

## Influencia del Alginato de Sodio Sobre la Sinéresis en Jamón Cocido

### Influence of Sodium Alginate on Syneresis in Cooked Ham

Luz Amparo Montoya Pérez<sup>1</sup>; Diego Alonso Restrepo Molina<sup>2</sup> y Héctor Suárez Mahecha<sup>3</sup>

**Resumen.** El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del jamón de cerdo cocido usando alginato de sodio y carragenina durante la elaboración y almacenado a 8 °C durante 35 días. Fueron realizados dos tratamientos con alginato de sodio usando 0,3% y 0,5% y un tratamiento con carragenina 0,5%, después de la elaboración el jamón de cerdo cocido fue empacado al vacío a 8 °C durante 35 días. Los resultados indican que la mayor pérdida de agua fue observada a partir del día 21 del periodo de almacenamiento, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). La menor pérdida de agua correspondió al tratamiento con alginato de sodio al 0,5% y la mayor pérdida fue para el tratamiento con carragenina al 0,5% ( $P < 0,05$ ). El recuento inicial para mesófilos fue de 1,03 log UFC/g, para el final del periodo de almacenamiento el valor correspondió a 5,74 log UFC/g sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos. El valor inicial para pH de 6,64 fue descendiendo a lo largo del periodo de almacenamiento hasta 6,35. Para el atributo sabor el puntaje más alto y el menor correspondió al jamón elaborado con carragenina 0,5% y alginato 0,3% respectivamente. El atributo apariencia muestra la mejor calificación para carragenina 0,5%, mientras que la peor calificación corresponde al jamón elaborado con alginato 0,3%. Para la fuerza de corte el menor valor corresponde al jamón con carragenina 0,5%, mientras que la peor calificación corresponde nuevamente al jamón elaborado con alginato 0,3%. En este sentido, la textura del producto, específicamente la mordida, es afectada negativamente por el uso de alginatos.

**Palabras claves:** Hidrocoloides, gelificación, carne, cerdo, embutidos.

**Abstract.** The aim of this study was to evaluate the quality of cooked pork ham using sodium alginate and carrageenan during processing and storage at 8°C for 35 days. Two treatments were conducted using sodium alginate 0.3% and 0.5% and carrageenan treatment 0.5%, after preparation the pork cooked ham was vacuum packed at 8 °C for 35 days. The results indicate that the major water losses were presented from the 21 day of the storage period, without significant differences between treatments ( $P > 0.05$ ). The lowest water loss corresponded to treatment with sodium alginate at 0.5% and the loss was greater for treatment with 0.5% carrageenan ( $P < 0.05$ ). The initial mesophilic count was of 1.03 log CFU / g, by the end of the storage period were obtained values of 5.74 log CFU / g showing no significant differences among treatments. The initial pH values of 6.64 were declining throughout the storage period, reaching values of 6.35. For flavor attribute highest and lowest scores corresponded to ham prepared with carrageenan 0.5% and alginate 0.3% respectively. The appearance attribute shows the highest scores for carrageenan 0.5%, while smaller values correspond to ham formulated with 0.3% alginate. For cutting force, the minor values correspond to ham with carrageenan 0.5 %, whereas the worst qualifications correspond again to ham elaborated with alginate 0.3 %. In this respect, the texture of product, specifically the bite, is negatively affected by the use of alginates.

**Key words:** Hydrocolloids, gelation, meat, pork, sausages.

En la elaboración de productos cárnicos cocidos empacados al vacío, puede presentarse en diferente grado, el problema de la sinéresis o liberación de agua, el cual ocurre principalmente durante el almacenamiento del alimento. En la industria de productos cárnicos, para la elaboración de Jamón tajado empacado al vacío, son utilizados varios aditivos para corregir este inconveniente. Dentro de los aditivos más utilizados están los carragenatos o carrageninas, que además de cumplir varias funciones como suspensión de partículas, estabilizante para emulsiones, controlar propiedades de flujo, producir geles estables a temperatura ambiente y permitir altos niveles de agua en la

elaboración de productos, también ayudan a evitar la sinéresis. Sin embargo, no ha sido fácil hasta el momento, encontrar una sustancia capaz de dar una solución completamente satisfactoria (Smith, 1988; Vega *et al.*, 1999).

