

Estudio Preliminar sobre la Influencia de la Carragenina Kappa, Kappa I.II y Goma Tara en la Viscosidad y Tixotropía de las Salmueras de Inyección para Jamones Cocidos Picados de Cerdo

Preliminary Study on the Influence of Kappa, Kappa I.II Carrageenan and Tara Gum in the Viscosity and Thixotropy of Injection Brines for Cooked Chopped Hams of Pork

Fabio Alexander Molina Cote¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y Jairo Humberto López Vargas³

Resumen. El presente estudio determinó el efecto que sobre la viscosidad y la tixotropía de una salmuera de masajeo para jamones picados cocidos de cerdo, tiene la adición de carragenina kappa, carragenina kappa I.II y goma tara, cuando son usadas a un nivel del 1% en la salmuera. Para tal efecto se incorporaron seis mezclas distintas de hidrocoloides provenientes de la carragenina kappa, kappa I.II y goma tara (individualmente, en mezclas binarias y mezclas terciarias), en una salmuera de inyección y masajeo para jamones; a las cuales se les determinó su comportamiento viscoso y tixotrópico a 4 °C. Los datos obtenidos de índice de tixotropía (máximos), se analizaron mediante un modelo cuadrático derivado de un arreglo de mezclas. Los resultados mostraron que todas las salmueras se comportaron tixotrópicamente, presentando mayor área de histéresis, las mezclas que contenían goma tara. El modelo usado para el índice de tixotropía arrojó, con un nivel de significancia de 0,05, que la relación óptima, es la que contiene la mezcla de carragenina kappa I.II-goma tara (79% y 21%). Adicionalmente, las salmueras que contenían carragenina kappa, carragenina kappa I.II y carragenina kappa-carragenina kappa I.II presentaron menor viscosidad que las mezclas que contenían goma tara.

Palabras clave: Tixotropía, jamón cocido, reología.

Abstract. The aim of this study was to determine the thixotropy's effect of a massage brine in cooked chopped pork hams with addition of kappa, kappa I.II carrageenan, tara gum and their mixtures, when were used at 1% injection level of brine to meat. Six mixtures were evaluated. A protocol for thixotropy measurement adjusted to the conditions of brines used taking in account salinity, pH, temperature and shear stress. Data obtained from thixotropy index (maximum) were analyzed with quadratic model derived from blends array. Results showed thixotropic measurement to brines presented a very small area, showing structural changes, but with very fast recovery. It was observed thixotropic behavior in kappa, kappa I.II, tara gum and their mixtures evaluated. Brines containing kappa, kappa I.II and kappa-kappa I.II showed lower viscosity values than blends with tara gum which produced more viscosity in cold conditions than kappas. In the quadratic arrangement of mixtures, it was observed in terms of maximum thixotropic index the more optimal region was for mixture containing kappa I.II-tara gum (79% and 21%, correspondly) with a significant level of 0.05.

Key words: Thixotropy, cooked ham, rheology.

La salmuera de inyección o masajeo, es el vehículo de introducción en el jamón de todos los constituyentes (Tovar, 2003; López, 2004; Montoya, 2004); y por lo tanto, influye en la calidad final del producto (González Suárez y Martínez, 2009).

Estas salmueras son sistemas fuertemente inestables, ya que contienen altas concentraciones de sal y son manejadas a muy bajas temperaturas, por lo que es frecuente que se les adicionen hidrocoloides con el objetivo de estabilizarlas.

Desde el punto de vista tecnológico se requiere que con el esfuerzo de cizalla aplicado a la salmuera durante

el proceso de inyección, su viscosidad disminuya, facilitando la penetración de cada uno de los ingredientes en la estructura de la carne (Metalquimia, 2007). Una vez la salmuera es depositada en el tejido muscular, es necesario que recupere su estructura, disminuyendo la posibilidad de liberación de la misma y facilitando de paso, el proceso de extensión del producto (Restrepo y López, 2008).

Restrepo y López (2008), consideran que la tixotropía es una de las características reológicas que ayuda a medir qué tanto demora una estructura en recuperarse cuando es sometida a un esfuerzo de cizalla, por lo que se considera que es la variable que

¹ Ingeniero Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. A.A. 1027, Medellín, Colombia. <famolina@unal.edu.co>

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

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ICTA. A.A. 034227, Bogotá, Colombia. <jhlopezv@unal.edu.co>

Recibido: Mayo 19 de 2010; Aceptado: Noviembre 11 de 2010.

mejor expresaría el comportamiento de una salmuera cuando es inyectada en la pieza de carne. En un reograma, la diferencia entre las áreas formadas al aplicar una velocidad de corte controlada entre dos valores predeterminados, en sentido ascendente y descendente, corresponde a la intensidad del fenómeno (Ciro, Restrepo y Cortes, 2007).

