de anaquel, siendo el control (LNa2.5/ κ -Cg0) el que presentó la mayor decoloración, menos rojizo (a^* bajos) y por último se encuentra el tratamiento (LNa3.5/ κ -Cg1.5) siendo éste el más rojizo de todos los tratamientos (a^* altos). Se observó que el incremento de κ -Cg a 1.5% y LNa a 3.5% causó un efecto significativo (a^* estable, $P < 0.05$) en el valor a^* para ambas condiciones de anaquel.

Cuadro 5. Separación de medias para la variable a^* , a través del tiempo.

| Tratamiento | Días en anaquel | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0(v) | 7(w) | 14(x) | 21(y) | 28(z) |
| | Media \pm DE | Media \pm DE | Media \pm DE | Media \pm DE | Media \pm DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 14.82 \pm 0.02d | 13.47 \pm 0.05g | 11.23 \pm 0.11g | 10.76 \pm 0.04e | 8.78 \pm 0.05g |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 14.92 \pm 0.19cd | 14.52 \pm 0.11d | 12.59 \pm 0.23e | 12.24 \pm 0.44c | 10.20 \pm 0.04e |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 14.85 \pm 0.06d | 13.75 \pm 0.03f | 12.09 \pm 0.13f | 11.58 \pm 0.20d | 9.823 \pm 0.12f |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 15.08 \pm 0.01bc | 14.80 \pm 0.07bc | 13.09 \pm 0.06d | 12.68 \pm 0.11b | 10.76 \pm 0.20d |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 14.88 \pm 0.12d | 14.24 \pm 0.03e | 13.36 \pm 0.11c | 12.25 \pm 0.06c | 10.25 \pm 0.16e |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 15.30 \pm 0.04a | 14.98 \pm 0.11b | 14.40 \pm 0.17b | 13.72 \pm 0.03a | 12.30 \pm 0.08b |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 15.14 \pm 0.11ab | 14.76 \pm 0.08c | 13.59 \pm 0.11c | 12.96 \pm 0.20b | 11.10 \pm 0.02c |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 15.19 \pm 0.09ab | 15.24 \pm 0.24a | 14.72 \pm 0.08a | 13.86 \pm 0.03a | 12.58 \pm 0.02a |
| CV (%) | 0.66 | 0.77 | 1.02 | 1.54 | 1.01 |

a-g Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

v-z Medias en la misma fila con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación

DE: Desviación estándar

Estos resultados concuerda con Maca *et al.* (1999), quienes reportaron que el valor a^* aumentó con la adición de lactato de sodio. La adición de k-Cg brinda una excelente estabilidad a la oxidación por acción de la luz o el aire y además al provenir del algas rojas, aportan una ligera coloración (Castelli, 2006).

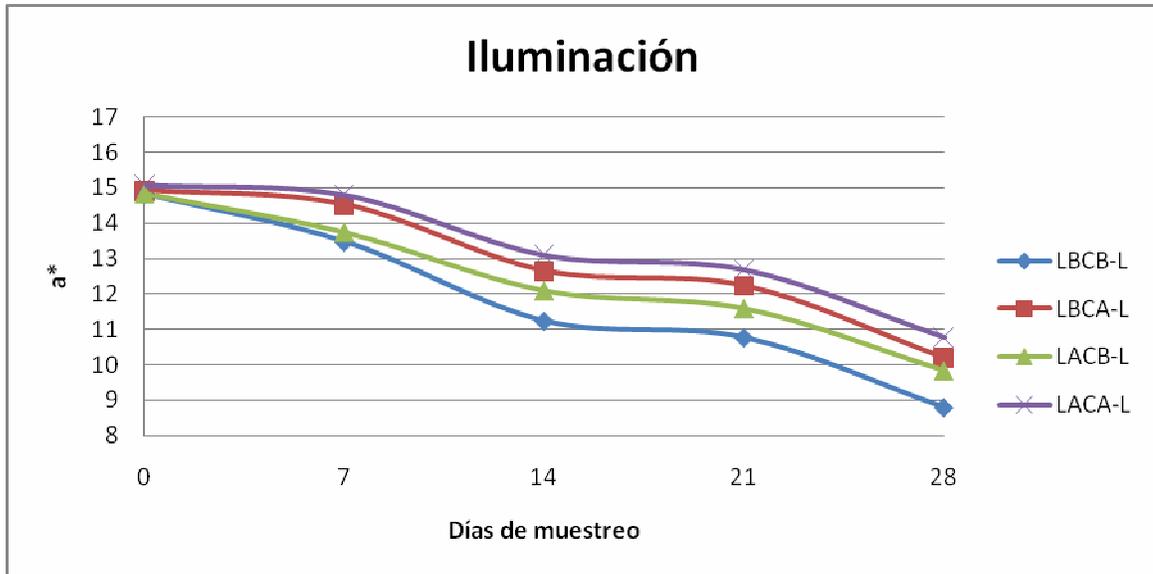


Figura 7. Efecto de la iluminación sobre el valor a^* del jamón picado de cerdo.

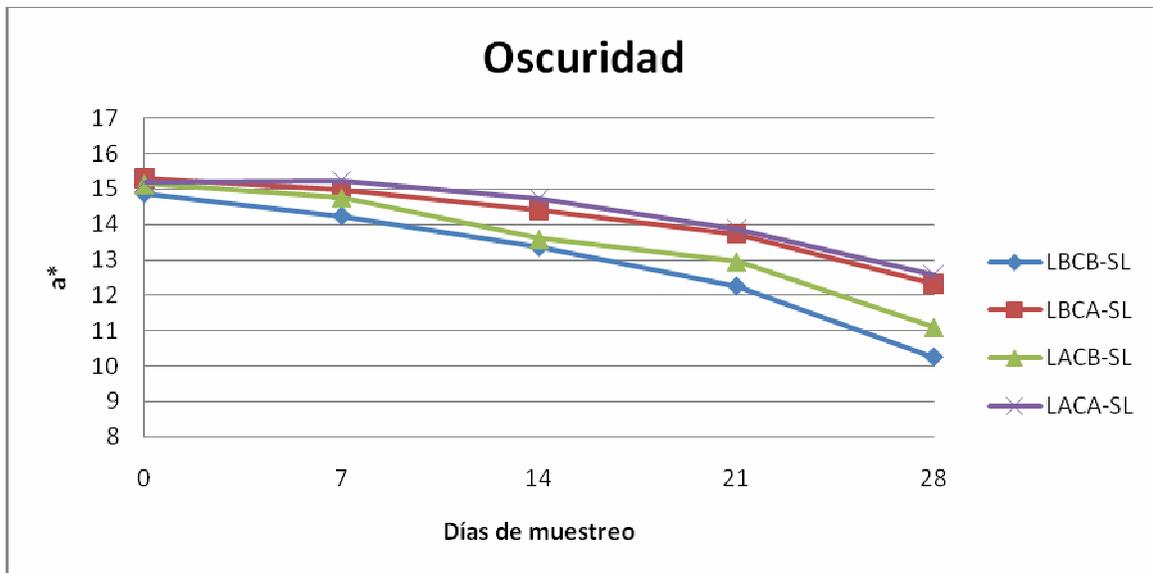


Figura 8. Efecto de la oscuridad sobre el valor a^* del jamón de cerdo.