La pérdida de agua en los productos cárnicos cocidos, empacados al vacío, además de ser un problema para la presentación del producto y la aceptación por parte del consumidor, representa un problema mucho mayor en cuanto a la calidad microbiológica, debido a la multiplicación de los microorganismos presentes, que alteran las características sensoriales del jamón y disminuyen la vida útil del producto.

<sup>1</sup> Estudiante Especialización en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@bt.unal.edu.co>

<sup>3</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Carrera 30 No. 45-03, Edificio 500, Bogotá, Colombia. <hsuarezm@unal.edu.co>

Recibido: Marzo 18 de 2009; Aceptado: Abril 22 de 2010

Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 63(1):5409-5415. 2010

Recientemente han sido desarrollados una serie de hidrocoloides, diseñados para atrapar humedad, capaces de retener y estabilizar el agua en proporciones altas, siendo funcionales en ambientes poco favorables como al vacío, baja temperatura, concentración de sal y pH. Dentro de estos hidrocoloides son considerados principalmente las carrageninas, (Xantana, Guar, Algarrobo) y los alginatos. El efecto de la adición de carragenatos sobre las propiedades funcionales en la formulación de productos cárnicos han sido estudiadas por varios autores (Ayadi *et al.*, 2009). De otra parte Bater *et al.* (1992) encontraron que las carrageninas mejoran el rendimiento, tajado, textura y disminuyen la sinéresis. En salchichas las carrageninas también incrementan la dureza cuando son adicionadas en soluciones acuosas, reemplazando parte de la grasa, mejorando la capacidad de retención de agua (Barbut y Mittal 1992). De otra parte Xiong *et al.*, (1999) y Pietrasik (2003) observaron que las carrageninas incrementan el rendimiento en cocción, dureza y fuerza de corte en salchichas bajas en grasa.

Son pocos los estudios realizados con alginatos, los cuales, además de ser utilizados para evitar pérdida de agua, son uno de los biopolímeros más funcionales para uso en la industria alimenticia: como aditivos por las propiedades espesantes, emulsionantes (aceite-agua), estabilizantes, coloides protectores y texturizantes en distintos productos como helados, conservas, aderezos de ensaladas y embutidos entre otros (Candogan y Kolsarici, 2003a, 2003b).

El uso de algunos alginatos en general y el alginato de sodio en particular, es una opción para la estabilización de geles en productos cárnicos cocidos, este compuesto puede soportar esfuerzos como los que suceden en el empaque al vacío (Liu *et al.*, 2007). En este sentido podría ser una alternativa para ser utilizada en la elaboración de jamón cocido tajado empacado al vacío.

El alginato de sodio ha sido estudiado ya que mejora las condiciones de retención de agua en diferentes productos cárnicos (Pyo y Bok, 2010). Sin embargo, las características de textura y formación de gel sobre los atributos de calidad no han sido claramente analizadas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de jamón de cerdo cocido elaborado con alginato de sodio y carragenina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de las muestras de jamón de cerdo cocido fue utilizada carne de cerdo, agua 65%, proteínas 14%, grasa 20% y minerales 1%. Fueron usados aditivos de grado analítico cloruro de sodio (NaCl), nitrato de sodio (NaNO<sub>2</sub>), ácido ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) y tripolifosfato de sodio (Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>). El alginato de sodio (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) fue obtenido de un proveedor local y adicionado a la salmuera utilizada en la preparación del jamón. Fueron utilizadas dos concentraciones de alginato de sodio 0,3% y 0,5%; y comparado con carragenina al 0,5%. Las muestras elaboradas fueron almacenadas en cámaras de temperatura controlada a 8±0,5 °C durante 35 días, y realizados los análisis en los días 0, 7, 14, 21, 28 y 35.

