

# EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE PASTAS DE AJONJOLÍ ARTESANAL Y TECNIFICADA

## EVALUATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ARTISAN AND TECHNIFIED SESAME PASTA

Diofanor Acevedo<sup>1</sup>, Yesid Marrugo<sup>2</sup>, Piedad Montero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ing. Alimentos, Doctor en Ing. Alimentos, Docente Universidad de Cartagena, Programa Ingeniería de Alimentos, Cartagena Colombia. e-mail: diofanor3000@gmail.com; <sup>2</sup>Ing. Alimentos, M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Docente Universidad de Cartagena, ymarrugol@unicartagena.edu.co; <sup>3</sup>Ing. Alimentos, M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Docente Universidad de Cartagena. pmonteroc@unicartagena.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(1): 245 - 251, 2013

### RESUMEN

Las pastas de ajonjolí son una suspensión coloidal compuesta, principalmente, de sólidos hidrófilos suspendidos en aceite. En este trabajo, se elaboraron dos tipos de pastas de ajonjolí: una por el método artesanal y la otra mediante una técnica tecnificada; posteriormente, se le realizaron análisis proximales y se determinaron los efectos de los procesos de elaboración en el comportamiento reológico y la estabilidad. El perfil de viscosidad obtenido para las pastas indicó un comportamiento pseudoplástico. La sinéresis de la pasta elaborada artesanalmente fue mayor, siendo de 40%, mientras que para la pasta tecnificada fue de 15%, razón por la cual, fue más estable. Por lo que se concluye, que el proceso tecnificado es más eficiente y recomendable para la elaboración de este tipo de productos.

Palabras clave: Inestabilidad, suspensión, módulos viscoelásticos, sinéresis.

### SUMMARY

Sesame pastes are a colloidal suspension composed mainly of hydrophilic solids suspended in oil. In this work two types of sesame paste, one obtained by the traditional process and the other one through a technified process were produced; proximate analyzes were performed and the effects of manufacturing processes on the rheological behavior and stability was determined. The viscosity profile obtained for both samples indicated a typical behavior of pseudoplastic. The syneresis observed for the paste elaborated in the traditional manner was higher, being 40%, whereas that for tech paste was 15%, reason for the higher stability of the latter one. It is concluded that the technified process is more efficient and recommended for the development of this product type.

Key words: Instability, suspension, modules viscoelastic, syneresis.

### INTRODUCCIÓN

Colombia es el tercer país productor de ajonjolí (*Sesamun indicum*) en Latinoamérica, con 2668 hectáreas cultivadas y una producción anual de 1949t (Ministerio de Agricultura, 2010). Es cultivado en los departamentos de Magdalena, Bolívar, Sucre, Córdoba y Tolima que, actualmente, no cuentan con las técnicas postcosechas apropiadas para prolongar la vida útil que permita, mayor tiempo de conservación. Asimismo, carecen de la tecnología de transformación que les brinde la posibilidad de obtener nuevos productos para comercializar (Ministerio de Agricultura, 2010). El ajonjolí tiene un alto valor nutritivo, por la gran cantidad de proteínas, lípidos e importantes minerales y vitaminas (Seed *et al.* 2004; Namiki, 2007). Es de resaltar su contenido de proteína, que oscila entre 12 a 23% y el contenido de aceite, entre 40 y 60%; la calidad de su aceite esencialmente con alto contenido de ácido linoleico (35 a 41% del aceite total) (Sayed, 2010; FAO, 2006; Kahyaoglu & Kaya, 2006; Namiki, 2007). Tradicionalmente, los pobladores de los municipios productores de ajonjolí en los Montes de María (Bolívar- Colombia), elaboran una pasta de manera artesanal, que hacen parte de su dieta básica (Ministerio de Agricultura, 2010). La pasta de ajonjolí es un tipo de suspensión coloidal compuesta, principalmente, de sólidos hidrófilos suspendidos en aceite, al ser un residuo de la extracción del mismo, por ello, presenta una gran cantidad de proteína (45-50%), de fibra cruda (5-7%) y, comúnmente, es usada como ingrediente para postres cremosos y salsas (Mohammad *et al.* 2006; Borchani *et al.* 2010; Ahmad, 2012). Durante la producción de la pasta, las semillas seleccionadas son descascaradas mecánicamente, tostadas y molidas (Cunningham *et al.* 2007; Razavi *et al.*