Individualmente tanto el LNa, k-Cg y condiciones de anaquel jugaron papeles significativos sobre el valor a^* ($P < 0.05$) a través del tiempo. De todas las interacciones evaluadas, la interacción Luz/Sin luz/k-Cg/LNa (figura 9) se se manifestó al día 21 y 28 ($P < 0.05$), en la cual se observa claramente los efectos negativos provocados por la luz y el esfuerzo de la k-Cg y LNa por estabilizar el color.

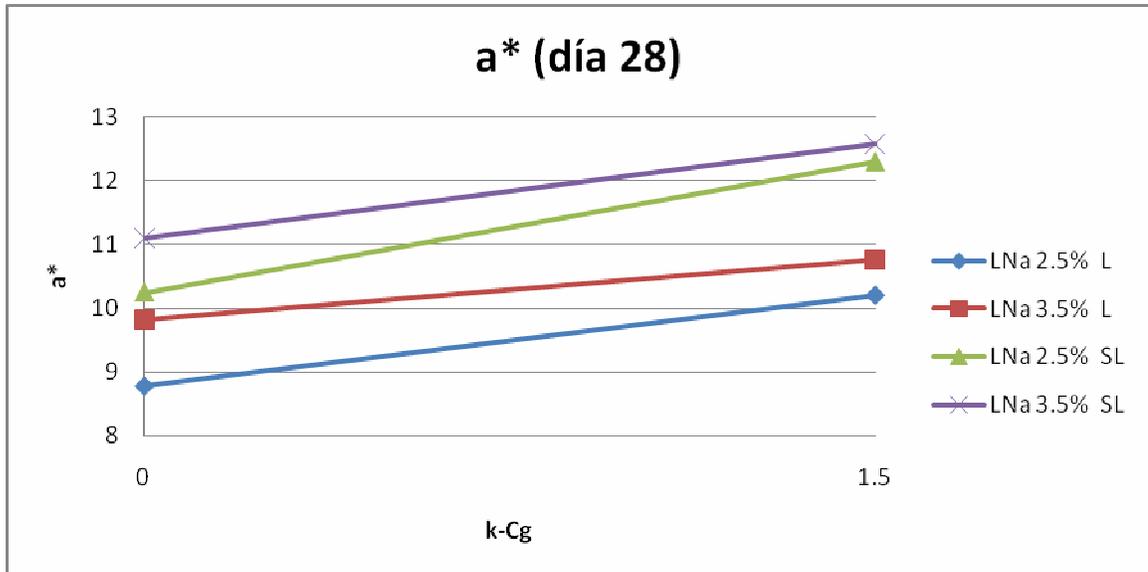


Figura 9. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel sobre el valor a* color del jamón picado de cerdo.

Escala b*

Amarillo (b*) decreció ($P < 0.05$) cada día en todos los tratamientos. La iluminación condujo a altos descensos en valor b*, en cambio la oscuridad condujo a descensos menos pronunciados y más estables. Las muestras bajo oscuridad fueron más amarillas (alto b*, $P < 0.05$) que las muestras bajo iluminación (Cuadro 6).

En éste estudio la variable b* al día 0 fue significativamente influenciado por el LNa y k-Cg ($P < 0.05$), no así por las condiciones de anaquel ($P > 0.05$). Al día 7, las muestras bajo iluminación que solo contenían LNa fueron menos amarillas (b* decreció; $P < 0.05$) que aquellas bajo oscuridad, sin embargo bajo iluminación las muestras que contenían alta cantidad de LNa y k-Cg presentaron valores de b* similares ($P > 0.05$) a la muestras bajo oscuridad.

A los 28 días los tratamientos bajo condiciones de iluminación mostraron que aquellos bajo condiciones de oscuridad (figura 10 y 11). Los datos obtenidos mostraron que los tratamientos difieren en términos de valor b*, siguiendo una misma tendencia en ambas condiciones de anaquel, siendo el control (LNa2.5/ κ -Cg0) el que presentó la mayor decoloración, menos amarillento y más oscuro (b* bajos) y por último se encuentra el tratamiento (LNa3.5/ κ -Cg1.5) siendo éste el más amarillento en la escala de todos los tratamientos (b* altos). Se observó que el incremento de κ -Cg a 1.5% y LNa a 3.5% causo un efecto significativo (b* estable, $P < 0.05$) en el valor b* para ambas condiciones de anaquel.

Cuadro 6. Separación de medias para la variable b*, a través del tiempo.

| Tratamiento | Días en anaquel | | | | |
|--------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| | 0(v) | 7(w) | 14(x) | 21(y) | 28(z) |
| | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 13.66 ± 0.17d | 12.36 ± 0.40e | 11.34 ± 0.12f | 10.77 ± 0.25d | 10.15 ± 0.02f |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 14.48 ± 0.27bc | 13.50 ± 0.27c | 12.21 ± 0.08d | 11.39 ± 0.22c | 10.38 ± 0.11e |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 14.36 ± 0.48bc | 12.37 ± 0.20e | 11.74 ± 0.16e | 11.21 ± 0.20c | 10.36 ± 0.10e |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 14.64 ± 0.30bc | 13.92 ± 0.03b | 13.38 ± 0.19bc | 12.82 ± 0.14b | 11.31 ± 0.09d |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 13.63 ± 0.31d | 12.97 ± 0.32d | 11.98 ± 0.24de | 10.69 ± 0.15d | 10.22 ± 0.01ef |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 14.77 ± 0.23b | 14.26 ± 0.06ab | 13.59 ± 0.09ab | 13.34 ± 0.24a | 12.77 ± 0.17b |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 14.26 ± 0.13c | 13.49 ± 0.12c | 13.18 ± 0.10c | 12.66 ± 0.22b | 12.14 ± 0.07c |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 15.44 ± 0.31a | 14.36 ± 0.12a | 13.85 ± 0.18a | 13.67 ± 0.19a | 13.36 ± 0.19a |
| CV (%) | 2.03 | 1.69 | 1.22 | 1.72 | 1 |

a-f Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05).

v-z Medias en la misma fila con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

DE: Desviación estándar

Estos resultados no concuerda con Maca *et al.* (1999) quienes reportaron que el valor b* disminuyó con la adición de lactato de sodio. La adición de k-Cg brinda una excelente estabilidad a la oxidación por acción de la luz o el aire (Castelli, 2006).

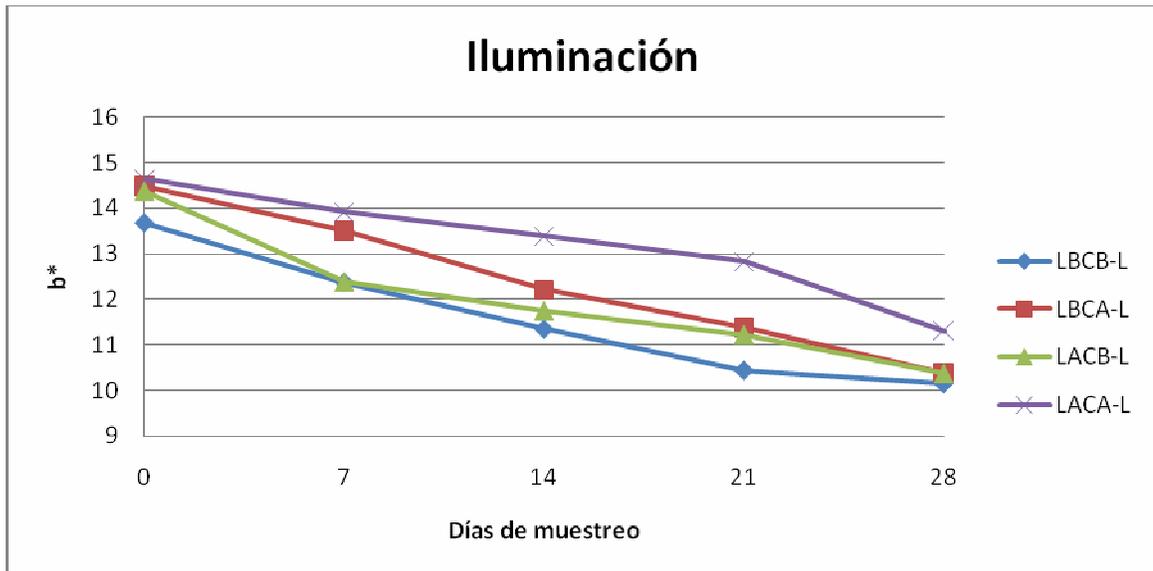


Figura 10. Efecto de la iluminación sobre el valor b* en los tratamientos a través del tiempo.

