

Evaluación del potencial tecnológico de galactomananos del endospermo de semillas de *Prosopis* sp. para el uso en la industria de alimentos

Oliva, M.; C. Alfaro e I. Palape

RESUMEN

Las especies de leguminosas presentan galactomanano en mayor o menor cantidad en el endospermo de las semillas sus principales fuentes comerciales son la goma guar, caroba y tara, las que se emplean particularmente en la industria de alimentos, bebidas y farmacia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial tecnológico del galactomanano del endospermo de semillas de algarrobo (*Prosopis* sp.) para el uso en la industria de alimentos. Para esto se trabajó con galactomananos obtenidos a partir de extractos del endospermo de semillas provenientes de Quillagüa, Chile. Se evaluaron propiedades de interés industrial, como rendimiento, relación manosa/galactosa y características reológicas. Los resultados obtenidos confirman que el galactomanano posee características de hidrocoloide y muestra comportamiento no newtoniano y propiedades reológicas como la viscosidad. La relación manosa/galactosa y rendimiento variaron substancialmente con el método utilizado en la eliminación de la testa de la semilla.

Palabras clave: *Prosopis* sp., galactomanano, potencial alimentario.

Oliva, M.; C. Alfaro and I. Palape, 2010. Evaluation of the technological potential of galactomannan from the endosperm of *Prosopis* sp. to be used in food industry. Agriscientia XXVII (2): 107-113

SUMMARY Legume species have galactomannans on the endosperm of their seeds, their principal commercial sources are guar, carob and tara gums, used particularly in the food, beverage and pharmaceutical industry. The aim of this work was to evaluate the technological potential of galactomannan obtained from the endosperm of algarrobo (*Prosopis* sp.) seeds for its use in the food industry. To this purpose we worked with galactomannans obtained from seeds endosperm extract from Quillagüa, Chile. Properties of industrial interest were evaluated such as yield, manose/galactose ratio and reologic characteristics.

The results obtained confirm that galactomannan has hydrocolloidal characteristics, showing non-newtonian behavior and rheological properties such as viscosity. The manose/galactose ratio and yield had a substantial variation with the method used to eliminate the seed coat. .

Key words: *Prosopis* sp., galactomannan, food potential..

M. Oliva y C. Alfaro. Departamento de Agricultura del Desierto y Biotecnología, Universidad Arturo Prat (UNAP), Avenida Arturo Prat 2120 Iquique I región, Chile. I. Palape. Departamento de Ciencias Químicas y Farmacéuticas UNAP. Correspondencia a M. Oliva: maria.isabel.oliva@unap.cl

INTRODUCCIÓN

La semilla de *Prosopis* corresponde aproximadamente al 9% del peso total de la vaina y presenta morfológicamente tres componentes: la testa que constituye el 20% del total de la semilla, el cotiledón, aproximadamente el 48%, y el endospermo el 32% (Galera, 2000; Prukopiuk y Chifa, 2000; Traskauskas *et al.*, 2001). El tejido de reserva de la semilla es el endospermo, el cual está compuesto de aleurona y endospermo harinoso. Los depósitos de galactomananos se encuentran en las paredes de las células del endospermo harinoso con una concentración de 45 a 85%, cantidad que depende de la especie y lugar de origen de la semilla (Buckeridge *et al.*, 2000a; Buckeridge *et al.*, 2000b; Galera, 2000; Panegassi *et al.*, 2000; Frez 2001; Tonini *et al.*, 2007).

Los galactomananos están constituidos por unidades de manosa y galactosa y presentan una estructura molecular lineal formada por cadenas de D-manosa con enlaces en posición β -1,4 en la cual se unen varias ramas de D-galactosa mediante enlaces (1,6) cada cuatro o cinco manosas (Fenne- ma, 1993; Buckeridge *et al.*, 2000a; Buckeridge *et al.*, 2000b; Matsuhiro *et al.*, 2006). Estos poseen la capacidad de absorber agua y forman soluciones acuosas altamente viscosas y estables, motivo por el cual se les denominan hidrocoloides, mucílagos o gomas (Badui, 1999). El Reglamento Sanitario de Chile los clasifica como aditivos alimentarios; éstos se incorporan a los alimentos en concentraciones inferiores al 1% para mejorar su textura o consistencia, sin que se afecte el aroma, sabor ni contenido nutritivo.