2007; Alpaslan, & Hayta, 2002). La inestabilidad coloidal es el principal problema que presenta la pasta durante el almacenamiento, por producir la sedimentación de las partículas sólidas, causando el rechazo del consumidor (Abu *et al.* 2002; Altay *et al.* 2005; Razavi, *et al.* 2007; Ahmad, 2012).

La reología estudia la deformación y el flujo de la materia, es importante en la formulación, procesamiento, transporte y almacenamiento de alimentos, especialmente para emulsiones y suspensiones (Steffe, 1996). Los fluidos viscoelásticos alimenticios son aquellos que presentan, conjuntamente, propiedades de flujo viscoso y sólido elástico (Arslan *et al.* 2005). Las propiedades viscoelásticas son muy útiles en el diseño y en la predicción de la estabilidad de muestras almacenadas (Deniz *et al.* 2008). Un reómetro es un equipo que se usa para medir la forma en que fluye un líquido, mezcla o suspensión, bajo la acción de fuerzas externas (Abu, 2004).

En los ensayos reológicos dinámicos, se aplica, de forma oscilatoria, una pequeña deformación sobre un fluido viscoelástico y se mide la amplitud de la respuesta del esfuerzo y del ángulo de fase (Steffe, 1996; Alpaslan & Hayta, 2002; Arslan *et al.* 2005). El módulo de almacenamiento ( $G'$ ) o componente elástico del producto, proporciona información sobre la estructura presente en el material y representa la energía almacenada en los cuerpos elásticos de la muestra; el módulo de pérdida ( $G''$ ) representa el carácter viscoso y la energía disipada del material (Deniz *et al.* 2008; Mohammad *et al.* 2006; Liu *et al.* 2007). Se determinan mediante las ecuaciones 1 y 2:

$$G' = \left(\frac{\tau_0}{\gamma_0}\right) \cos\delta \tag{1}$$

$$G'' = \left(\frac{\tau_0}{\gamma_0}\right) \sin\delta \tag{2}$$

Donde  $\tau_0$  y  $\gamma_0$  son, respectivamente, las amplitudes de las ondas del esfuerzo y de la deformación y  $\delta$  es el ángulo de desfase. La razón de  $G''$  sobre  $G'$  se ha definido como la tangente de pérdida ( $\tan\delta$ ) ecuación (3) y describe los efectos de los componentes viscosos y elásticos en el comportamiento viscoelástico (Deniz *et al.* 2008).

$$\tan\delta = \frac{G''}{G'} \tag{3}$$

Expresando las funciones armónicas (1) y (2) en forma compleja, se llega a la ecuación (4).

$$\frac{\tau_*}{\gamma_*} = G^* = G' + iG'' \tag{4}$$

Donde  $i$  es una raíz imaginaria o compleja, producto de la combinación de las funciones seno y coseno,  $G^*$  es el mó-