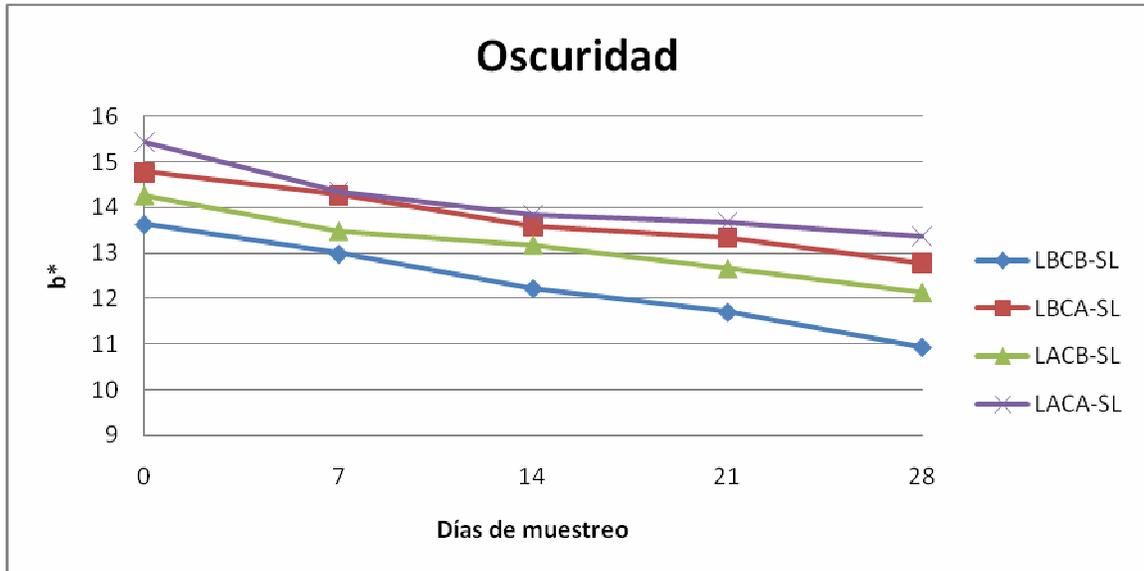


Figura 11. Efecto de la oscuridad sobre el valor b^* en los tratamientos, a través del tiempo.

Individualmente tanto el LNa, k-Cg y condiciones de anaquel jugaron papeles significativos sobre el valor b^* ($P < 0.05$), a través del tiempo. De todas las interacciones evaluadas, la interacción Luz/Sin luz/k-Cg/LNa (figura 12) se mantuvo constante ($P < 0.05$), a través del tiempo en la cual se observa claramente los efectos negativos provocados por la luz y el esfuerzo de la k-Cg y LNa por estabilizar el color.

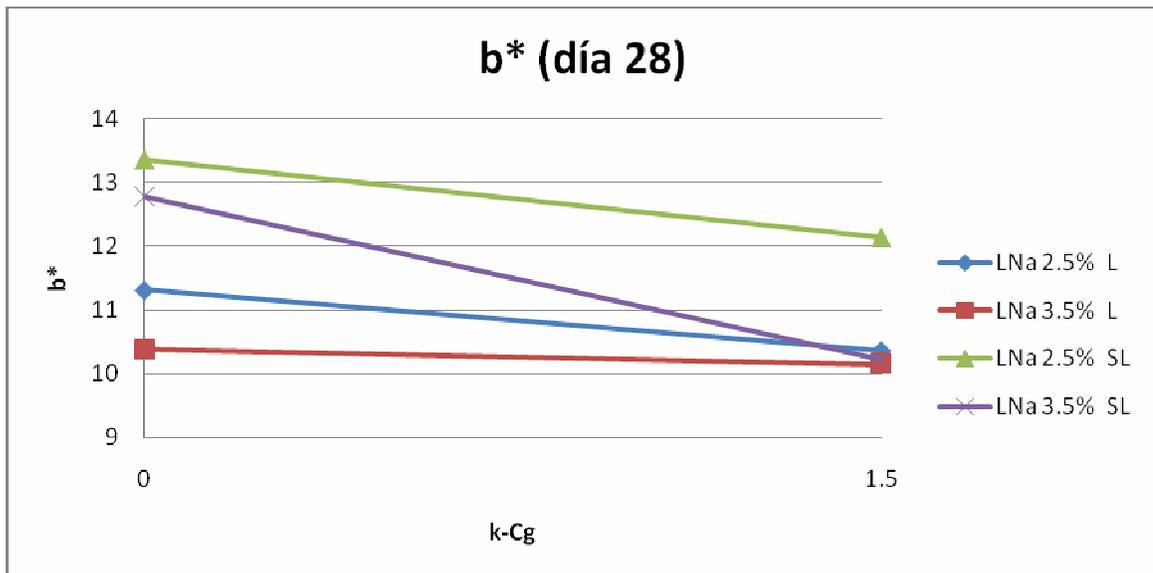


Figura 12. Efecto de k-carragenina (k-Cg), lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel sobre el valor b^* color del jamón picado de cerdo.

4.2 pH

La adición de lactato de sodio ha demostrado aumentar el pH de la matriz a la cual es agregado, aumentos en niveles de lactato de sodio tuvo como resultado aumentos en el pH en carne cocida de res (Pagach, 1992). Sin embargo, con el aumento en los días de almacenamiento, el pH disminuyó en la carne tratada con lactato de sodio.

El pH se mantuvo constante ($P>0.05$) en todos los tratamientos, durante los primeros 7 días. El lactato de sodio condujo variaciones en el pH ($P<0.05$) en el resto del tiempo en anaquel, sin embargo k-Cg y las condiciones de anaquel no influenciaron en los niveles de pH ($P>0.05$), a través del tiempo (Cuadro 7).

En éste estudio el pH a los días 0 y 7 no fueron significativamente influenciado ($P>0.05$) por el nivel de LNa, k-Cg y las condiciones de anaquel (figura 13 y 14). Esto concuerda con Tan y Shelef (2002), quienes reportaron que LNa no tiene efectos significativos en el pH inicial de productos cárnicos. A través del tiempo, al día 14, el pH aumento ligeramente y a los 21 y 28 días el pH disminuyo significativamente ($P<0.05$) afectado por el nivel de LNa. Los datos obtenidos mostraron que los tratamientos difieren en términos de valor pH, siguiendo una misma tendencia en ambas condiciones de anaquel, siendo el control (LNa 0% / κ -Cg 0%) el que presento el valor de pH más bajo. A los 28 días las muestras con altos niveles de LNa presentaron niveles de pH más básicos que aquellos con bajos niveles.