Varios reportes mencionan que el uso industrial del galactomanano se basa en el aprovechamiento de sus propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con sus características fisicoquímicas

y dependen fundamentalmente de su estructura (Multon, 1988; FAO, 1995; Badui, 1999; Cruz, 1999; Panegassi *et al.*, 2000; De la Cruz, 2004).

La proporción de sustituciones de galactosa no sólo describe la estructura de los galactomananos, sino que además tiene un papel significativo en sus propiedades funcionales, como condiciones de hidratación, capacidad de retención del agua y comportamiento reológico. Dentro de este último la viscosidad es el criterio de calidad fundamental para los agentes de espesamiento y ésta difiere entre un galactomanano y otro (Buckeridge *et al.*, 2000b; Panegassi *et al.*, 2000; Espinoza, 2002; De la Cruz, 2004; Garros *et al.*, 2006; López-Franco *et al.*, 2006).

Para la extracción del galactomanano se realiza la separación de los componentes de la semilla, endospermo y testa. Sin embargo, todavía no se ha establecido un método eficiente en una planta experimental o a escala industrial. Se tiene conocimiento de tres técnicas experimentadas a nivel de laboratorio: el método alcalino, ácido y de tostado, con rendimientos variables (Galera, 2000; Panegassi *et al.*, 2000; Frez, 2001; Suárez, 2003). Varios estudios dejan de manifiesto que las diversas técnicas utilizadas en la extracción del galactomanano inciden en las propiedades funcionales de éste, diferencia que depende fundamentalmente de la estructura que presenten, es decir el grado de sustitución de las unidades de galactosa en la cadena de manosa (Panegassi *et al.*, 2000; De la Cruz, 2004).

Actualmente, los galactomananos de *Prosopis* se emplean extensamente en la industria de alimentos, farmacéuticas y cosméticas como agentes de espesamiento y estabilizante, donde la viscosidad es un factor de calidad decisivo en la consistencia que le otorga al producto. Por lo tanto, es neces-

rio el estudio de la estructura y propiedades del galactomanano presente en las semillas a fin de poseer información relacionada con el proceso de extracción, rendimiento y propiedades reológicas. La industria alimentaria chilena importa aditivos de origen vegetal para la elaboración de productos procesados, por lo que cobra interés desarrollar aditivos comerciales de amplio requerimiento en la industria alimentaria como una alternativa de sustitución de importaciones.

Los objetivos de este trabajo fueron comparar dos métodos (tratamiento ácido y alcalino) de separación de testa y endospermo de semillas de *Prosopis* sp., determinar la relación manosa/galactosa y establecer las propiedades espesantes del galactomanano, para evaluar el potencial tecnológico en el uso en la industria de alimentos como aditivo alimentario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se trabajó con una mezcla de vainas maduras de *Prosopis* sp. recolectadas al azar en el mes de marzo 2006, en el sector de Quillagüa (II región, Chile) ubicada a 21° 39' S y 69° 36' O.

Separación de testa y endospermo

Para realizar la separación de testa y endospermo de la semilla se utilizaron dos tratamientos. El tratamiento 1 consistió en el método alcalino Frez (2001): se mezclaron 20 gramos de semillas con solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,5% p/v a 60 °C. Esta mezcla se agitó durante 7 minutos en vortex. Inmediatamente fueron lavadas con agua potable y se dejó hidratar durante 18 horas. El líquido sobrenadante se descartó y se separaron manualmente, endospermo, testa y cotiledón. El endospermo obtenido se secó a 37 °C en estufa presión reducida Memmert modelo VO-200 serie 29-1011. El tratamiento 2 correspondió al método ácido descrito por Cruz (1999). Se mezclaron 20 gramos de semillas con 30 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 72% p/p a 35 °C. Esta mezcla se agitó durante 20 minutos. Enseguida las semillas fueron lavadas mediante chorros de agua a alta presión por intervalos cortos de tiempo, operación que se repitió hasta la eliminación completa del H_2SO_4 ; posteriormente se frotaron en forma manual para eliminar los fragmentos de la testa, luego las semillas se secaron a 60 °C en estufa a presión reducida, y finalmente se molieron en un molino de cereales Siemens modelo MG 1000, para obtener

fragmentos más pequeños de endospermo.