dulo complejo o dinámico, en el comportamiento viscoelástico. En el caso de un sólido elástico, la onda está en fase  $\delta=0^\circ$ , y  $G^*=G'$ ,  $G''=0$ . En un fluido viscoso ideal  $\delta=90^\circ$  y  $G''=G^*$ ,  $G'=0$ . Por consiguiente, el ángulo de desfase en los fluidos viscoelásticos varía entre 0 y  $90^\circ$  (Obiajunwa *et al.* 2005; Steffe, 1996; Liu *et al.* 2007). Cuando un fluido presenta comportamiento pseudoplástico, los valores de  $G' > G''$ , lo cual, indica que las propiedades elásticas dominan sobre las viscosas (Deniz *et al.* 2008). Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos de los procesos de elaboración artesanal y tecnificado, en el comportamiento reológico y estabilidad de las pastas de ajonjolí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon semillas de ajonjolí (*S. indicum*), recolectadas con un tiempo de maduración de 80 a 130 días, en el Municipio de Córdoba-Bolívar (Colombia). Estudios previos indican que la composición de este tipo de semillas está representada por un contenido de proteínas del 8-17%, entre 50-60%, aceite; un 3,2-3,4%, de fibra cruda; un 18-20%, carbohidratos y sólidos solubles; un 5,7-5,8%, cenizas y entre un 5,1- 6,1%, de humedad; a su vez, son muy ricas en minerales, tales como calcio, fósforo y vitamina E (Sayed, 2010; Borchani *et al.* 2010; Namiki, 2007; Obiajunwa *et al.* 2005; Seed *et al.* 2004).

Las pruebas experimentales, se realizaron en las plantas pilotos del programa ingeniería de alimentos y en los laboratorios del grupo de investigación NUSCA, de la Universidad de Cartagena.

**Elaboración artesanal de la pasta untable:** Para este proceso, se tomaron 1000g de semillas de ajonjolí enteras húmedas y descortezadas, que se limpiaron y se tostaron en una estufa convencional (Hakee Ltda), a  $130^\circ\text{C}$ , durante 35 min, hasta que se obtuvo un color café claro. Posteriormente, se pasaron por un molino manual para granos (Corona, Instruments Ltda), hasta obtener la harina. Se le agregó 20% de agua mezclada con 10g de sal y se homogenizó manualmente, durante 10min, hasta que se consiguió la consistencia deseada. La pasta terminada fue envasada en recipientes de vidrio cerrados herméticamente (FAO, 2006; Mohammad *et al.* 2006; Cunningham *et al.* 2007).

**Elaboración tecnológica de la pasta untable:** Se utilizaron 1000g de semillas de ajonjolí y se les realizó la adecuación y la limpieza para eliminar impurezas; después, se sumergieron en 6L de agua ( $T = 18 \pm 2^\circ\text{C}$ ), durante 12 horas. Las semillas remojadas fueron exprimidas y sumergidas durante cinco minutos, en 8L de solución salina al 23%, para separar las cascaras mecánicamente (Alpaslan & Hayta, 2002; Elleuch *et al.* 2007). Posteriormente, las semillas descorte-

zadas y lavadas, se tostaron en un horno convencional (HE 2750-Challenger S.A), a 140°C, durante 30 min y se molieron en un molino mecánico de discos (Corona Instruments Ltda.), para granos, hasta que se obtuvo una harina fina, que se mezcló con 0,10% de sal y homogeneizada, en un homogeneizador (de alta cizalla del tipo rotor-estator: IKA Super Dispax, Labtech Ltda), por 2 min, hasta que se obtuvo un producto con consistencia cremosa. La pasta terminada fue envasada en recipientes de vidrio cerrados herméticamente. Se le aplicó un tratamiento de pasteurización a 95°C por 10 min, contados a partir de que el agua comenzó a hervir. Las pastas fueron almacenadas a una temperatura de refrigeración de 4°C (Altay *et al.* 2005; Mohammad *et al.* 2006).

**Análisis proximales:** Fueron realizados a las semillas y las pastas, siguiendo la metodología empleada por la AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analíticos) (2003): el contenido de humedad, por el método N° 938,08; proteínas, por el método N° 976,05; grasa, mediante N° 933,05; fibra cruda, método N° 962,09 y, carbohidratos, por diferencias.