Cuadro 7. Separación de medias para la variable pH, a través del tiempo.

| Tratamiento | Días en anaquel | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| | 0(w) | 7(x) | 14(x) | 21(y) | 28(z) |
| | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 6.31 ± 0.02a | 6.44 ± 0.04ab | 6.45 ± 0.00a | 6.17 ± 0.04d | 5.99 ± 0.01b |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 6.32 ± 0.01a | 6.45 ± 0.04a | 6.44 ± 0.01a | 6.19 ± 0.06cd | 5.99 ± 0.02b |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 6.32 ± 0.01a | 6.40 ± 0.00b | 6.45 ± 0.02a | 6.23 ± 0.06bcd | 6.08 ± 0.05ab |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 6.32 ± 0.01a | 6.42 ± 0.02ab | 6.46 ± 0.02a | 6.28 ± 0.07ab | 6.10 ± 0.03a |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 6.32 ± 0.02a | 6.45 ± 0.04a | 6.44 ± 0.02a | 6.25 ± 0.02abc | 6.01 ± 0.08ab |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 6.33 ± 0.01a | 6.46 ± 0.01a | 6.45 ± 0.03a | 6.24 ± 0.03bcd | 6.03 ± 0.09ab |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 6.34 ± 0.05a | 6.45 ± 0.02a | 6.44 ± 0.03a | 6.3 ± 0.03a | 6.10 ± 0.06a |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 6.32 ± 0.01a | 6.45 ± 0.02 | 6.45 ± 0.06a | 6.30 ± 0.01ab | 6.10 ± 0.08a |
| CV (%) | 0.34 | 1.33 | 1.2 | 1.84 | 1.24 |

a-d Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

w-z Medias en la misma fila con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

CV: Coeficiente de variación DE: Desviación estándar

Todos los tratamientos, en ambas condiciones de anaquel, presentaron una tendencia a la estabilidad del pH durante los primeros 14 días. Esto concuerda con Aymerich *et al.*, (2005); citado por Rodríguez (2005), quien demostró que los lactatos en general tienen un

pH neutro y su aplicación no varía el balance ácido de los elaborados cárnicos: por el contrario, debido a su efecto tampón ayuda a mantener el pH de la carne por más tiempo.

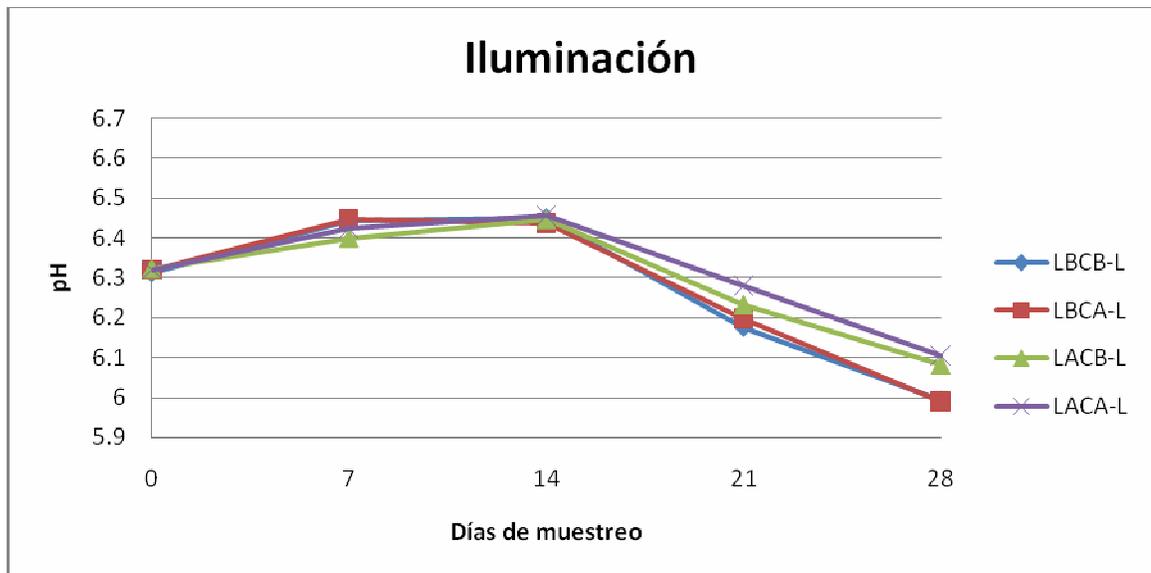


Figura 13. Efecto de la iluminación sobre el valor de pH en los tratamientos, a través del tiempo.

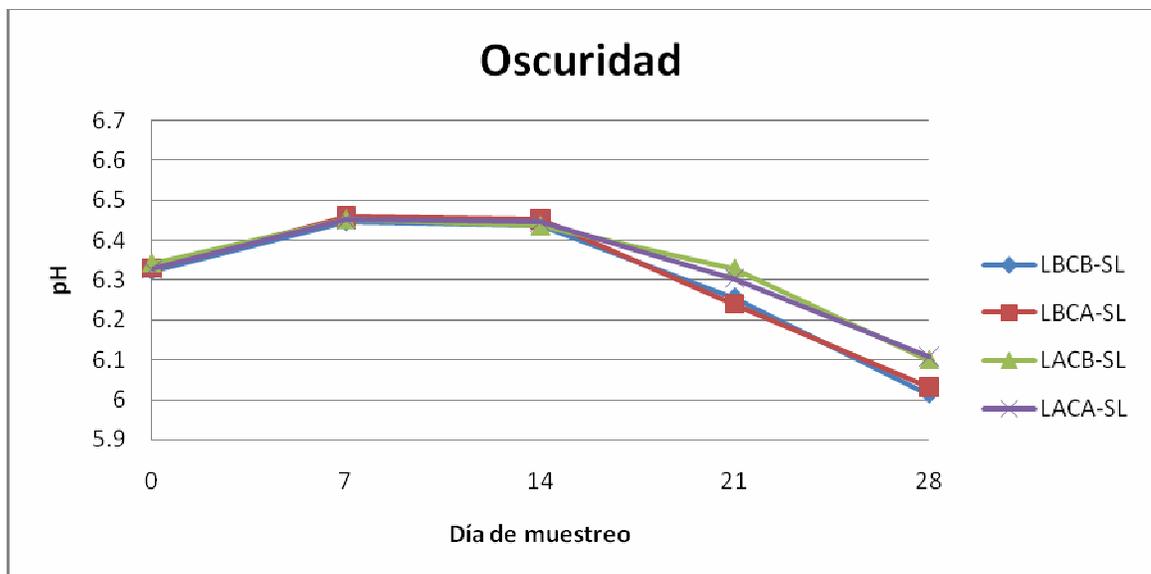


Figura 14. Efecto de la oscuridad sobre el valor de pH en los tratamientos, a través del tiempo.

Individualmente solo el LNa jugó un papeles significativos sobre el valor de pH ($P < 0.05$), a través del tiempo. De todas las interacciones evaluadas, ninguna tuvo influencia significativa, a través del ($P > 0.05$).

4.3 Purga

La purga aumentó ($P < 0.05$) cada día en todos los tratamientos (Cuadro 8). A través del tiempo la purga si fue significativamente afectada por LNa ($P < 0.05$), por las condiciones de anaquel ($P < 0.05$) y κ -Cg ($P < 0.05$).