La elección del estabilizante que se va a añadir a un producto determinado debe realizarse teniendo en cuenta determinados factores críticos, como el efecto de la temperatura, fuerza de cizalla, concentración, pH y tiempo, sobre la viscosidad y formación de gel, la solubilidad y la dispersabilidad. En el caso de una salmuera de inyección, éste se incorpora en la salmuera junto con una proporción determinada de agua, proporcionándole una consistencia espesa y homogénea antes de entrar en contacto con la carne (López, 2004).

Los hidrocoloides imparten alta viscosidad a la solución a bajas concentraciones (Recinos, 2009), sus soluciones son generalmente conocidas por ser líquidos pseudoplásticos no-newtonianos, lo que significa que la viscosidad aparente disminuye cuando la tasa de cizalladura incrementa. También pueden exhibir propiedades principalmente tixotrópicas en función del tiempo, lo que significa una disminución en la viscosidad (Marcotte *et al.*, 2000; Marcotte Hoshahili, y Ramaswamy, 2001).

Lundin y Hermansson, (1997, 1998); Arda, Kara y Pekcan (2009), en estudios realizados con mezclas de polímeros de algas de k-carragenina y de goma garrofín o Locust Bean, encontraron fuertes efectos interactivos en el comportamiento viscoelástico, así como también, que la adición de goma garrofín a k-carragenina en un ambiente iónico de sodio o calcio, condujo a propiedades viscoelásticas sinérgicas.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de carragenina (kappa), (kappa I.II), goma tara y sus mezclas, cuando son usadas a un nivel del 1%, sobre la viscosidad y la tixotropía de una salmuera de masaje de jamones picados cocidos de cerdo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos de la Universidad Nacional de

Colombia, Sede Medellín y de la Fundación Instituto de Tecnología Alimentaria-INTAL, en la ciudad de Medellín a 1.550 msnm y 23 °C de temperatura promedio.

Salmuera base. La salmuera base para la inyección de carnes en la fabricación de jamón de cerdo, estuvo constituida por agua, proteína de soya, leche en polvo entera, sal refinada, nitrito, fosfatos, eritorbato de sodio, azúcar, saborizantes y lactato de sodio.

Hidrocoloides. Carragenina kappa, carragenina kappa I.II y goma tara, fueron suministradas por Tecnas S.A.

Elaboración de las salmueras. La elaboración de las salmueras se llevó a cabo a partir de una fórmula estándar que contenía, agua (78%), proteína de soya (5%), leche en polvo entera (3%), hidrocoloides (carragenina kappa, carragenina kappa I.II y goma tara) (1%), sal refinada (3,5%), nitrito (0,6%), fosfatos (0,8%), eritorbato de sodio (0,1%), azúcar (2%), saborizantes (1,0%) y lactato de sodio (5,0%). Las seis salmueras ensayadas variaron en la mezcla de hidrocoloide usada en cada caso; éstas estuvieron compuestas así: los hidrocoloides puros; mezclas binarias de ellos y una mezcla de los tres. Se descartó el uso de la goma tara 100% por su incapacidad de gelificar en el intervalo de temperatura de 4 a 72 °C.

La Tabla 1, presenta el arreglo de mezclas con efectos individuales y por pares con sus tres componentes e indican las combinaciones ensayadas.

Los puntos a los que correspondieron 100% de cada uno de los componentes (con excepción de goma tara) y sus mezclas binarias (50:50), se muestrearon de a dos repeticiones cada uno y el punto central (33% c/u), se muestreó con tres repeticiones.

El pesaje de los ingredientes secos de la salmuera fue realizado con una balanza analítica Sartorius® Serie Extended, modelo ED6202S y legibilidad de 0,01g, los cuales fueron adicionados de manera aleatoria al agua.

En una licuadora marca Oster®, de 1,25 L, 600 watts, con velocidad angular variable de 1300 a 4000 rpm, en condiciones ambientales, fue realizado el mezclado homogéneo de los constituyentes de la salmuera. Inicialmente se mezclaron los ingredientes por 20 s, y luego de reincorporar a la mezcla los ingredientes que

quedaron adheridos a las paredes del vaso, se realizó un segundo mezclado por otros 20 s. Finalmente, se vertieron las salmueras en recipientes de vidrio de 250

mL, y se refrigeraron a 4 °C + 0,5 °C, en un refrigerador de convección forzada, marca TALSA, para su posterior medición.