La salmuera fue preparada y mezclada para ser adicionada en la carne utilizando Tumbler Injec Star® con capacidad para 30 L. La etapa de tombleado fue de 2 horas y 30 minutos con aproximadamente 15 RPM, realizada en vacío, refrigeración y posteriormente las muestras fueron cocidas hasta alcanzar 72 °C. La evaluación del jamón cocido fue realizada siguiendo los siguientes análisis:

**Sinéresis.** Determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de agua} = \frac{\text{Peso inicial muestra} - \text{Peso final muestra}}{\text{Peso inicial muestra}} \times 100$$

**pH.** La determinación de pH fue realizada con un potenciómetro Metrohm modelo 744 con sensor de temperatura termosonda PT 1000 y electrodo de vidrio.

**Actividad de agua (aw).** Para el análisis de Aw se utilizó el medidor Aqualab® CX-2.

**Análisis microbiológicos.** Se realizaron los siguientes análisis microbiológicos: recuento de mesófilos (heterótrofos) en placa, según las Normas del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) destinados para el consumo humano (INVIMA, 1998).

**Recuento de mesófilos en placa.** 10 g de la muestra fueron adicionados a 90 mL de agua peptonada 0,1% p/v, y sembrado en cajas de Petri con agar Plate Count e incubadas a 35 ± 2 °C durante 48 horas. Los resultados fueron

expresados en Unidades Formadoras de Colonia/ mL, "UFC/mL".

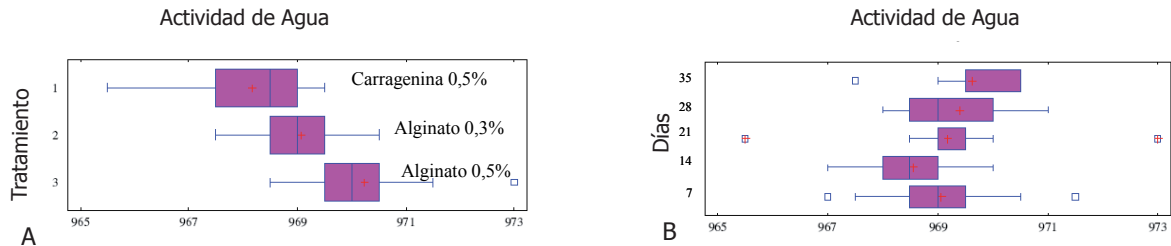
**Evaluación sensorial.** El análisis sensorial se llevó a cabo por el método tradicional de juzgar la calidad de productos cárnicos. Fueron evaluadas las características sensoriales como apariencia, color, aroma y textura por cinco panelistas entrenados. El puntaje se basó en una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 corresponde a "disgusté extremadamente" y 9 "gusté extremadamente". El valor sensorial de 4 fue tomado como el rango mínimo de aceptabilidad (Amerine *et al.*, 1965).

**Análisis estadístico.** Todos los ensayos fueron realizados por triplicado. El efecto de los diferentes

tratamientos sobre el jamón cocido de cerdo tajado empacado al vacío y refrigerado a  $8 \pm 0,5$  °C, fue evaluado por análisis de variancia (ANAVA), aceptada como diferencia significativa  $P < 0,05$  y fue utilizado el software Statgraphics (Statistical Graphics Corp. Rockville, MD, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

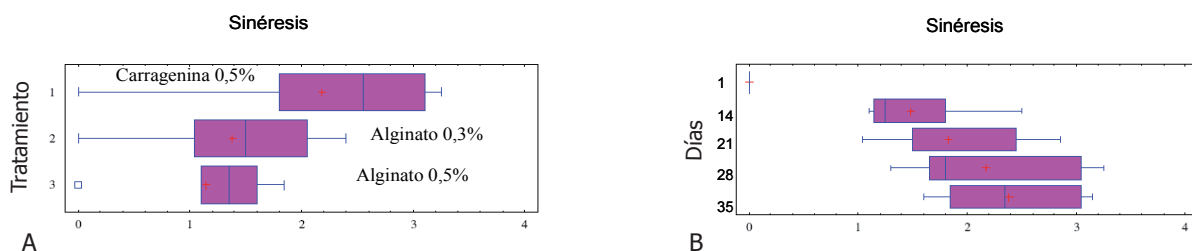
**Actividad de agua.** En la Figura 1 son mostrados los resultados de  $A_w$ . Es observado que existe diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) de manera que la menor  $A_w$  correspondió al tratamiento con carragenina 0,5%, mientras que la mayor correspondió al tratamiento con alginato al 0,5% (Figura 1A); sin embargo, no fueron observadas diferencias significativas a lo largo del periodo de almacenamiento (Figura 1B).