**Medida de la sinéresis:** Después de dos días de almacenamiento refrigerado a 4°C, se agitaron las pastas por 2 min, a 400rpm, en un agitador magnético y, posteriormente, se centrifugaron a 5000g a 20°C, en una centrifuga compacta (Ciedutec Ltda). La sinéresis, se calculó como la cantidad de líquido que se separa del producto, debido a la centrifugación con relación a la masa total de la pasta que fue centrifugada (Lucey, 2001; Aichinger *et al.* 2003; Acevedo *et al.* 2010).

**Pruebas reológicas:** Se tomaron tres muestras de 300g de las pastas. Las medidas viscoelásticas, se realizaron en un reómetro TA AR 1500® (TA Instruments Ltda.), utilizando el sensor de platos concéntricos (40mm steel plate). Previo a la medición, todas las muestras se dejaron en reposo durante 15 minutos, para permitir la relajación de las mismas (Amatayakul & Sherkat, 2006; Kristo *et al.* 2003). Para cada muestra, se efectuaron ensayos de barrido de amplitud (strain sweep); se eligió el valor de la deformación, se determinó el rango de viscoelasticidad lineal y se procedió a realizar el ba-

rrido de frecuencia (frequency sweep), en un rango entre 0,1 a 10Hz, para cada una de las muestras, a una deformación previamente determinada. La temperatura de las muestras, se mantuvo a 25±0,1°C. El proceso fue automáticamente controlado por el programa TA Universal Analysis Versión 5,2®, instalado en un ordenador PC, conectado al reómetro y el análisis de los datos reológicos, se ejecutó utilizando el software Rheology Advantage Data Analysis Version 5,7®. Los resultados de los ensayos, se expresaron en términos de (G') y (G''), en función de la frecuencia de la deformación (Deniz *et al.* 2008; Liu *et al.* 2007; Mohammad *et al.* 2006). A Las pastas colocadas en el reómetro, se les produjo un ciclo de deformación de 0,0716 a 100S<sup>-1</sup> en 60 segundos; los datos de las curvas fueron ajustados, por medio del software Bohlin Rheometer, a los modelos de Herschel-Bulkley y, el modelo de potencia, obteniendo los valores de los parámetros reológicos: índice de flujo n, el umbral de fluencia  $\sigma_0$ , y el coeficiente de consistencia K (Deniz *et al.* 2008; Razavi *et al.* 2007).

**Diseño experimental:** En esta investigación, se estudiaron dos tratamientos: la pasta obtenida artesanalmente y la pasta con proceso tecnológico, con tres repeticiones, en un diseño experimental totalmente aleatorio. Las variables respuesta fueron: los análisis proximales (contenido de proteína, grasa, humedad, fibra, carbohidratos), la determinación de sinéresis (coeficiente de consistencia, índice de flujo) y las propiedades reológicas (módulos de almacenamiento y de pérdida), las cuales, se realizaron por triplicado; se utilizó el programa Graph PadInstats versión 3.1. Para el análisis de los datos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y el análisis de medias, mediante un test de Tukey-Kramer; se fijó el nivel de significancia a p < 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se observa que la pasta artesanal presenta mayor porcentaje de humedad que la tecnificada, debido a la adición de agua en la elaboración, lo que ocasiona que tenga menor estabilidad y vida útil. La pasta tecnificada presentó

Tabla 1. Análisis proximal de las semillas de ajonjolí y de la pasta artesanal y tecnificada.

Componentes	Ajonjolí	Pasta artesanal	Pasta Tecnificada
Humedad, (%)	6,02	29,62	0,57
Proteínas, (%)	18,95	19,77	23,75
Fibras, (%)	3,98	4,41	4,58
Cenizas, (%)	0,68	5,01	5,30
Grasas, (%)	38,41	30,29	38,66
Carbohidratos, (%)	31,76	14,83	31,51

mayor porcentaje de carbohidratos, lo que puede contribuir a la estabilidad de la suspensión, resultados similares fueron obtenidos por Cunningham *et al.* (2007); Deniz *et al.* (2008) y Borchani *et al.* (2010).