Obtención del extracto

Los fragmentos de 0,5 mm de endospermo para su hidratación fueron suspendidos en agua destilada bajo agitación constante durante 60 segundos; enseguida fueron calentados en un baño de agua a 80 °C por 30 minutos. Para la obtención de la goma, las soluciones resultantes fueron centrifugadas en una centrifuga Eppendorf A-4-44, durante 60 segundos a 1200 rpm; el sobrenadante fue decantado y filtrado con un crisol filtrante G4.

Obtención y caracterización del galactomanano

Para la extracción del polisacárido de las soluciones de goma se agregó alcohol isopropílico en una concentración de 0,5% p/v, en una proporción de 1:2; posteriormente se agitaron las mezclas hasta la precipitación de los galactomananos. Finalmente se filtró y se secó a vacío durante 48 horas.

El rendimiento del galactomanano obtenido se calculó usando el peso del sólido extraído y purificado con ambos tratamientos, en relación a 20 gramos de semilla.

La relación manosa/galactosa de las muestras molidas y deshidratadas provenientes de la extracción alcalina y ácida fueron establecidas mediante cromatógrafo de capa fina de alta resolución. El galactomanano obtenido se sometió a una hidrólisis ácida con H_2SO_4 , posteriormente se neutralizó con $Ba(OH)_2$ y se centrifugó a 9000g durante 10 min. La muestra se separó por medio de una cromatografía en placa fina de alta resolución (HPTLC). La fase móvil utilizada fue n-propanol-etanol-agua (7:1:2). Las placas fueron reveladas y se cuantificaron las bandas por densitometría.

Para determinar la viscosidad de las soluciones del galactomanano se realizó una modificación al método descrito por Espinoza (2002). Para ambos tratamientos se prepararon soluciones a 0,12% p/v, se hidrataron por 16 horas a temperatura ambiente con agua destilada, y posteriormente se mezclaron utilizando un agitador magnético a 50 °C por 90 minutos. Las lecturas de viscosidad se tomaron fijando las rpm desde 0,3 a 100 para comprobar el comportamiento del fluido. Se registró la viscosidad en cP entregada por el instrumento y se dejó en cada medición transcurrir al menos 5 giros para permitir la estabilización y proceder a las lecturas. Se utilizó un viscosímetro Brookfield modelo RVDV-E 230, con spindle N°1 a diferentes temperaturas: 25, 30, 40 y 50 °C. Se prepararon concentraciones

al 1, 2,5 y 5% con una mezcla de galactomanano de ambos tratamientos utilizando el procedimiento descrito anteriormente.

Análisis estadístico

Para el rendimiento se aplicó un diseño completamente al azar con dos tratamientos de extracción (tratamiento alcalino y tratamiento ácido) y 10 repeticiones. Los resultados obtenidos se analizaron por comparación de medias.

Para la relación manosa/galactosa se determinó el coeficiente de correlación con una significancia de $P < 0,01$.

Para la viscosidad se utilizó un diseño completamente al azar con estructura Factorial 2×4 , con tres repeticiones. Los resultados obtenidos fueron analizados por ANOVA y cuando existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) se aplicó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El galactomanano presentó rendimientos de 9,9 y 15% para el tratamiento alcalino y ácido respectivamente (Tabla 1). Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados para diversas investigaciones efectuadas con diferentes concentraciones de disolventes, temperaturas y tiempos (Suárez, 2003; Achi & Okolo, 2004; Aubin *et al.*, 2006; Garros *et al.*, 2006). Esta diferencia se explica por la interacción que se produce entre concentración, temperatura y tiempo de contacto utilizado en el proceso de separación, extracción y aislamiento, los que inciden directamente en el

Tabla 1. Galactomanano obtenido en gramos/20 g de semilla y porcentaje (%) al utilizar 0,5% hidróxido de sodio y ácido sulfúrico 72% p/p como medios de extracción.