Durante su estadía en el anaquel todos los tratamientos presentaron una producción continua de purga, especialmente aquellos bajo condiciones de iluminación quienes mostraron una mayor producción de purga que aquellos bajo condiciones de oscuridad. Los datos obtenidos muestran que los tratamientos difieren en términos de producción de purga, siguiendo una misma tendencia en ambas condiciones de anaquel, siendo el control (LNa 2.5% / κ -Cg 0%) el que presentó la mayor producción de purga y por último se encuentra el tratamiento (LNa 3.5% / κ -Cg 1.5%) siendo éste el más bajo en producción de purga de todos los tratamientos.

Cuadro 8. Separación de medias para la variable purga, a través del tiempo.

| Tratamiento | Días en anaquel | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 7(y) | 14(x) | 21(w) | 28(v) |
| | Media±DE | Media±DE | Media±DE | Media±DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 0.85 ± 0.02 ^a | 1.62 ± 0.03 ^a | 2.16 ± 0.03 ^a | 2.53 ± 0.02 ^a |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 0.63 ± 0.03 ^b | 1.27 ± 0.03 ^{cd} | 1.84 ± 0.03 ^{cd} | 2.27 ± 0.03 ^c |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 0.80 ± 0.03 ^a | 1.56 ± 0.03 ^a | 2.03 ± 0.03 ^b | 2.46 ± 0.03 ^a |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 0.53 ± 0.02 ^c | 1.22 ± 0.02 ^d | 1.76 ± 0.03 ^d | 2.15 ± 0.02 ^d |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 0.63 ± 0.06 ^b | 1.38 ± 0.06 ^b | 1.91 ± 0.06 ^c | 2.38 ± 0.03 ^b |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 0.49 ± 0.05 ^{cd} | 1.06 ± 0.06 ^e | 1.63 ± 0.06 ^e | 2.15 ± 0.09 ^d |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 0.62 ± 0.05 ^b | 1.36 ± 0.06 ^{bc} | 1.87 ± 0.04 ^c | 2.32 ± 0.05 ^{bc} |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 0.44 ± 0.03 ^d | 0.98 ± 0.10 ^e | 1.56 ± 0.07 ^e | 1.96 ± 0.03 ^e |
| CV (%) | 6.32 | 4.22 | 2.6 | 1.87 |

a-e Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

w-y Medias en la misma fila con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación DE: Desviación estándar

Individualmente tanto el LNa, κ -Cg y condiciones de anaquel jugaron papeles significativos sobre el valor de purga ($P < 0.05$), a través del tiempo. Además, se observó para ambas condiciones de anaquel (figura 15) una interacción constante entre LNa y κ /Cg, el incremento de 2.5 a 3.5% de LNa no tiene un efecto tan marcado en la reducción de la purga, siendo significativamente diferentes. En cambio todas las concentraciones de κ -Cg jugaron un papel muy marcado en la reducción de la purga.

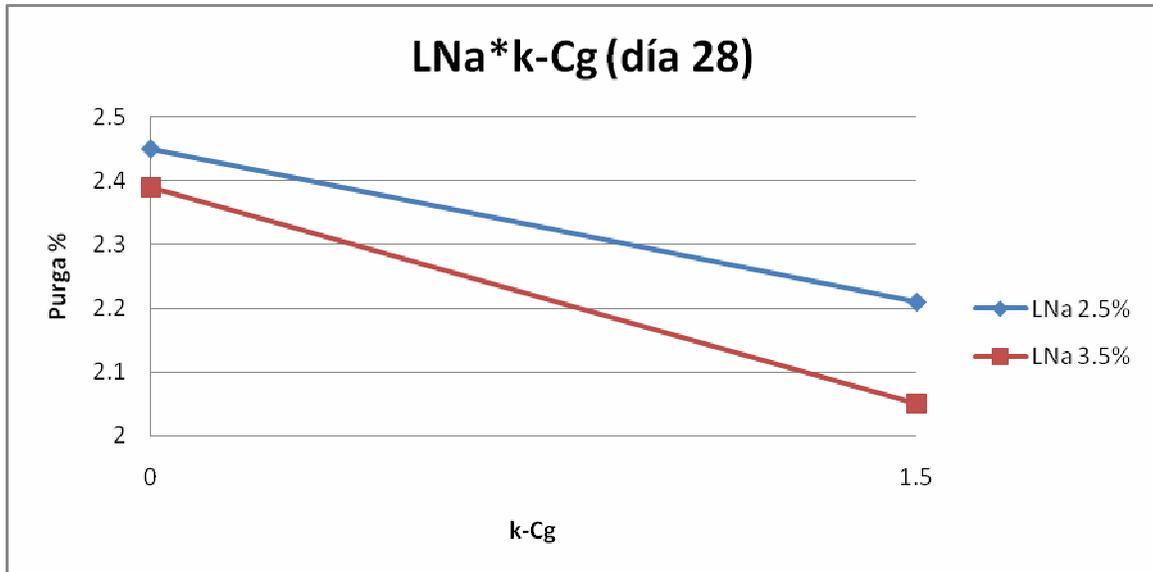


Figura 15. Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y dos niveles de κ -carragenina (κ -Cg) sobre la producción de exudados (purga) del jamón picado de cerdo.

Esto concuerda con Imeson (2000) y Trius y Sebranek (1996), que en productos cárnicos cocidos, la carragenina es utilizada para mejorar la retención de humedad, aumentando los rendimientos, mejorando las propiedades de rebanado y jugosidad. Además concuerda con Aymerich T. *et al.* (2005); citado por Rodríguez (2005), quien demostró que los lactatos tienen en general un pH neutro y debido a su efecto tampón ayuda a mantener el pH de la carne a lo largo de su vida útil, y por tanto, ayuda a reducir la formación de exudados.

Es importante mencionar que el pH juega un papel importante en la producción de exudados. Según Aberle (2001), el pH ideal de la carne de cerdo como materia prima para productos procesados oscila entre 5.7 y 6.3, la carne con mayor pH tiene mejores propiedades de retención de agua. De la misma manera, Otto *et al.* (2004), menciona que la cantidad de purga disminuye en valores de pH mayores a 6, esto debido al punto isoeléctrico de las proteínas.

Se observó una mayor producción de purga en los tratamientos bajo condiciones iluminadas (L) ($P < 0.05$), que los tratamientos bajo condiciones de oscuridad (SL) (figura 16), esto es debido a que presentaron un mayor crecimiento microbiano y al calor producido por la lámpara fluorescente.



Figura 16. Efecto de las condiciones en anaquel (Luz (L) y Sin Luz (SL)) sobre la producción de exudados (purga), a través del tiempo, en jamón picado de cerdo.

Según Greer (1984), la temperaturas en la superficie iluminada de la carne fresca o producto empacado fue más alto que en ausencia de la iluminación. Esto es un tipo de "efecto invernadero" en que, el calor producido por energía resplandeciente es absorbido por la carne y atrapado entre el empaque que envuelve y la superficie de la carne. Esto conlleva a un mayor crecimiento microbiano y degradación de la matriz proteica, por lo tanto una mayor producción de exudados.

Se observo claramente que el tiempo tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en la producción de la purga, la purga presentada al día 28 fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que el valor de purga a los 7 días, coincidiendo con Roseiro *et al.* (1994), quienes informaron que la sinéresis aumenta con el tiempo de almacenamiento del jamón. Esto ocurre por la disminución en la capacidad de retención de agua de las proteínas.

4.4 Microbiológico

En éste estudio el crecimiento microbiano fue significativamente afectada por el nivel de LNa ($P < 0.05$), κ -Cg ($P < 0.05$) y por las condiciones de anaquel ($P < 0.05$).