La sinéresis de la pasta artesanal fue de 40% y para la pasta tecnificada fue de 15%; estas diferencias son debidas al mayor porcentaje de humedad en la pasta artesanal, lo cual, hace esta suspensión menos estable. Resultados similares fueron obtenidos para geles de productos lácteos por Aichinger *et al.* (2003) y Acevedo *et al.* (2010).

Los cambios en los módulos elásticos y de pérdidas con el aumento de la frecuencia, se muestran en las figuras 1 y 2. En todas las muestras analizadas, ( $G'$ ) fue mayor que ( $G''$ ), aunque en la pasta artesanal las diferencias entre los módulos son menores, porque presenta un comportamiento menos elástico, debido, principalmente, al alto contenido humedad (Deniz *et al.* 2008; Mohammad *et al.* 2006; Razavi *et al.* 2007). El alto valor de ( $G'$ ) en la pasta tecnificada es un indicativo de la fuerte interacción de las partículas y de una estructura tipo red estable (Auty *et al.* 2005).

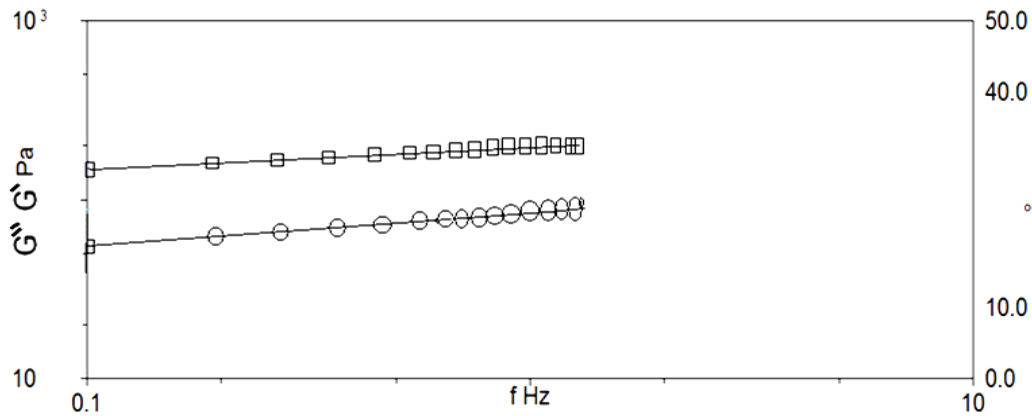


Figura 1. Valores del módulo de almacenamiento  $G'$  ( $\square$ ) y del módulo de pérdida  $G''$  ( $\circ$ ) en un barrido de frecuencia entre 0,1-10Hz, para la pasta de ajonjolí artesanal.

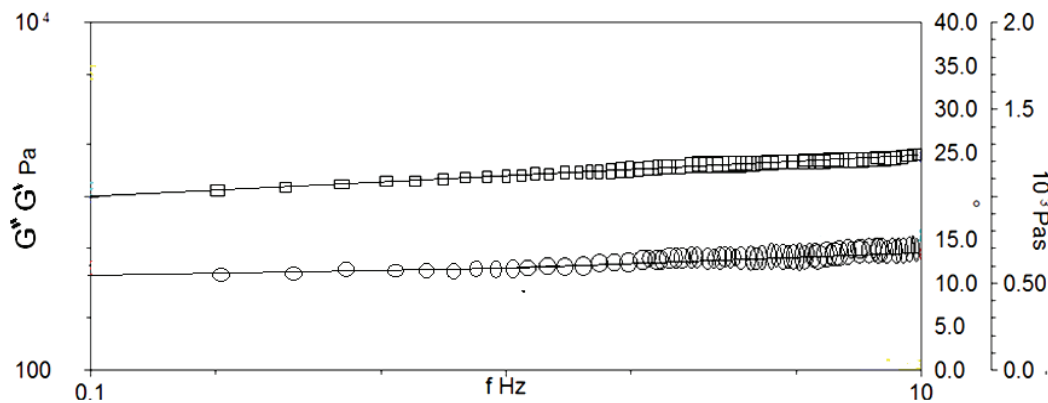


Figura 2. Valores de los módulos de almacenamiento  $G'$  ( $\square$ ) y de pérdida  $G''$  ( $\circ$ ) en un barrido de frecuencia entre 0,1-10Hz, para las pasta de ajonjolí tecnificada.

La información que se obtiene, a través de estas medidas dinámicas (u oscilatorias), es la contribución a la estructura interna de la muestra de las porciones elástica ( $G'$ ) y viscosa ( $G''$ ) (Pa), respectivamente, y la viscosidad compleja ( $\eta^*$ )

(Pa. s). Se espera que ( $G'$ ) esté relacionado a la elasticidad y la viscosidad compleja a la cohesividad (estimación de la cantidad de deformación antes de la ruptura) (Mohammad *et al.* 2006; Liu *et al.* 2007; Cunningham *et al.* 2007).

Las curvas de flujo de las pastas, se muestran en la figura 3; todas presentaron comportamiento pseudoplástico o de adelgazamiento al corte. Se probaron con los modelos de Herschel - Burkley y la ecuación de potencia y el modelo que mejor se ajustó fue la ley de potencia, porque presentó los mayores coeficientes de correlación 0,997.

Mediante mediciones reológicas rotacionales, se determinó el perfil de viscosidad compleja ( $\eta^*$ ), lo cual, se muestra en la figura 4.

La viscosidad disminuyó al aumentar velocidad de corte, indicando un perfil típicamente pseudoplástico, lo que coinci-

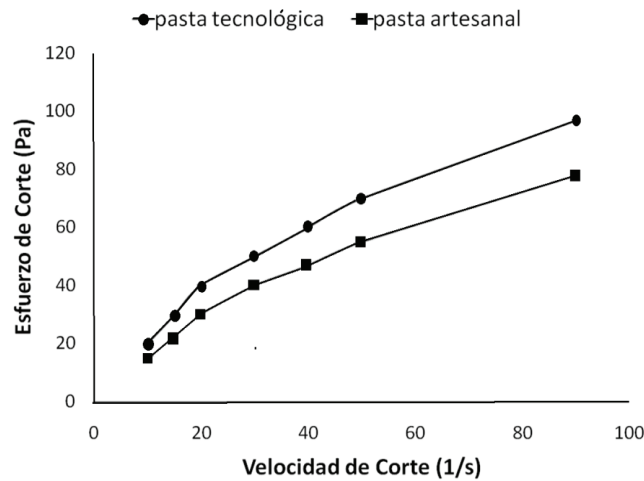


Figura 3. Esfuerzo de corte en función de la velocidad de corte para la pasta de ajonjolí artesanal y tecnológica.

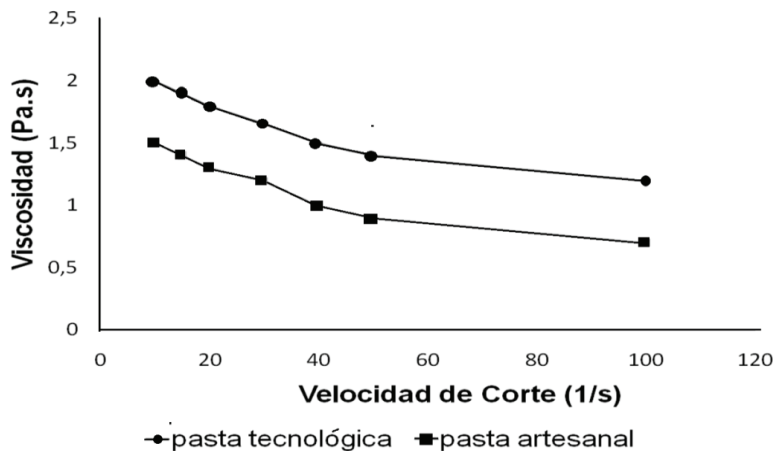


Figura 4. Viscosidad en función de la velocidad de corte para la pasta de ajonjolí artesanal y tecnológico.

de con lo descrito en la bibliografía (Steffe, 1996; Elleuch *et al.* 2007; Deniz *et al.* 2008; Acevedo *et al.* 2010).

El comportamiento reológico de la pasta de ajonjolí ha sido informado como pseudoplástico y tixotrópico (Alpaslan &

Hayta, 2002; Abu *et al.* 2002; Altay, 2005). Aunque, al igual que en el presente trabajo, no se tomó en cuenta la distribución del tamaño de partícula; no obstante, este debe ser estudiado a fondo en futuras investigaciones, ya que puede

desempeñar un papel importante en las propiedades reológicas y la estabilidad coloidal de la pasta de ajonjolí analizada.

El aumento de la velocidad de corte produce un daño irreversible en la estructura de las pastas, lo cual, ocasiona la separación en dos fases: una fase líquida y otra sólida (Mohammad *et al.* 2006; Cunningham *et al.* 2007). Las propiedades de flujo se ven afectadas significativamente por el porcentaje de agua, que produce disminución del coeficiente de consistencia, mientras aumenta el índice de comportamiento de

flujo (Deniz *et al.* 2008; Liu *et al.* 2007). El coeficiente de consistencia  $K$  y el índice de comportamiento de flujo  $n$  de las muestras, se muestran en la tabla 2.

La pasta artesanal presentó menor  $K$  y mayor  $n$ , que la pasta elaborada tecnológicamente, debido al contenido de humedad que la hace más fluida, resultados que coinciden con los reportados por Cunningham *et al.* (2007); Mohammad *et al.* (2006); Razavi *et al.* (2007); Deniz *et al.* (2008).

Tabla 2. Mediciones reológicas de flujo en el modelo de ley de potencia.

Sistema	K	N	R <sup>2</sup>
Pasta artesanal	3,943	0,6292	0,997
Pasta tecnificada	9,133	0,3541	0,997

De los resultados anteriores, se concluye que para ambas pastas de ajonjolí, artesanal y tecnificada, el porcentaje de carbohidratos y de agua determinaron, en gran medida, su estabilidad y sus propiedades reológicas. La pasta tecnificada presentó menor sinéresis, por lo tanto, fue más estable. El perfil de viscosidad compleja ( $\eta^*$ ) obtenida para este tipo de pastas, indica un comportamiento típicamente pseudoplástico, lo que coincide con la bibliografía referida, para distintos tipos de pastas untadas.

Agradecimientos: A la Universidad de Cartagena, por la financiación del presente trabajo. Conflicto de intereses: El artículo fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABU-JDAYIL, B. 2004. Flow properties of sweetened sesame paste. *Rev. Food Res. Techn.* (Estados Unidos). 219:265-272.
2. ABU-JDAYIL, B.; AL-MALAH, K.; ASOUD, H. 2002. Rheological characterization of milled sesame (tehinneh). *Food Hydrocoll.* (Estados Unidos). 16:55-61.
3. ACEVEDO, D.; RODRÍGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, A. 2010. Efecto de las variables de proceso sobre la cinética de acidificación, la viabilidad y la sinéresis del suero costeño colombiano. *Rev. Inf. Tecn.* (Chile). 21(2):29-36.
4. AHMAD, KOUCHAKZADEH. 2012. Effect of centrifugation on temperature of sesame paste. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.* 14(3):179-182.
5. AICHINGER, P.A.; MICHEL, M.; SERVAIS, C. 2003. Fermentation of a skim milk concentrate with *Streptococcus thermophilus* and chymosin: structure, viscoelasticity and syneresis of gels. *Colloids Surfaces B: Biointerfaces.* (Estados Unidos). 31:243-255.
6. ALPASLAN, M.; HAYTA, M. 2002. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses) / tahin (sesame paste) blends. *J. Food Eng.* 54(1):89-93.
7. ALTAY, F.L.; AK, M. 2005. Effects of temperature, shear rate and constituents on rheological properties of tahin (sesame paste). *Rev. J. Sci. Food Agr.* (Estados Unidos). 85:105-111.
8. AMATAYAKUL, T.; SHERKAT, F. 2006. Physical characteristics of set yoghurt made with altered with altered casein to whey protein ratios and EPS producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocoll.* 20:314-324.
9. AOAC, 2003. Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Washington, U.S.A., Chapter 32, p.1-14.
10. ARSLAN, E.; YENER, M.E.; A. ESIN, A. 2005. Rheologic characteristics of tahin/pekmez (sesame paste/



- concentrated grape juice) blends. *J. Food Eng.* 69(8):167-172.
11. AITY, B.; KENNEDY, P. 2005. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocoll.* 19:101-109.
  12. BORCHANI, C.; BESBES, S.; BLECKER, Ch.; ATTIA, H. 2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *J. Agr. Sci. Tech.* 12:585-596.
  13. CUNNINGHAM, S.E.; MCMINN, W.A. 2007. Modelling water absorption of pasta during soaking. *J. Food Eng. (Estados Unidos).* 82:600-607.
  14. DENIZ, C.; KAHYAOGU, T.; KAPUCU, S.; KAYA, S. 2008. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *J. Food Eng.* 87(12):428-435.
  15. ELLEUCH, M.; BESBES, S. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chem. (Estados Unidos).* 103:641-650.
  16. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Fichas Técnicas, productos frescos y procesados de ajonjolí (*Sesamum indicum*). Disponible desde Internet en [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/ajonjolí.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/ajonjolí.htm) (con acceso 22/03/2012).
  17. KAHYAOGU, T.; KAYA, S. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *J. Food Eng.* 75(4):167-177.
  18. KRISTO, E.; BILIADERIS, C.G.; TZANETAKIS, N. 2003. Modeling of rheological, microbiological and acidification properties of fermented milk product containing a probiotic strain of *Lactobacillus paracasei*. *Int. Dairy J.* 13(7):517-528.
  19. LIU, H.; XU X.M.; GUO, SH.D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT-Food Sci. Techn.* 40:946-954.
  20. LUCEY, J.A. 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in rennet gels. *Food Hydrocoll.* 15:603-608.
  21. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2010. Anuario estadístico en Colombia. Disponible desde Internet en: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/anuarioEstadistico2010.pdf> (con acceso 13/08/2012).
  22. MOHAMMAD, B.; NAJAFI, H.; ALAEI, Z. 2006. Rheological properties of date syrup/sesame paste blend. *World J. Dairy & Food Sc.* 1(1):1-5.
  23. NAMIKI, M. 2007. Nutraceutical Functions of sesame: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 47:651-673.
  24. OBIAJUNWA, E.I.; ADEBIYI, F.M.; OMODE, P.E. 2005. Determination of essential minerals and trace elements in Nigerian sesame seeds, using TXRF technique. (Pakistan). *J. Nutr.* 4 (6):393-395.
  25. RAZAVI, S.; MOHAMMAD, B.; NAJAFI, H.; ALAEE, Z. 2007. The time independent rheological properties of low fat sesame paste/ date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. *Food Hydrocoll.* 21(3):198-202.
  26. SAYED, M. 2010. Determination of nutritional and physical properties of sesame seed (*Sesamun indicum* L.). *Biosyst. Eng. Environm.* 33:304-309.
  27. SEED, Y.; TUNDE-AKINTUNDE, B.; AKINTUNDE. O. 2004. Some physical properties of sesame. *Biosyst. Eng.* 88(1):127-129.
  28. STEFFE, J. 1996. Rheological methods in Food process engineering 2<sup>nd</sup> Ed. Freeman Press. East Lansing. (USA). p.325-331.

Recibido: Julio 30 de 2012

Aceptado: Marzo 28 de 2013