Tratamientos	Galactomanano	
	(gramos)	(%)
Alcalino	1,977 ± 0,12* b	9,9
Ácido	2,978 ± 0,09* a	15,0

*Media ± Ds, n=10. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según el contraste *t* de comparación de medias.

rendimiento, consistencia y color del galactomanano. Esto se ratifica con los resultados químicos obtenidos en el galactomanano del tratamiento ácido, el cual presentó mayor cantidad de impurezas en comparación con el tratamiento alcalino. El extracto del tratamiento ácido reveló 2,9% de fibra cruda, 3,5% de proteínas debido a los fragmentos de cotiledón y 0,95% de cenizas; en cambio, el extracto obtenido del tratamiento alcalino presentó 2,0 de fibra, 2,8 de proteínas y 0,78% de cenizas.

El análisis estadístico señala que existe diferencia significativa entre los dos tratamientos ($P < 0,05$), donde el rendimiento más alto correspondió al tratamiento ácido. Este resultado no concuerda a los obtenidos en otros estudios realizados con el mismo método en *Prosopis pallida* y *Prosopis chilensis* (Cruz, 1999; Frez, 2001), por lo que se deduce que el proceso de separación y extracción depende, además, de la morfología y anatomía de la semilla, de las características particulares para cada especie y de las condiciones edafoclimáticas en las que se encuentre.

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de manosa y galactosa que presenta el galactomanano, donde la relación entre manosa y galactosa presenta una alta correlación (0,98). Se observa que el porcentaje de galactomananos se encuentra entre 44,31 y 76,19%, para el tratamiento ácido y alcalino respectivamente. El proceso de separación alcalino logra un alto contenido de galactomanano según lo confirmado por su composición química. Los resultados de carbohidratos totales medidos como extracto no nitrogenado presentaron un promedio de 93,53 y 93,69%, para el tratamiento ácido y alcalino respectivamente. Estos datos son comparables a los obtenidos por Frez (2001) en galactomananos de semillas de *Prosopis chilensis*, donde se indica que el 94,0% de carbohidratos totales están formados principalmente por galactomananos. En contraste, en el tratamiento ácido, del total de carbohidratos (93,53%) solo un 44,31% son galactomananos y el 55,69% restante equivalen a otros polisacáridos que son consecuencia de las impurezas obtenidas en el tratamiento de separación y extracción del galactomanano.

Tabla 2 Relación manosa/galactosa del galactomanano del endospermo de *Prosopis* sp. proveniente de Quillagüa, Chile.

Tratamientos	Manosa (%)	Galactosa (%)	Man+Gal (%)	Otros polisacáridos (%)	Relación M/G*
Alcalino	46,12	30,07	76,19	23,81	1,53
Ácido	25,66	18,65	44,31	55,69	1,37

* Cociente de correlación de 0,986947 para la relación manosa/galactosa con una significancia ($P < 0,01$).

La proporción manosa/galactosa para el galactomanano se encuentra entre 1,37 y 1,53, valores que concuerdan a los reportados en otros estudios realizados con especies de *Prosopis* (Cruz, 1999; Frez, 2001).

Por otro lado, Pinto *et al.* (2006) indican valores más bajos para semillas de *Prosopis juliflora*. Similarmente, en otros trabajos se reportaron valores mayores a los obtenidos en el presente estudio (Azero & Andrade, 2006; Mashuro *et al.*, 2006).

Estas diferencias de cociente manosa/galactosa están relacionadas con la presencia o ausencia de impurezas en el galactomanano, como glucosa y arabinosa, azúcares que son componentes importantes en la capa de la semilla: esto permite la discriminación en la eficacia entre los tratamientos utilizados en retirar la testa.