Tabla 1. Arreglo de mezclas con efectos individuales y por pares con sus tres componentes, para los hidrocoloides ensayados en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

| Kappa (%) | Kappa I.II (%) | Goma tara (%) |
|-----------|----------------|---------------|
| 100 | 0 | 0 |
| 0 | 100 | 0 |
| 0 | 0 | 100 |
| 50 | 50 | 0 |
| 50 | 0 | 50 |
| 0 | 50 | 50 |
| 33 | 33 | 33 |

Medición tixotrópica. La medida de la tixotropía se realizó en un reoviscosímetro Brookfield, modelo R/S plus, con cilindros concéntricos, CC 45 DIN versión V2.8, en modo rotacional y a una temperatura de 4 °C.

El test de tixotropía se fundamentó en un barrido ascendente y otro descendente, con velocidad de corte, para el primero, de 0 a 100 s⁻¹; y para el segundo, de 100 a 0 s⁻¹ de acuerdo con protocolo desarrollado por Restrepo, López y Cabrera (2009).

Diseño estadístico. Se realizó un diseño de mezclas con efectos individuales y por pares, con tres componentes (kappa, kappa I.II, goma tara), expresado mediante el modelo 1; usando como criterio de determinación de la mezcla óptima, el índice de tixotropía (IT) máximo.

Modelo 1: $IT [(η40/η100) \text{ ida} / I(η40/η100) \text{ regreso}] = \beta_1 \text{ kappa} + \beta_2 \text{ kappa. I.II} + \beta_3 \text{ kappa} * \text{kappa I.II} + \beta_4 \text{ kappa} * \text{goma tara} + \beta_5 \text{ kappa I.II} * \text{goma tara} + \epsilon.$

El modelo 1, presentó una interacción no significativa ($\beta_3 \text{ kappa} * \text{kappa. I.II}$), lo que conllevó a probar un segundo modelo sin esa interacción.

Modelo 2: $IT [(η40/η100) \text{ ida} / I(η40/η100) \text{ regreso}] = \beta_1 \text{ kappa} + \beta_2 \text{ kappa I.II} + \beta_3 \text{ kappa} * \text{goma tara} + \beta_4 \text{ kappa I.II} * \text{goma tara} + \epsilon$

En este modelo todas las interacciones fueron significativas, por lo que se comparó con el modelo 1, construyendo una prueba de hipótesis para validar el uso del modelo 2:

H₀: Los dos modelos explican la misma variabilidad.

Esta prueba de hipótesis arroja un valor -P = 0,1625, por lo que no habría suficiente evidencia para rechazar H₀; debido a esto se escogió el modelo 2.

Se verificaron los supuestos de normalidad ($\epsilon \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$), varianza constante ($\sigma^2 = \text{constante}$) e independencia de los errores ($\rho = 0$).

Se asumió que los errores son independientes e idénticamente distribuidos $\epsilon \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$, bajo la premisa que los valores de cada grupo están distribuidos de manera normal y la varianza dentro de cada población, debería ser igual para todas las poblaciones (esto es $\sigma_1^2 = \dots = \sigma_6^2$).

La metodología de superficies de respuesta se utilizó para encontrar una región óptima, con un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medición de la tixotropía de las salmueras.

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los reogramas correspondientes a la carragenina kappa, carragenina kappa I.II, carragenina kappa-carragenina kappa I.II, en los que se usó la siguiente convención:

D es velocidad de corte, τ el esfuerzo, Eta la viscosidad. El color verde corresponde a la repetición 1 y el color azul a la repetición 2.

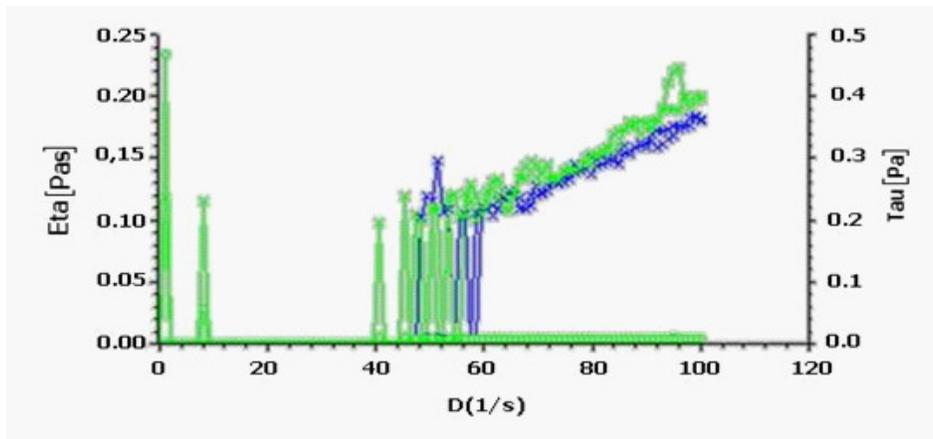


Figura 1. Reograma de la kappa (100%) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