**Figura 1.** Efecto de la actividad de agua para jamón cocido tratado con carragenina al 0,5% y alginato de sodio al 0,3% y 0,5% (A) y durante el periodo de almacenamiento durante 35 días (B) refrigerado a 8 °C.

**Sinéresis.** Los resultados de la sinéresis son presentados en la Figura 2. Las mayores pérdidas de agua fueron presentadas a partir del día 21 del periodo de almacenamiento (Figura 2B), sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

La menor pérdida de agua correspondió al tratamiento con alginato de sodio al 0,5%, mientras que los mayores valores fueron mostrados para el tratamiento con carragenina al 0,5% ( $P < 0,05$ ) (Figura 2A).



**Figura 2.** Efecto de la sinéresis para jamón cocido refrigerado a 8 °C, tratado con carragenina al 0,5%, alginato de sodio al 0,3% y 0,5% (A), durante el periodo de almacenamiento de 35 días (B).

**Cambios microbiológicos y pH.** Los valores encontrados para mesófilos son mostrados en la Tabla 1. El recuento inicial para mesófilos fue 1,03 log UFC/g presentando en principio, un estado de

buena calidad higiénica del jamón cocido. Para el final del periodo de almacenamiento fueron obtenidos valores de 5,74 log UFC/g. No fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 1.** Análisis microbiológico y pH de jamón cocinado tratado con carragenina 0,5% y alginato de sodio 0,3% y 0,5% almacenado durante 35 días a  $8 \pm 0,5$  °C.

Análisis	Tiempo de almacenamiento (Días)					
	0	5	14	21	28	35
Mesófilos log ufc/g	1,03±0,32	1,45±0,28	2,95±0,36	4,76±0,14	5,02±0,58	5,74±0,37
pH	6,64 <sup>a</sup> ±0,27	6,52 <sup>b</sup> ±0,45	6,45 <sup>b</sup> ±0,23	6,43 <sup>b</sup> ±0,51	6,43 <sup>b</sup> ±0,42	6,35 <sup>c</sup> ±0,35

En cuanto a los valores de pH solamente fue encontrada diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento ( $P < 0,05$ ) pero no entre tratamientos. Los valores iniciales para pH de 6,64 fueron descendiendo a lo largo del periodo de almacenamiento hasta alcanzar valores de 6,35.

**Análisis sensorial.** Los resultados del análisis sensorial para jamón de cerdo cocido son mostrados en la Tabla 2 y la Figura 3.

Con el incremento del periodo de almacenamiento, disminuyó la vida útil del jamón cocido. Los atributos sensoriales evaluados por los panelistas durante el

periodo analizado para el jamón cocido fueron: sabor, apariencia, textura y succulencia.

Para el atributo sabor el puntaje más alto y el menor correspondió al jamón elaborado con carragenina 0,5% y alginato de sodio 0,3% respectivamente (Figura 3a). El atributo apariencia muestra las mejores calificaciones para carragenina 0,5%, mientras que menores valores corresponden al jamón elaborado con alginato de sodio 0,3% (Figura 3b). El jamón elaborado con alginato de sodio presenta apariencia babosa, en este sentido es posible disminuir este defecto mezclando parte de carragenina y parte de alginato de sodio hasta una concentración del 0,5%.

**Tabla 2.** Atributos sensoriales para jamón cocido utilizando alginato de sodio y almacenados a  $8 \pm 0,5$  °C durante 35 días.