En la Figura 1 se observa que los dos tratamientos utilizados para la eliminación de la testa de la semilla conjuntamente con la temperatura de medición, influyeron significativamente en la viscosidad aparente; sin embargo, la relación entre separación de la testa y aumento de temperatura presentó una alta correlación ($R^2=0,94$). Se obtuvieron valores más altos de viscosidad en el trata-

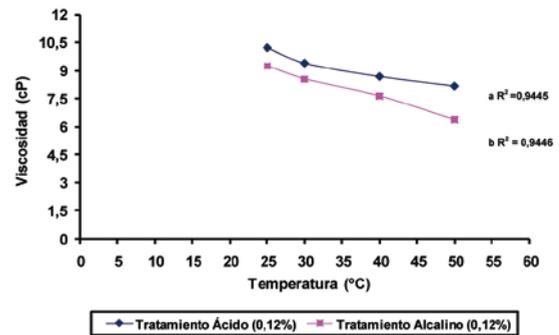


Figura 1. Variación de la viscosidad del galactomanano con respecto a la temperatura y los dos tratamientos utilizados para la eliminación de la testa.

miento ácido, a pesar de poseer un bajo contenido de galactomanano (44,31%) y mayor cantidad de impurezas en comparación al tratamiento alcalino (76,19% de galactomanano). En cambio, la viscosidad del tratamiento alcalino fue menor a lo esperado, provocado por una despolimerización parcial del polisacárido.

Para conocer el comportamiento del fluido de

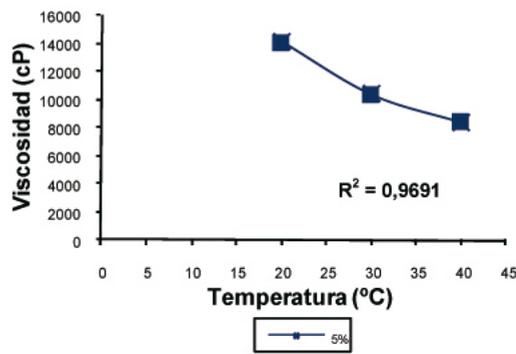
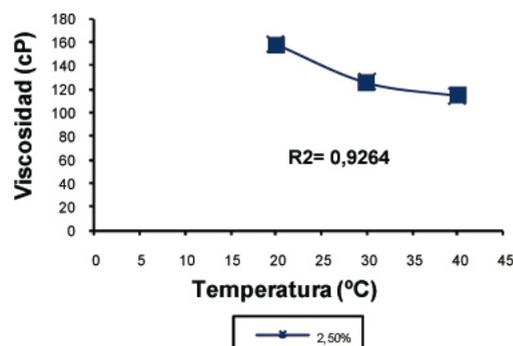
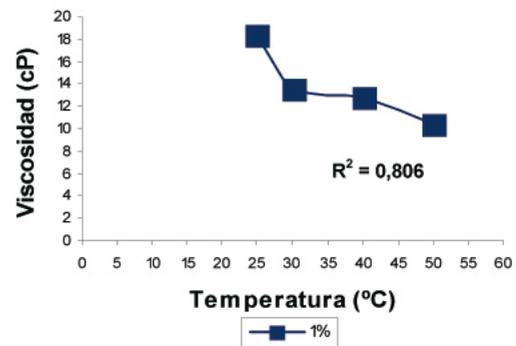
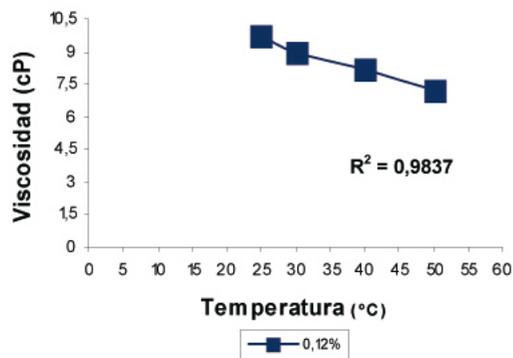


Figura 2. Comportamiento de la viscosidad del galactomanano frente a diferentes temperaturas y concentraciones de galactomananos de *Prosopis* sp.