Se observó una reducción significativa en el conteo de aerobios totales a medida aumenta la cantidad de lactato de sodio (LNa) y κ -carragenina (κ -Cg). Sin embargo el poder bacteriostático del lactato de sodio se sobrepone a la κ -carragenina (figura 17), observando que a niveles de 3.5% de lactato de sodio no importa la cantidad de κ -carragenina utilizada, esta no tendrá ningún efecto inhibitor para el crecimiento microbiano. Los tratamientos con LNa 3.5% fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$), para ambas condiciones de anaquel.

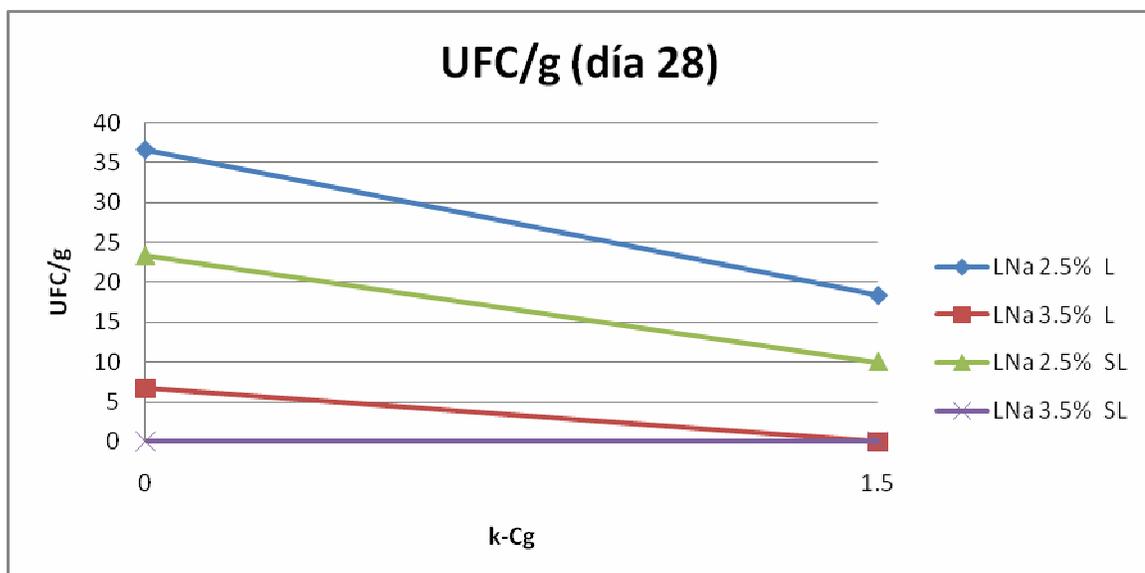


Figura 17. Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y dos niveles de κ -carragenina (κ -Cg) en la carga microbiana del jamón picado de cerdo a los 28 días, en ambas condiciones de anaquel.

Según Imeson (2000), en productos cárnicos cocidos la carragenina es utilizada para mejorar la retención de humedad, disminuyendo en cantidades aceptables el agua libre del producto, necesaria para el crecimiento microbiano. No tiene un poder bacteriostático.

Esto concuerda con Maca *et al.* (1999), la adición de LNa produce una reducción significativa en el conteo de aerobios totales en productos cárnicos, lo que coincide con el presente estudio. Además Aymerich *et al.* (2005); citado por Rodríguez (2005), el lactato de sodio aumenta la fase de latencia de los microorganismos, es decir, el tiempo necesario para que los microorganismos comiencen a multiplicarse de forma exponencial, además de un alto poder bacteriostático.

Se observó un mayor crecimiento microbiano en los tratamientos bajo condiciones de iluminación, comparado con aquellos bajo condiciones de oscuridad. Uno de los principales factores que condujeron a esta diferencia fue el incremento de temperatura en las muestras bajo condiciones iluminadas, la temperatura promedio del ambiente osciló entre 3 ± 1 °C y la temperatura de las muestras bajo la lámpara fluorescente osciló entre 5 ± 1 °C.

Esto concuerda con PROMOLUX (2008), los aumentos aún pequeños de la temperatura tienen un efecto profundo en el crecimiento de bacterias que lleva a la putrefacción de carne. El hecho de encender regularmente la fuente de luz en el anaquel emite calor.

Según Greer (1984), la temperatura en la superficie iluminada de la carne fresca o producto empacado fue más alto que en ausencia de la iluminación. Esto es un tipo de "efecto invernadero" en que, el calor producido por energía resplandeciente es absorbido por la carne y atrapado entre el empaque que envuelve y la superficie de carne.

Además Branquia y Shand (1993); citado por Jeremiah y Gibson (1997), encontraron que aumentar la temperatura de almacenamiento por sólo un grado o dos tienen un efecto profundo en la vida de almacenamiento del producto en cualquier tipo del envase utilizado. Por lo tanto, cualquier aumento de la temperatura, encima del óptimo, produce una disminución proporcional en la vida de almacenamiento.

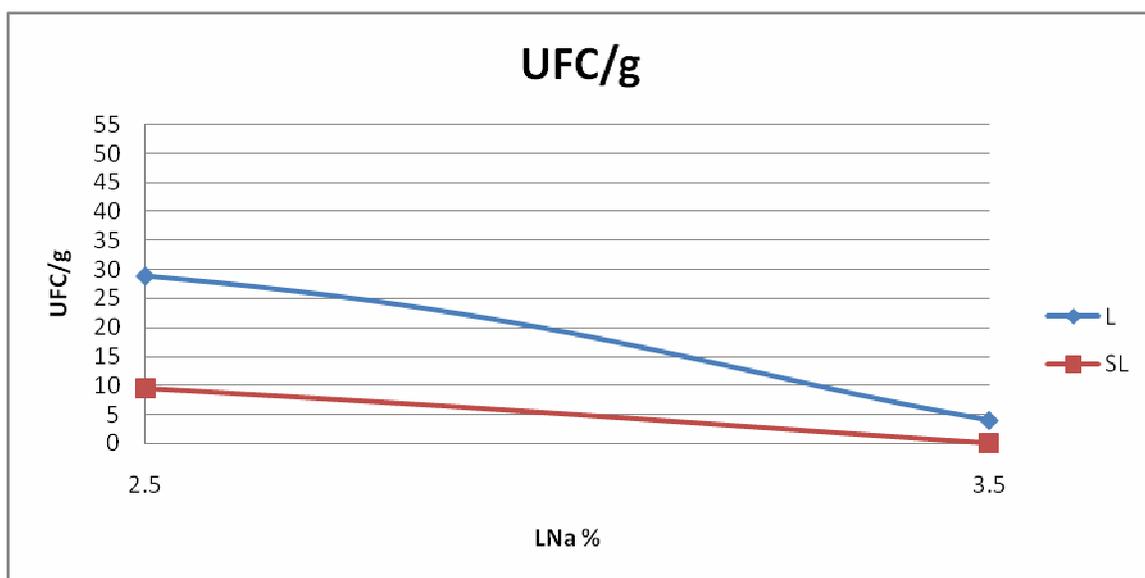


Figura 18. Efecto de dos niveles de lactato de sodio (LNa) y condiciones de anaquel en la carga microbiana del jamón picado de cerdo a los 28 días.

En general los conteos microbianos de todas las muestras a los 28 días son aceptables (cuadro 9) según la Norma Oficial Mexicana (2005) que nos indica que un producto cárnico cocido contiene normalmente 10^5 UFC de mesófilos aerobios por gramo de muestra.