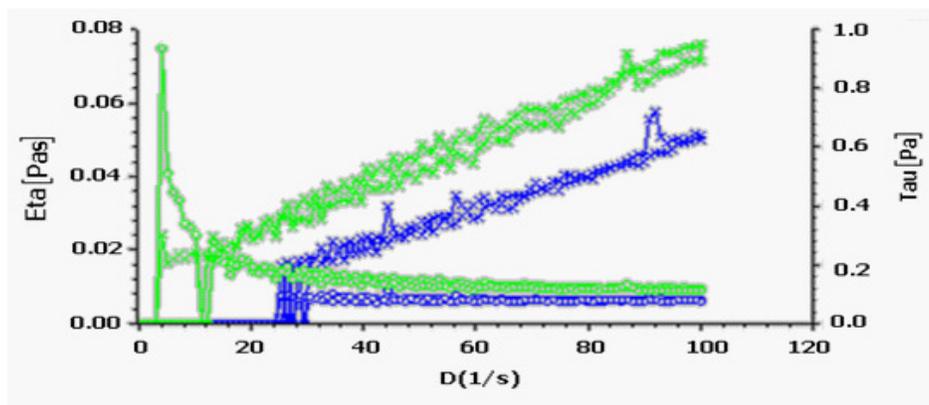


Figura 2. Reograma de la kappa I.II (100%) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

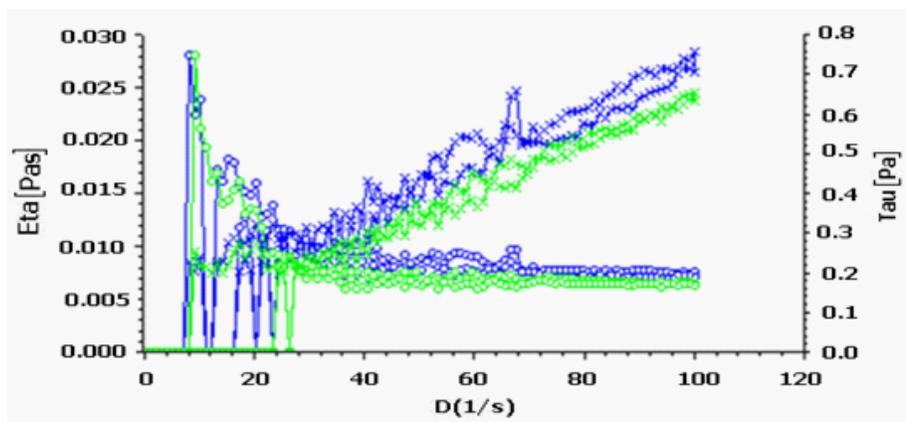


Figura 3. Reograma de la mezcla de kappa-kappa I.II (50:50) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

Los resultados presentados en las Figuras 1, 2 y 3 muestran que la menor viscosidad en el inicio del ensayo la presentó la salmuera que contenía la mezcla carragenina kappa-carragenina kappa I.II (50:50), seguida de la que contenía carragenina kappa I.II (100%); disminuyendo rápidamente a valores menores de 0,01 Pas a medida que la velocidad de corte aumentaba hasta 100 s⁻¹. Esto coincidió con lo reportado por Marcotte *et al.* (2000); Marcotte, Hoshahili y Ramaswamy (2001); al igual que Verbeken *et al.* (2005); quienes en sus experimentos realizados con carrageninas kappas en solución salina, concluyen que en dicha mezcla la viscosidad aparente disminuye, cuando la tasa de cizalla es aumentada (Alimentación Americana, 2010). Este tipo de comportamiento las hace de gran utilidad industrial, sobre todo en los procesos de inyección en piezas de carne, ya que ofrecen menor resistencia mecánica, consumiendo mucho menos potencia de máquina, por lo que el proceso es menos costoso (Ciro, Restrepo y Cortes, 2007).