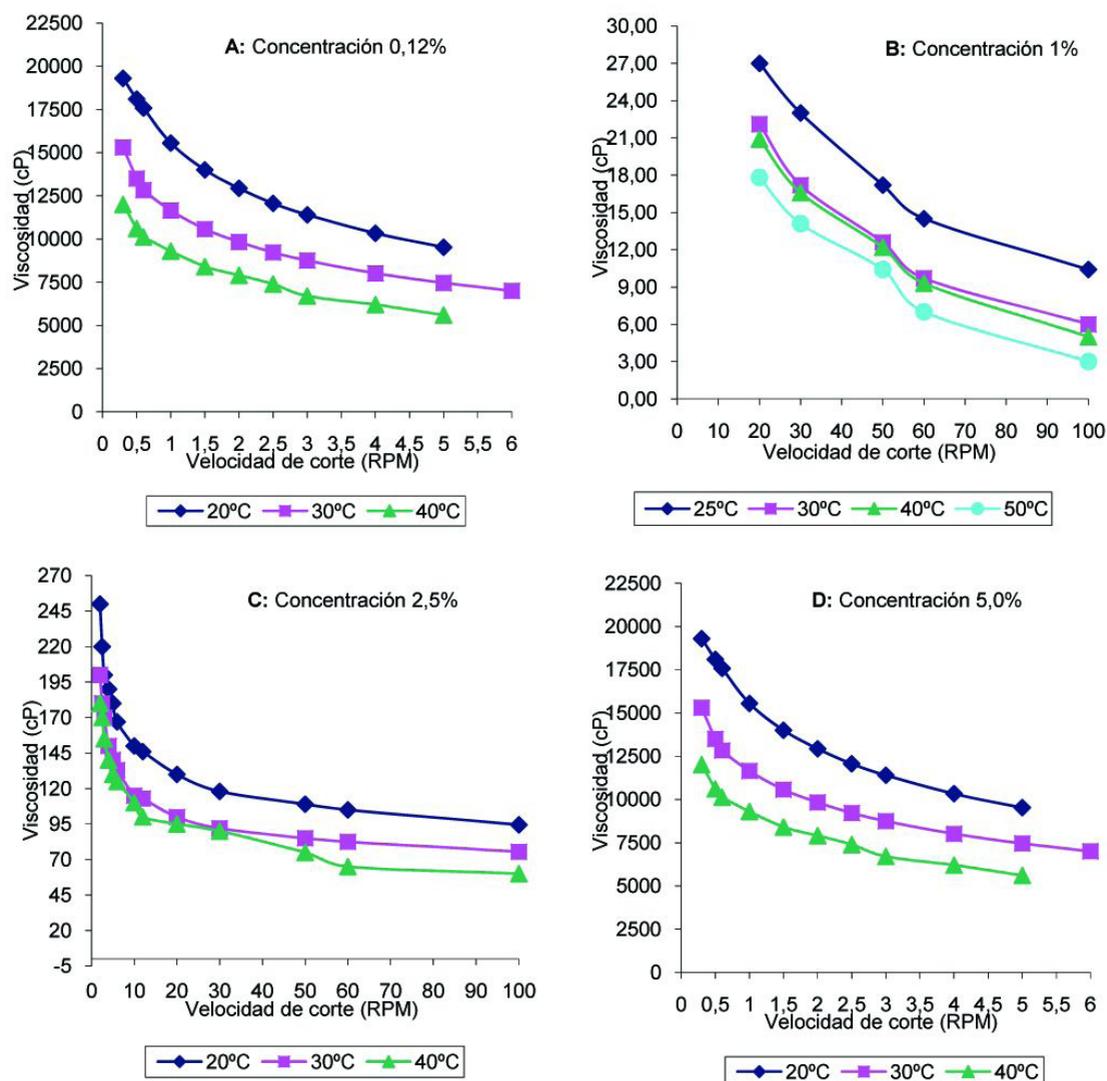


Figura 3. Viscosidad del galactomanano frente a la velocidad de corte.

soluciones de galactomanano, se determinó la viscosidad aparente mediante un viscosímetro Brookfield; debido a que este instrumento no permite la determinación de las tarifas del esqueleo, se estableció la viscosidad respecto a las variables de temperatura, concentración y velocidad de rotación (rpm). Para establecer la relación entre la viscosidad y cada una de las variables, a una mezcla de galactomananos obtenido por ambos tratamientos se le realizaron pruebas de correlación mediante regresión lineal.

En la Figura 2 se aprecia que con el incremento de la temperatura se produce un brusco descenso del valor de la viscosidad de todas las concentra-

ciones compuestas por una mezcla de galactomanano de ambos tratamientos. En la muestra de 1% se observa el mismo comportamiento, pero cuando alcanza la temperatura de 30 °C la viscosidad tiende a estabilizarse. De acuerdo a Espinoza (2002) la viscosidad del galactomanano se reduce en forma lineal cuando la temperatura es aumentada en desde los 25 a 80 °C; esto se relaciona con la disminución de las fuerzas de atracción entre moléculas. Por otra parte, la elevación de la temperatura promueve un gran movimiento de las moléculas de agua, reduciendo el número de ligaciones entre moléculas y consecuentemente, el efecto de la reducción de la viscosidad (Gómez-Díaz &

Navaza, 2002; Gómez-Díaz & Navaza, 2003; Achi & Okolo, 2004).

En la Figura 3 se observa el comportamiento de un fluido no newtoniano, con una disminución de la viscosidad aparente frente al aumento de la velocidad de rotación aplicada. Cruz (1999), Gómez-Díaz & Navaza (2003) y Achi & Okolo (2004) reportan el mismo comportamiento en la viscosidad. Según Yoo *et al.* (1994) y Andrade *et al.* (1999), la disminución de la viscosidad corresponde a las asociaciones intermoleculares específicas entre las regiones sin sustituir del manano de las cadenas del galactomanano y de la disposición de ovillo que forman.

Se observó que todas las muestras demostraron una relación exponencial entre la viscosidad y la concentración, a menor concentración de la solución de galactomananos se necesita mayor velocidad de rotación para desplazar la sustancia, lo que implica una disminución en la viscosidad cada vez más rápida (Figura 3 A y B). Las concentraciones de 2,5 y 5% precisan bajas velocidades de corte para el desplazamiento de la solución del galactomanano (Figura 3 C y D); esto se asocia a la concentración, ya que a mayor concentración de galactomananos se encuentran más partículas hinchadas altamente deformables lo que permite que a menor velocidad de corte éstas se desplacen rápidamente (Alloncle *et al.*, 1989).

BIBLIOGRAFÍA

- Achi, O. and N. Okolo, 2004. The chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum from *Prosopis africana* seeds. *International Journal of Food Science and Technology* 39:431-436.
- Alloncle, M.; J. Lefebvre, G. Llamas and J. Doublier, 1989. A Rheological Characterization of Cereal Starch-Galactomannan Mixtures. *Cereal Chem.* 66(2): 90-93.
- Andrade, A.; A. Azero, B. Luciano and B. Gonçalves, 1999. Solution properties of the galactomannans extracted from the seeds of *Caesalpinia pulcherrima* and *Cassia javanica*: comparison with locust bean gum. *International journal of biological macromolecules* 26: 181-185.
- Aubin, P.; C. Blecker, R. Christelle, B. Wathélet and M. Paquot, 2006. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Chemistry* 102(4):1368-1374.
- Azero, E. and C. Andrade, 2006. Characterisation of *Prosopis juliflora* Seed Gum and the Effect of its Addition to K-Carrageenan Systems. *J. Braz. Chem. Soc.* 17(5): 844-850.
- Badui, S., 1999. *Química de los Alimentos*. Editado por Pearson Educación. México. pp. p648.
- Buckeridge, M.; H. Dos Santos and M. Tíne, 2000a. Cell wall storage polysaccharides in seeds. Structure, metabolism, function and ecological aspects. *Plant Physiology and Biochemistry* 38: 141-156.
- Buckeridge, M.; M. Tíne, H. Dos Santos y D. De Lima, 2000b. Polissacarídeos de reserva de pared celular em sementes. Estructura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 12:137-162.
- Cruz, G., 1999. *Production and characterisation of Prosopis seed galactomannan*. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas. Instituto Federal Tecnológico Suizo. Zurich, Suiza. 113 pp.
- De la Cruz, P., 2004. Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* o *Caesalpinia tinctoria*. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* 7(14): 64-73.
- Espinoza, S., 2002. Estudio de algunas propiedades físicas de hidrocoloides provenientes de las semillas de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de cladodios del nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 39 pp.
- FAO, 1995. *Gums, resins and latexes of plant origin*. J.J.W. Copper. Non-Wood Forest Products N°6. Roma.
- Fennema, O., 1993. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1095 pp.
- Frez, C., 2001. Composición química de la goma de semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y proporción de galactomananos. Tesis Químico Farmacéutico, Facultad de Medicina. Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 56 pp.
- Galera, F., 2000. Los algarrobos: Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Graziani Gráfica. Córdoba, Argentina. 269 pp.
- Garros, I.; F. Reicher and C. Petkowicz, 2006. Characterization of the galactomannans from *Parkinsonia aculeata* seeds and their application on affinity chromatography. *Ciencia e Tecnología* 16(2):99-103.
- Gómez-Díaz, D. and J. Navaza, 2002. Effect of the Food Stabilizers Blends Composition upon the Rheological Behaviour. *EJEAFChe* 1 (3):165-176.
- Gómez-Díaz, D. and J. Navaza, 2003. Comments about rheological effects of food hydrocolloids addition. *Food Agriculture & Environment* 1(2):98-102.
- López-Franco, Y.; F. Goycoolea, M. Valdez y A. Calderón, 2006. Goma de mezquite: Una alternativa de uso industrial. *Revista Interciencia* 31(3):183-189.
- Matsuhiro, B.; L. Presle, C. Saenz and C. Urzua, 2006.

- Structural Determination and chemical Modifications of the Polysaccharide from seeds of *Prosopis chilensis* Mol. (Stuntz). J. Chil. Chem. Soc 51(1).
- Multon, J., 1988. Aditivos y auxiliares de fabricación en las Industrias agroalimentarias. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. 680 pp.
- Panegassi, V.; G. Serra y M. Buckeridge, 2000. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. Ciênc. Tecnol. Aliment. 20(3):115-124.
- Pinto, I.; F. Pereira, M. Gallão and E. Sousa de Brito, 2006. NMR study of galactomannans from the seeds of mesquite tree (*Prosopis juliflora* (Sw) DC). Food Chemistry 101(1):70-73.
- Prokopiuk, D. y C. Chifa, 2000. Comparación de tratamientos pregerminativos en semillas de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Grises). In: Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE. Chaco. Argentina.
- Reglamento Sanitario de los Alimentos. Ministerio de Salud de Chile. Actualizado 2003.
- Suárez, C., 2003. Utilización de dos métodos en la extracción húmeda de mucílago de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz). Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 32 pp.
- Tonini, P.; C. Lisboa, C. Silva, S. Viveiros and M. Buckeridge, 2007. Testa is involved in the control of storage mobilisation in seeds of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., a tropical legume tree from the Atlantic Forest. Trees Berlin 21:13-21.
- Traskauskas, C; G. Glibota y G. Camprubí, 2001. Producción en escala piloto de productos alimenticios derivados del algarrobo: Aspectos tecnológicos y de mercado. In: Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE. Chaco. Argentina.
- Yoo, B; A. Figueiredo and M. Rao, 1994. Rheological properties of mesquite seed gum in steady and dynamic shear. Lebensm Wiss. U. Technol 27(2):151-157.