Atributo	Tiempo de almacenamiento (Días)					
	0	7	14	21	28	35
Sabor	9,0±0,4	8,7±0,4	8,5±0,5	8,4±0,8	8,3±0,7	8,19±1,1
Apariencia	8,9±0,5	8,7±0,4	8,5±0,5	8,3±0,8	7,8±0,5	7,6±0,5
Suculencia	9,5±0,4	8,6±0,5	7,4±0,5	6,2±0,4	5,2±0,8	4,6±0,5
Textura	9,0±0,0	8,6±0,5	7,6±0,5	5,1±0,7	4,4±0,5	4,2±0,8

Valores corresponden al promedio  $\pm$  DS

Para la textura los menores valores corresponden al jamón con carragenina 0,5%, mientras que las peores calificaciones corresponden nuevamente al jamón elaborado con alginato 0,3% (Figura 3C). En este sentido, la textura del producto, específicamente la mordida, es afectada negativamente por el uso de alginatos. La succulencia no presenta diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, la mejor aceptación fue para el jamón cocido elaborado con carragenina 0,5% (Figura 3d).

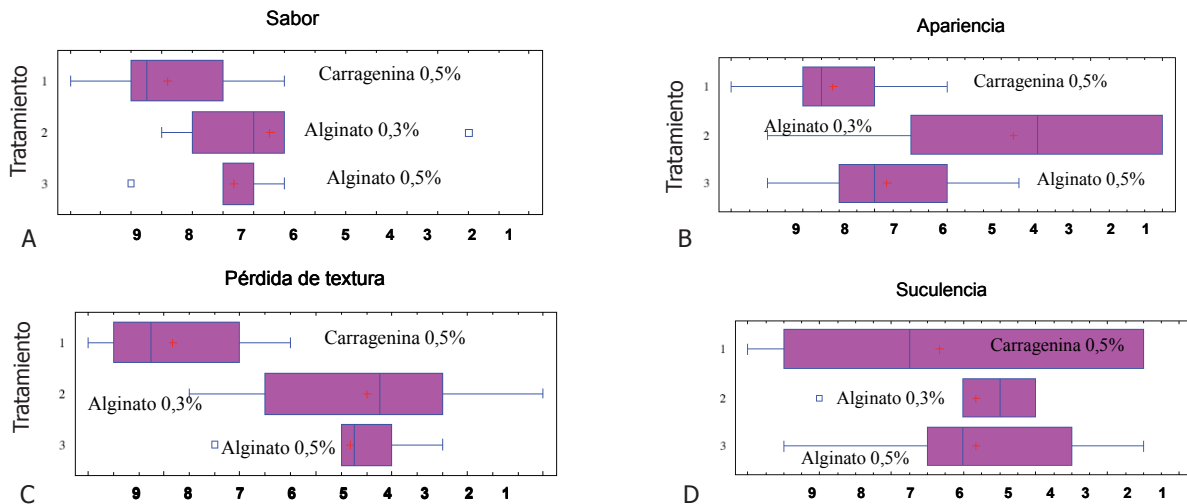
Los resultados obtenidos permiten mostrar que la disminución de pH con respecto al tiempo, no influye sobre el recuento de microorganismos aerobios mesófilos, esto es evidenciado como resultado de

correlacionar el logaritmo de mesófilos con pH usando regresiones lineales múltiples. La variación de la  $A_w$  como característica condicionante de la proliferación microbiana igualmente no cambio durante el periodo de almacenamiento.

Los resultados coinciden con lo observado por Liu *et al.*, (2006) donde la utilización de alginatos y pectinas podrían disminuir las pérdidas de agua. El efecto de la sinéresis parece deberse exclusivamente a la acción gelificante y retenedora de humedad del hidrocoloide usado, debido a que el pH no alcanza a incidir sobre la capacidad de retención de agua de la proteína (Skandamis y Nychas, 2002). Las menores pérdidas por sinéresis están asociadas a los

jamones elaborados con alginatos; sin embargo, el panel sensorial reconoció como de mejor mordida

el jamón elaborado con carragenina 0,5% que además presenta el mayor valor para sinéresis.



**Figura 3.** Análisis sensorial para jamón cocido refrigerado a 8 °C y tratado con carragenina al 0,5%, alginato de sodio al 0,3% y 0,5% durante el periodo de almacenamiento durante 35 días.

En cuanto a los resultados del análisis microbiológico, el efecto de los microorganismos en el desarrollo de ciertos sabores en jamón cocido están relacionado a acidez y formación de sabores indeseables (Samelis *et al.*, 2000; Leroy *et al.*, 2009). Sin embargo, el metabolismo bacteriano generalmente esta asociado a perdidas de color, formación de limo y producción de gas (Samelis *et al.*, 1998, 2000). De todas formas la vida útil, coincidiendo con otros autores, está limitada a periodos de tres a seis semanas (Vasilopoulos *et al.*, 2008; Vermeiren *et al.*, 2005).

Aunque los microorganismos mesófilos mantienen niveles aceptables al final del periodo de almacenamiento, es reconocido el incremento, posiblemente debido a las condiciones de empaque al vacío, donde el ácido láctico (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) y ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH), como productos finales del metabolismo de la glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) de las bacterias ácido lácticas disminuyen los valores de pH (Montel *et al.*, 1998). Sin embargo, trazas de oxígeno (O<sub>2</sub>) pueden estar presentes debido a la difusión a través del empaque promoviendo la producción de CH<sub>3</sub>COOH y la formación de acetoin, diacetil, y 3-metil butanol por *Carnobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, y *Br. thermosphacta*, resultando en sabores y olores indeseables (Borch *et al.*, 1996; Gram *et al.*, 2002; Pin *et al.*, 2002).

Los cambios texturales pueden ser explicados en términos de la influencia de la presencia de carragenina o alginato de sodio sobre la gelificación de

las proteínas, es decir, el efecto sobre la matriz durante el proceso de formación en malla ordenada debido a la desnaturalización de las proteínas. La interacción de estos hidrocoloides con las proteínas musculares lleva a un cambio en la textura en el jamón de cerdo cocido (Fernández *et al.*, 2009). Aunque el efecto de la adición de carragenina sobre las propiedades funcionales de productos cárnicos ha sido objeto de varios estudios, pocos son los relacionados con alginato de sodio. En este sentido Bater *et al.* (1992) encontraron que la carragenina causa un incremento en el rendimiento, tajado y rigidez, y un decremento en la pérdida de humedad; sin embargo, la j-carragenina y los alginatos pueden ser causantes del incremento de la dureza en productos cárnicos cuando reemplaza la grasa por soluciones de goma-agua, mientras la carragenina iota mejora la habilidad de retención de agua (Barbut y Mittal, 1992). Igualmente, Hsu y Chung (2001) observaron un incremento en el rendimiento durante la cocción, dureza y otras alteraciones en la textura cuando adicionaron 2% de j-carragenina para disminuir el porcentaje graso. Finalmente, Ruusunen *et al.* (2003) y García y Totosaus (2007), encontraron que la adición de carragenina lleva al incremento de la dureza en productos cárnicos bajos en grasa. Igualmente, Hsu y Chung (2001) observaron un incremento en el rendimiento durante la cocción, dureza y otras alteraciones en la textura cuando adicionaron 2% de j-carragenina para disminuir el porcentaje graso. Finalmente, Ruusunen *et al.* (2003) y García y Totosaus (2007), encontraron que la adición de carragenina lleva al incremento de la dureza en productos cárnicos bajos en grasa. Igualmente, Hsu y Chung (2001) observaron un incremento en el rendimiento durante la cocción, dureza y otras alteraciones en la textura cuando adicionaron 2% de j-carragenina para disminuir el porcentaje graso. Finalmente, Ruusunen *et al.* (2003) y García y Totosaus (2007), encontraron que la adición de carragenina lleva al incremento de la dureza en productos cárnicos bajos en grasa. Igualmente, Hsu y Chung (2001) observaron un incremento en el rendimiento durante la cocción, dureza y otras alteraciones en la textura cuando adicionaron 2% de j-carragenina para disminuir el porcentaje graso. Finalmente, Ruusunen *et al.* (2003) y García y Totosaus (2007), encontraron que la adición de carragenina lleva al incremento de la dureza en productos cárnicos bajos en grasa.



## BIBLIOGRAFÍA

- Ayadi, M.A., A. Kechaou, I. Makni, H. Attia. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering* 93(3): 278-283.
- Barbut, S. and G.S. Mittal. 1992. Use of carrageenans and xanthan gum in reduced fat breakfast sausages. *LWT-Food Science and Technologies* 25(6):509-513.
- Bater, B., O. Descamps and A.J. Maurer. 1992. Quality characteristics of hydrocolloid-added oven-roasted turkey breasts. *Journal of Food Science* 57(5): 1068-1070.
- Borch, E., M.L. Kant-Muermans and Y. Blixt. 1996. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International Journal of Food Microbiology* 33(1): 103-120.
- Candogan, K. and N. Kolsarici. 2003a. Storage stability of low-fat beef frankfurters formulated with carrageenan or carrageenan with pectin. *Meat Science* 64(2): 207-214.
- Candogan, K. and N. Kolsarici. 2003b. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. *Meat Science* 64(2): 199-206.
- Fernández, F., I. López, S. Cofrades, F.J. Colmenero. 2009. Influence of adding sea spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat Science* 83(2): 209-217.
- García, E. and A. Totosaus. 2007. Low-fat sodium-reduced sausages: effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science* 78(4): 406-413.
- Gram, L., L. Ravn, M. Rasch, J.B. Bruhn, A.B. Christensen and M. Givskov. 2002. Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 78(1-2): 79-97.r
- Hsu, S.Y. and H.Y. Chung. 2001. Effects of k-carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low-fat emulsified meatballs. *Journal of Food Engineering* 47(2): 115-121.
- Leroy, F., C. Vasilopoulos, S. Van Hemelryck, G. Falony and L. De Vuyst. 2009. Volatile analysis of spoiled, artisan-type, modified-atmosphere-packaged cooked ham stored under different temperatures. *Food Microbiology* 26(1): 94-102.
- Liu, L., J.F. Kerry and J.P. Kerry. 2007. Application and assessment of extruded edible casings manufactured from pectin and gelatin/sodium alginate blends for use with breakfast pork sausage. *Meat Science* 75(2): 196-202.
- Montel, M.C., F. Masson and R. Talon. 1998. Bacterial role in flavour development. *Meat Science* 49(1): S111-S123.
- Pietrasik, Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Science* 63(3): 317-324.
- Pin, C., G.D. García and J.A. Ordoñez. 2002. Effect of modified atmosphere composition on the metabolism of glucose by *Brochothrix thermosphacta*. *Applied and Environmental Microbiology* 68(9): 4441-4447.
- Pyo, G.H. and K.C. Bok. 2010. Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocolloids* 24(4): 444-451.
- Ruusunen, M., J. Vainionpää, E. Puolanne, M. Lylyb, L. Lähteenmäki, M. Niemistö and R. Ahvenainen. 2003. Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. *Meat Science* 64(4): 371-381.
- Samelis, J., A. Kakouri, K.G. Georgiadou, J. Metaxopoulos. 1998. Evaluation of the extent and type of bacterial contamination at different stages of processing of cooked ham. *Journal Applied Microbiology* 84(4): 649-660.
- Samelis, J., A. Kakouri and J. Rementzis. 2000. Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominating the spoilage microbial association of cooked meats at 4 °C. *Food Microbiology* 17(3): 329-340.

- Skandamis, P.N. and G.E. Nychas. 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology* 79(1-2): 35-45.
- Smith, D.M. 1988. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. *Food Technology* 42(4): 116-121.
- Vasilopoulos, C., F. Ravyts, H. De Maere, E. De Mey, H. Paelinck, L. De Vuyst and F. Leroy. 2008. Evaluation of the spoilage microbiota in modified-atmosphere-packaged artisan-type cooked ham using culture-dependent and culture-independent approaches. *Journal Applied Microbiology* 104: 1341-1353.
- Vega, V., R.A. Merkel and D.M. Smith. 1999. Composition, solubility and gel properties of salt-soluble proteins from two bovine muscle types. *Meat Science* 51(3): 197-203.
- Vermeiren, L., F. Devlieghere, V. De Graef and J. Debevere. 2005. *In vitro* and *in situ* growth characteristics and behaviour of spoilage organisms associated with anaerobically stored cooked meat products. *Journal of Applied Microbiology* 98(1): 33-42.
- Xiong, Y.L., D.C. Noel and W.G. Moody. 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.