En estas mismas figuras, se observa una pequeña área de histéresis, formada por la diferencia entre las áreas producidas al ascender y descender la velocidad de corte. Esto puede deberse, de acuerdo con lo argumentado por Barnes, Hutton y Walters (1989); Steffe (1996); Ciro (2006); Higuira (2006), a que al presentarse cambios en la estructura de las salmueras cuando son pulsadas, el fluido es

capaz de recuperar su estructura original en cortos períodos (Restrepo y López, 2008).

Con respecto al τ se apreció que fue necesario una velocidad de corte alta: 15 s⁻¹ para la salmuera con carragenina kappa I.II; 45 s⁻¹ para la que contenía carragenina kappa y 20 s⁻¹ para la salmuera con carragenina kappa-carragenina kappa I.II, para que éstas comenzaran a fluir, produciéndose consecuentemente un esfuerzo de deformación pequeño, entre 0,2 y menos de 1,0 Pa. Se trata de uno de los criterios de diseño del proceso de preparación de salmuera, ya que ésta generalmente se realiza en frío, y es necesario aplicar un esfuerzo de corte importante, para homogeneizarla, en primer lugar; y en segundo lugar para el transporte de ésta desde el recipiente de preparación, hasta la pieza de carne (López, 2004; Metalquimia, 2007).

En las Figuras 4, 5 y 6 se presentan los reogramas correspondientes a las mezclas carragenina kappa-goma tara, carragenina kappa I.II-goma tara y carragenina kappa-carragenina kappa I.II-goma tara, en los que se usó la siguiente convención: D es la velocidad de corte, τ el esfuerzo, *Eta* la viscosidad. El color verde corresponde a la repetición 1 y el color azul corresponde a la repetición 2. Para la Figura 6, que corresponde al punto central, el color rosado representa la tercera repetición. Este grupo de figuras presentan el efecto que sobre las diferentes mezclas tuvo la adición de la goma tara.

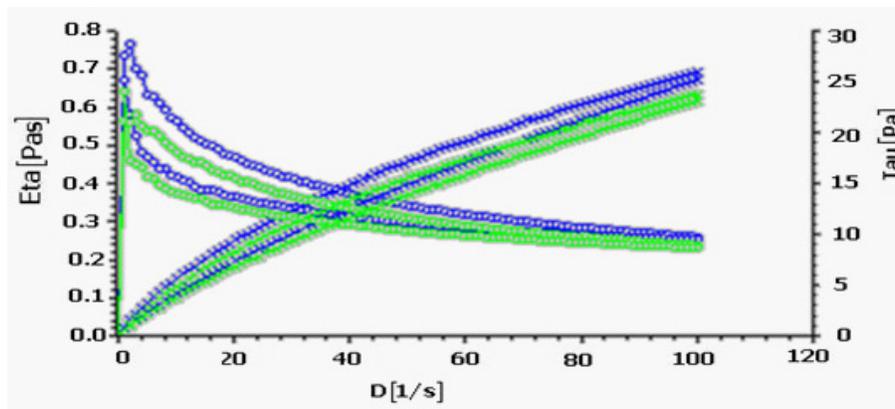


Figura 4. Reograma de la mezcla carragenina kappa I.II-goma tara (50:50) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

Los resultados obtenidos en las Figuras 4, 5 y 6 muestran que la menor viscosidad al inicio del ensayo la presentó la mezcla de los tres hidrocoloides, seguida de la mezcla carragenina

kappa I.II-goma tara (50:50); ya que al momento de aplicar la velocidad de corte, la viscosidad disminuyó rápidamente a valores menores a 0,25 Pas, a medida que la velocidad de corte fue

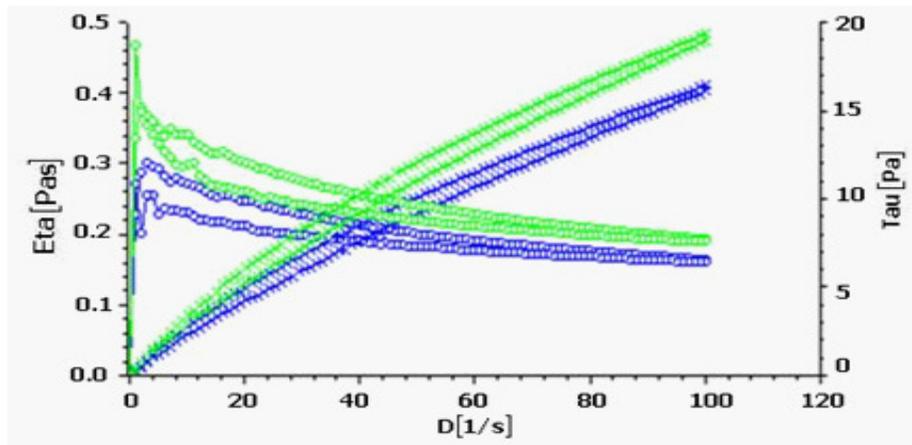


Figura 5. Reograma de la mezcla carragenina kappa-goma tara (50:50) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

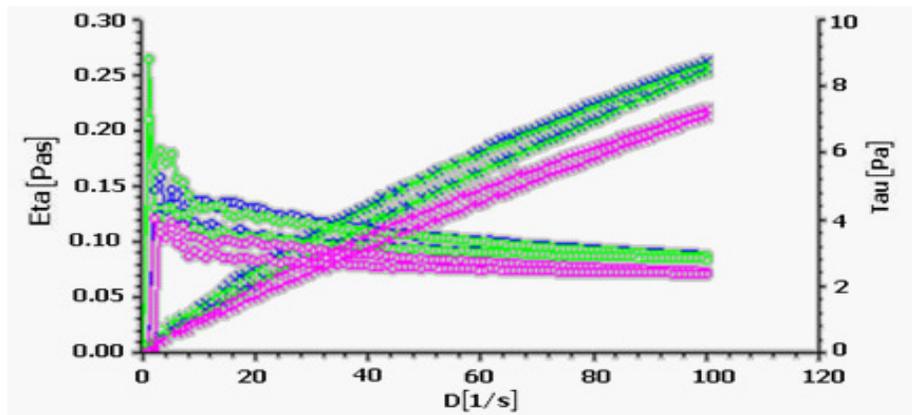


Figura 6. Reograma de la mezcla carragenina kappa-carragenina kappa I.II-goma tara (33% c/u) en salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo.

aumentando hasta 100 s^{-1} . Esto fue reportado por Marcotte *et al.* (2000); Marcotte, Hoshahili y Ramaswamy (2001); Serna, (2004) y Verbeken *et al.* (2005); quienes encontraron viscosidades bajas en estos sistemas, asociadas indudablemente a la presencia de la goma tara y a sus sinergias y antagonismos con las carrageninas.

También se evidenció que las mezclas que contenían goma tara, fueron más viscosas que las que contenían carragenina kappa, carragenina kappa I.II y carragenina kappa- carragenina kappa I.II, debido a que esta goma presenta por si misma, una mayor interacción con el sistema acuoso a bajas temperaturas, pero sin gelificar. Igualmente, se atribuye esta mayor viscosidad a un efecto

sinérgico con las carrageninas kappas, tal y como fue demostrado por Lundin y Hermansson (1998); Rodríguez (2001); Aloida y Cepero (2003); Yaseen *et al.* (2004); quienes conduciendo diferentes ensayos, concluyeron en el sentido de las sinergias entre este tipo de gomas. De acuerdo con lo reportado por Yaseen *et al.* (2004); el cambio en la viscosidad ocurre como un resultado del alto peso molecular de las gomas y de las interacciones entre las cadenas poliméricas de éstas cuando son disueltas en sistemas comunes (Exandal corp., 2006).

En las Figuras 4, 5 y 6, se observa el área de histéresis generada por las salmueras que contenían las mezclas de hidrocoloides con presencia de la goma tara, sensiblemente más grandes que las formadas

para las salmueras que contenían carragenina kappa, carragenina kappa I.II y la mezcla carragenina kappa-carragenina kappa I.II, señalando un comportamiento mas definido como fluidos tixotrópicos (Ciro, Restrepo y Cortes, 2007; Arda, Kara y Pekcan, 2009).

Es posible que el comportamiento de las salmueras que contenían las carragenina kappa, carragenina kappa I.II y carragenina kappa-carragenina kappa I.II versus el de las que contenían además de estas carrageninas, la goma tara, se deba a que ésta última limitó, interfiriendo, la recuperación de estructura del sistema, siendo por tanto menos rápido.

Con respecto al τ , no se requirió de una velocidad de corte alta para que comenzara a fluir la salmuera, ya que a valores próximos del límite inferior de esta variable, la variable τ empezó su ascenso; observándose así que fue necesaria una mayor velocidad de corte para que fluyeran las salmueras que contenían carragenina kappa, carragenina kappa I.II y carragenina kappa: carragenina kappa I.II, lo cual fue estudiado por Steffe (1996), encontrando comportamiento similar.