Cuadro 9. Separación de medias para UFC/g de mesófilos aerobios.

| Tratamiento | 28 días en anaquel |
|--------------------|--------------------|
| | Media±DE |
| (LNa2.5/k-Cg0)L | 36.66 ± 2.88a |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)L | 23.33 ± 2.88b |
| (LNa3.5/k-Cg0)L | 18.33 ± 2.88c |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 10.00 ± 0.00d |
| (LNa2.5/k-Cg0)SL | 6.66 ± 2.88d |
| (LNa2.5/k-Cg1.5)SL | 0.00 ± 0.00e |
| (LNa3.5/k-Cg0)SL | 0.00 ± 0.00e |
| (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 0.00 ± 0.00e |
| CV (%) | 17.19 |

a-e Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación

DE: Desviación estándar

4.5 Sensorial

Esta prueba se realizó a los mejores tres tratamientos estadísticamente, en cuanto al parámetro microbiológico, a los 28 días. Estadísticamente los mejores 3 tratamientos fueron LACA-SL, LACA-L y LACB-SL. Para tener dos parejas (L-SL) de cada TRT, se analizó además el LACB-L.

Debido a la alta variabilidad y a la falta de seguimiento de un modelo lineal ($R^2 < 0.4$), los datos del análisis de aceptación de aroma, textura y sabor no fueron tomados en cuenta, porque no presentaron un modelo por lo tanto las variables no pueden ser explicadas.

Para las características de color y aceptación general en el jamón de cerdo (cuadro 10) se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos, es decir, que los panelistas si encontraron diferencias. Esto puede deberse a que el color fue el primer parámetro evaluado por los panelistas el cual generó una influencia en el panelista sobre las otras variables a evaluar y por ende en la aceptación final del producto. Esto concuerda con Shahidi y Pegg (1995), quienes mostraron que el color es uno de los parámetros de calidades más importantes al momento de evaluar un producto cárnico y a la vez ejerce una gran influencia sobre la decisión de compra y consumo.

Cuadro 10. Separación de medias para color y aceptación general.

| Variable | Tratamiento | Color* Media±DE | Aceptación General* |
|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Sensorial | (LNa3.5/k-Cg1.5)L | 2.86 ± 0.54b | 2.72 ± 0.45c |
| | (LNa3.5/k-Cg1.5)SL | 4.28 ± 0.57a | 3.80 ± 0.62a |
| | (LNa3.5/k-Cg0)L | 2.64 ± 0.54b | 3.11 ± 0.46b |
| | (LNa3.5/k-Cg0)SL | 4.03 ± 0.65a | 3.77 ± 0.59a |
| CV(%) | | 16.75 | 16.06 |

*: Basada en una escala de 1 – me desagrada mucho a 5 – me agrada mucho (color).

a-c Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación DE: Desviación estándar

4.6 Correlación

1.6.1 Color-Apariencia

Existe una correlación positiva (cuadro 11). El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace, en decir que cuando aumentan los valores en la escala de color, el producto será más preferido por los panelistas.

Cuadro 11. Correlaciones de color L*a*b* con apariencia sensorial, día 28.

| Variable | L* | a* | b* |
|----------|----------|----------|----------|
| CP | 0.97417* | 0.85894* | 0.92308* |
| P | <.0001** | 0.0003** | <.0001** |

***Correlación **Probabilidad**

1.6.2 Purga-Color

Existe una correlación negativa (cuadro 12). El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye. Es decir que al aumentar la purga la intensidad del color decrece, aumenta la decoloración.

Según Xiong (1997), la mioglobina al ser una proteína sarcoplasmática se puede disolver en agua perdiéndose de esta manera en la purga de la carne y afectando la intensidad de color rojo de la carne de cerdo.

Cuadro 12. Correlaciones de purga con el color L*a*b*, día 28.

| Variable | L* | a* | b* |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| CP | -0.79324* | -0.93583* | -0.81572* |
| P | <0.001** | <0.001** | <0.001** |

***Correlación **Probabilidad**

1.6.3 Purga-pH

No existió ninguna correlación entre las variables analizadas (cuadro 13).

Cuadro 13. Correlaciones de purga con pH.

| Variable | Ph |
|----------|-----------|
| CP | -0.45941* |
| P | 0.5141** |

***Correlación **Probabilidad**

5. CONCLUSIONES

- La iluminación de los jamones tiene efecto sobre el color de los mismos. Con iluminación los jamones presentaron tonos rojizos (a^*) y amarillentos (b^*) más bajos. Esto nos presenta a su vez una correlación alta positiva con la aceptación general del jamón por los panelistas.
- Existe interacción de los tres factores estudiados en la luminosidad (L^*) y color rojo (a^*). A mayores niveles de k-Carragenina es más pronunciado el efecto del lactato de sodio.
- Existe interacción en el factor purga (%), entre la k-carragenina y el lactato de sodio. A mayores niveles de k-carragenina es mayor la disminución del efecto de lactato de sodio sobre la purga.
- En el aspecto microbiológico existe una interacción lactato luz y carragenina luz. Es mayor el efecto de la luz a bajos niveles de k-carragenina que a altos niveles, efecto que se ve más marcado a 3.5% de lactato de sodio que a 2.5%.
- El factor luz y no la k-carragenina fue el que tuvo efecto sobre el color, aroma, textura, y aceptación general en los panelistas. La k-carragenina y no la luz hizo efecto negativo sobre la aceptación del jamón.
- El mejor tratamiento fue 3.5% LNa/1.5% k-Cg, en cuanto a color en la escala L^* y a^* , estuvo entre los mejores en la escala b^* , purga y conteo microbiano.
- El peor tratamiento fue el control (2.5% LNa/0% k-Cg) en la escala L^* y a^* , entre los peores en la escala b^* , purga y microbiológico.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones de oxidación de lípidos a través del tiempo.
- Realizar un estudio del efecto que tienen diferentes empaques permeables al oxígeno y la luz, pero que a su vez el producto pueda ser visible por el consumidor.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aberle, D; Forrest, J; Gerrard, D. y Mills, E. 2001. Principles of Meat Science. Edit Kendall/Hunt. Estados Unidos. 354p.

Andersen, H. y Skibsted, H. 1992. Kinetics and mechanism of thermal oxidation and photooxidation of nitrosylmyoglobin in aqueous solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1741–1750.

Bendall, R. 1973. In structure and function of muscle. Pag. 243–309. New York: Academic Press

Bernal, M; Smajda, H; Smith, L. y Stanley, W. 1987. Interactions in protein/polysaccharide/calcium gels. *Journal of Food Science*, 52(5), 1121–1125, 1136.

Castelli, M. 2006. Carrageninas. Su aplicación en productos cárnicos .Investigación y Desarrollo - División Alimentos. La Industria Cárnica Latinoamericana N° 142.

Chen, N. y Shelef, A. 1992. Relationship between water activity, salts of lactic acid, and growth of *Listeria monocytogenes* in a meat model system. *Journal of Food Protection*, 55(8), 574–578.

Correa, J; Méthot, S. y Faucitano, L. 2006 A modified meat juice container (EZ-Driploss) procedure for more reliable assessment of Drip loss and related quality changes in pork meat. *Journal of Muscle Foods* 18 (2007) 67–77.

Faustman, C. y Cassens, G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *JMuscle Foods* 1(1):217–43.

Francis, J. y Clydesdale, M. 1975. Food Colorimetry: Theory and Applications. AVI Publishing Co. Inc., Westport, CT.