También estuvo relacionado con un estudio realizado por Verbeken *et al.* (2005); quienes reportaron que en las salmueras para productos cárnicos, la aplicación de las carrageninas está basada en su baja viscosidad al inicio del cizallamiento, la utilización de velocidades de corte bajas cuando se dispersan en la salmuera para ser inyectada en la carne y durante su hidratación, la cocción del jamón y su gelificación en el enfriamiento; obteniendo un gran beneficio tecnológico, en cuanto al movimiento y almacenaje de la salmuera; también logrando una mejor penetración de la salmuera dentro de las fibras cárnicas y su permanencia.

Predicción estadística. Los resultados obtenidos según el modelo 2, de acuerdo con los índices de tixotropía ($IT = I(\eta_{40}/\eta_{100})$ ida / $I(\eta_{40}/\eta_{100})$ regreso) máximos obtenidos por los reogramas de los 6 diferentes puntos, estuvo ubicada en la arista kappa I, II – goma tara, la cual una vez probada en el modelo, arrojó la combinación 79% carragenina kappa I.II y 21% goma tara con intervalos de confianza al 95%, como el valor máximo, tal y como se presenta en la Figura 7.

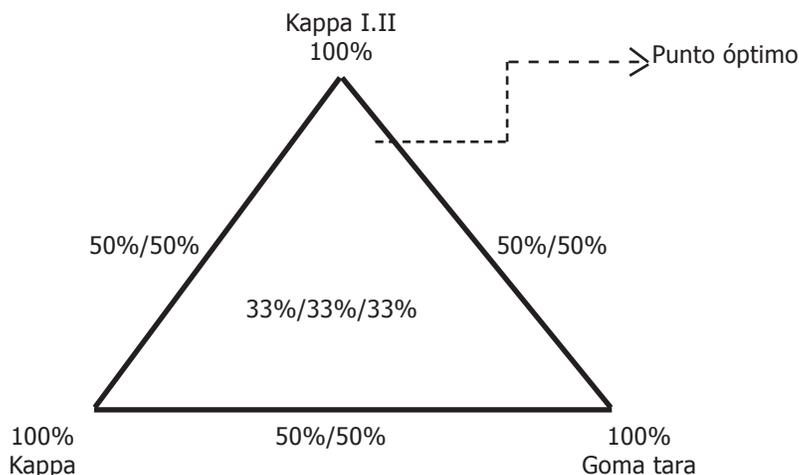


Figura 7. Superficie de respuesta con el modelo 2 utilizado para la evaluación de salmueras de inyección para jamones cocidos picados de cerdo

La localización de la región óptima, en una de las aristas que involucran la goma tara, evidencia las sinergias de ésta con las carrageninas kappa, y mucho más con las carrageninas kappa I, II, que fueron las que proporcionaron mayor índice de tixotropía, tal y como estuvo planteado por Higueta (2006); Lundin y Hermansson (1997); Giro (2006); Giro, Restrepo y Cortes (2007); (Gomas Naturales, 2006).

CONCLUSIONES

La adición de mezclas de goma tara, carragenina kappa I.II y carragenina kappa, individualmente, en mezclas binarias y terciarias, al 1% p/p, tienen un efecto sobre la tixotropía y la viscosidad de las salmueras de inyección y masajeo para jamones picados y cocidos de cerdo.

El mayor índice de tixotropía, cuando se aplica un modelo de mezcla de tres componentes, en los puntos: 100% de componente puro, mezclas binarias 50:50 y mezcla terciaria en igual proporción, de goma tara, carragenina kappa I.II y carragenina kappa, participando en 1% en salmueras estándar de inyección y masajeo para jamones picados y cocidos de cerdo, se encuentra en la mezcla binaria carragenina kappa I.II goma tara en proporción 79:21.

Las salmueras que más rápido recuperan su estructura, cuando son pulsadas con una velocidad de corte de 0 a 100 s⁻¹ y de 100 a 0 6 s⁻¹, son las que contienen las mezclas de hidrocoloides carragenina kappa, carragenina kappa I.II y carragenina kappa-goma tara, en una proporción de 1%.

Se espera que el mayor rendimiento en jamones picados y cocidos de cerdo, se obtenga cuando se involucra en la salmuera la mezcla carragenina kappa I.II-goma tara en proporción 79:21, pero para esta mezcla existe un factor en contra: el de generar viscosidad en frío, lo cual ocasionaría una pobre interacción de los componentes funcionales de la salmuera (sal, fosfatos, eritorbato de sodio, azúcar) con las proteínas musculares, derivando, probablemente en una pobre ligazón de los trozos de carne.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa TECNAS S.A., a la Fundación Instituto de Tecnología Alimentaria-INTAL y a la Dirección de Investigaciones Sede Medellín - DIME de la Universidad Nacional de Colombia, por hacer posible el desarrollo de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Aloida, M. y Y. Cepero. 2003. Reseña sobre el uso de almidones y gomas en productos cárnicos. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 28 p.

Alimentación Latinoamericana. 2010. Funcionalidad de las carrageninas Kappa II. Publicaciones técnicas, http://alimentacion.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1756:funcionalidad-de-carrageninas-kappa-ii&catid=38:publicaciones-especializadas&Itemid=56; consulta: mayo de 2010.

Arda, E., S. Kara and O. Pekcan. 2009. Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transitions of k-carrageenan gels. *Food Hydrocolloids* 23(2): 451-459.

Barnes, H.A., J.F. Hutton and K. Walters. 1989. An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 200 p.

Ciro, H.J. 2006. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 93 p.

Ciro, H.J., D.A. Restrepo y E.A. Cortes. 2007. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 93 p.

Exandal Corp. 2006. Gomas, <http://exandal.com/products/gomatara>; consulta: febrero 2008.

Gomas Naturales S.A. De C.V. 2006. Gomas Naturales, http://gomasnaturales.com/carnicos_derivados; consulta: febrero 2008.

González, M., H. Suárez y O. Martínez. 2009. Correlación de características fisicoquímicas y sensoriales de jamón de cerdo en función del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento. *Vitae* 16(2): 183-189.

Higueta, E. 2006. Caracterización reológica de alimentos sólidos y semisólidos. Informe final Especialización en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 77 p.

López, J. 2004. Curso Virtual de Industria Cárnica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá ICTA, http://virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap05/cap05_01.; consulta: marzo 2008.

Lundin, L. and A. Hermansson 1997. Rheology and microstructure, of Ca- and Na-K-carrageenan and locust bean gum gels. *Carbohydrate Polymers* 34(4): 365-375..

Lundin, L.Y. and A. Hermansson. 1998. Multivariate analysis of the influences of locust bean gum, a-casein, Ic-casein on viscoelastic properties of Na-K-carrageenan gels. *Food Hydrocolloids* 12(1): 175-187.

- Marcotte, M., A. Taherian, M. Trigui and H. Ramaswamy. 2000. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. *Journal of Food Engineering* 48(2): 157-167.
- Marcotte, M., A. Hoshahili and H. Ramaswamy. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International* 34(8): 695-703.
- Montoya, L. 2004. Efecto de la adición de alginato de sodio sobre las purgas de un jamón cocido, tajado, empacado al vacío. Informe final Especialización en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 69 p.
- Metalquimia. 2007. Documentos Tecnológicos, http://www.metalquimia.com/home_esp.htm; consulta: marzo 2008.
- Recinos, S.D. 2009. Evaluación de la canal fresca de pollo, utilizando dos productos diferentes de carragenina y goma en la salmuera, mediante el proceso de marinación. Trabajo de grado. Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 123 p.
- Restrepo, D.A. y J.H. López. 2008. Agentes texturantes en alimentos líquidos y pastosos. Proyecto de Investigación. Dirección de Investigaciones Medellín (DIME). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 30 p.
- Restrepo, D.A., J.H. López y T.K.R. Cabrera. 2009. Metodología para la evaluación de agentes texturantes en salmueras para carnes inyectadas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 62(2): 62-64.
- Rodríguez, L. 2001. ALNICOLSA del Perú S.A.C., <http://taninos.tripod.com/goma.>; consulta: abril 2008.
- Serna, S. 2004. Evaluación de tres estabilizantes: carragenina, carboximetilcelulosa y goma xantan, en la elaboración de un postre lácteo. Informe final Especialización en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 61 p.
- Steffe, J. 1996. *Rheological methods in food process engineering*. Second edition. Freeman Press, USA. 412 p.
- Tovar, A. 2003. Guía de procesos para la elaboración de productos cárnicos. Editorial Convenio Andrés Bello, Bogotá. 32 p.
- Verbeken, D., N. Neirinck, P. DER Meeren and K. Dewettinck. 2005. Influence of K- carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. *Meat Science* 70(1): 161-166.
- Yaseen, E., T. Herald, F. Aramouni and F. Alavi. 2004. Rheological properties of selected gum solutions. *Food Research International* 38(2): 111-119.