Greer, G. 1984. Improved Quality of Retail Beef Through Control of Bacterial Spoilage. Lacombe, Alberta: Research Branch Agriculture Canada. Technical Bulletin 1984-13E.

Hsu, Y. y Chung, Y. 2001. Effects of j-carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. *Journal of Food Engineering*, 47(2), 115–121.

Huff-Lonergan, E; Baas, T; Malek, M; Dekkers, J; Prusa, K. y Rothschild, M. 2002. Correlations among selected pork quality traits. *J. Anim. Sci.* 80, 617–627.

Hunt, M. 1980. Meat color measurements. *Proc. Recip. Meat Conf.* 33:41.

Hunt, M. y Kropf, D. 1985. Color and appearance. In: *Adv. Meat Research*. Vol. 3. *Restructured Meat and Poultry Products*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT.

Imeson, P. 2000. Carrageenan. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids*. Pag. 87–102. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.

Jeremiah, L. y Gibson, L. 1997. The Influence of Storage and Display Conditions on the Retail Properties and Case-life of Display-ready Pork Loin Roasts. *Meat Science*, vol. 47, no. 1/2: 17-27.

Kropf, H; Tuma, J; Allen, C; Hunt, C; Sandberg, L. y Schafer, E. 1976. Evaluation of color and other properties of frozen beef. In: *Objective Methods of Food Evaluation*. Natl. Academy of Sciences, Washington, D.C.

Kropf, H. 1980. Effects of retail display conditions on meat color. *Proceedings 33rd reciprocal meats conference*, 22–25 June 1980, West Lafayette, Ind., U.S.A. Savoy, Ill.: AmMeat Sci Assoc.

Maca, J; Miller, R. y Acuff, G. 1999. Microbiological, sensory and chemical characteristics of vacuum-packaged ground beef patties treated with salts of organic acids (en línea). *Journal of Food Science*. 62:591–596. Consultado el 6 de octubre del 2008. Disponible en: www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1805706

Maturin, L. y Peeler, J. 1998. Bacteriological Analytical Method: general guidelines/procedures (en línea). Consultado el 4 de octubre de 2008. Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html>.

Miller, K. y Acuff, R. 1994. Sodium lactate affects pathogens in cooked beef. *Journal of Food Science*, 59(1), 15–19.

Møller, S; Jensen, S; Olsen, B; Skibsted, S. y Bertelsen, G. 2000. Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced, pasteurised ham packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 54, 399–405.

Morrissey, A., y Tichivangana, Z. 1985. The antioxidative activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats. *Meat Science*, 14, 175–190.

Norma Oficial Mexicana. 2005. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. (en línea). Consultado 6 de octubre del 2008. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/NOM/213ssa.pdf>

Otto, G; Roehe, R; Looft, H; Thielking, L. y Kalm, E. 2004. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. *Meat Science* 68 (2004) 401–409.

Pagach, D. 1992. The use of Sodium and/or Potassium Lactate to Extend Shelf-life and Reduce Sodium Levels in Precooked Beef Systems. M.S. Thesis, Texas A&M Univ, College Station, TX.

Pietrasik, Z. y Duda, Z. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Science*, 56(2), 181–188.

PROMOLUX. 2008. Fresh Meat Discoloration in Retail Meat Showcases (en línea). Consultado el 5 de octubre del 2008. Disponible en: http://www.promolux.com/english/retail_meat_color_discoloration.html

Rodríguez J. (2005). El uso de lactatos en el control de productos cárnicos. El lactato y otras sales pueden emplearse para el control de patógenos siempre que no afecten sus propiedades organolépticas.

Roseiro, L; Santos, C. y Melo, R. 1994. Muscle pH 6.0, colour (L,a,b) and water-holding capacity and the influence of postmortem meat temperature. *Meat Sci.* Vol. 38:353-359.

Safespectrum, Market Group Ventures Inc. 2008. The Science of Fluorescent Lighting (en línea). Consultado el 5 de octubre del 2008. Disponible en: http://www.safespectrum.com/light_radiation.html

Setser, C. 1984. Color: reflections and transmissions. *J. Food Quality*. 6:183.

Shahidi, F. y Pegg, B. 1995. Nitrite alternatives for processed meats. In G. Charalambous (Ed.), *Food flavors: generation, analysis and process influence*. Pag. 1223–1241. Amsterdam: Elsevier Science.

Skibsted, L. 1992. Cured meat products and their oxidative stability. In D. E. Johnston, M. K. Knight, & D. A. Ledward (Eds.), *The chemistry of muscle-based foods*. Pag. 266–286. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Smith, M. 1988. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. *Food Technology*, 42(4), 116–121.

Stanley, N. 1990. Carrageenans. In P. Harris (Ed.), *Food gels* (pp. 53–78). London: Elsevier Science Publishers Ltd.

Tan, W. y Shelef, A. 2002. Effects of sodium chloride and lactates on chemical and microbiological changes in refrigerated and frozen fresh ground pork (en línea). *Meat*

Science. 62:27–32. Consultado el 4 de octubre de 2008. Disponible en: www.ingentaconnect.com/content/els/03091740/2002/00000062/00000001/art00223

Trius, A. y Sebranek, G. 1996. Carrageenans and their use in meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(1–2), 69–85.

Vega-Warner, V; Merkel, A. y Smith, M. 1999. Composition, solubility and gel properties of salt soluble proteins from two bovine muscle types. *Meat Science*, 51(3), 197–203.

Warriss, D; Bevis, A. y Ekins, J. 1989. The relationships between glycogen stores and muscle ultimate pH in commercially slaughtered pigs. *British Veterinary Journal*, 145, 378–383.

Westland, S. 2004. L* a* b*colour space. Somerset Villa, 106 London Road, Newcastle-under-Lyme (en línea). Consultado 5 de octubre de 2008. Disponible en: www.colourware.co.uk.

Xiong, L. 1997. Structure-function relationships of muscle proteins. In S. Damodaran & A. Paraf (Eds.), *Food proteins and their applications* (pp. 341–392). New York: Marcel Dekker, Inc.

Xiong, L; Noel, C. y Moody, G. 1999. Textural and sensory properties of low-fat beef sausages with added water and polysaccharides as affected by pH and salt. *Journal of Food Science*, 64(3), 550–554.

Zayas, F. 1997. *Functionality of proteins in food*. Berlin: Springer- Verlag.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Formato de evaluación sensorial

ANÁLISIS SENSORIAL

Nombre: _____ Fecha: _____ Muestra: _____

INSTRUCCIONES: Marque con una X la escala que le asigne a cada uno de los atributos de acuerdo a la intensidad de percepción. Antes de probar cada muestra ingiera un poco de agua y consuma un poco de galleta.

ACEPTACIÓN

APARIENCIA GENERAL (Color)

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada Mucho | me desagrada poco | no me agrada ni me desagrada | me agrada poco | me agrada Mucho |

OBSERVACIONES

AROMA

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada Mucho | me desagrada poco | no me agrada ni me desagrada | me agrada poco | me agrada Mucho |

OBSERVACIONES

TEXTURA

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada Mucho | me desagrada poco | no me agrada ni me desagrada | me agrada poco | me agrada Mucho |

OBSERVACIONES

SABOR

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada Mucho | me desagrada poco | no me agrada ni me desagrada | me agrada poco | me agrada Mucho |

OBSERVACIONES

ACEPTACIÓN GENERAL

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada Mucho | me desagrada poco | no me agrada ni me desagrada | me agrada poco | me agrada Mucho |

OBSERVACIONES

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN