

GELES DE GOMA DE PERICARPIO DE MAÍZ Y SU POSIBLE APLICACIÓN COMO AGENTE TEXTURIZANTE EN PRODUCTOS DE CONFITERÍA

Pérez Flores J. G.^{a,*}, Acevedo Sandoval O. A.^a, Gómez Aldapa C. A.^a, Castro Rosas J.^a, Carvajal Millan E.^b.

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184, México.

^b Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación de Alimentos de Origen Animal. Carretera a la Victoria Km. 0.6 AP 1735. Hermosillo, Sonora, México C.P. 83304. * jesusgpfflores@gmail.com.

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo fue extraer y caracterizar una goma de pericarpio de maíz (MBG). Presentó 72.95 ± 0.006 g/100 g bs de pentosas, siendo el componente mayoritario. Se determinó una Viscosidad intrínseca $[\eta]$ de 249.03 mL/g y una masa viscosimétrica de 90.16 KD. El espectro IRTF de MBG mostró una región de huellas dactilares de los polisacáridos relacionados con AX de 3,500 a 1,800 cm^{-1} . Se obtuvieron geles covalentes inducidos por lacasa a partir de soluciones al 4 % (p/v) de MBG y se monitoreó reológicamente el proceso de entrecruzamiento; el módulo de almacenamiento (G') y pérdida (G'') obtuvieron valores finales de 24.53 y 0.78 Pa, respectivamente y un tiempo de gelificación (T_g) de 40 minutos. El espectro mecánico mostró un comportamiento típico de materiales sólidos, con un G' lineal independiente de la frecuencia y un $G'' < G'$ y dependiente de la frecuencia. La MBG de estudio representa un candidato potencial como agente encapsulante dadas sus propiedades estructurales.

ABSTRACT:

The aim of this study was to extract and characterize a maize bran gum (MBG). The MBG composition was 72.95 ± 0.006 pentoses g/100 g db of pentoses, was the major component. Values of 249.03 mL/g of Intrinsic viscosity $[\eta]$ and 90.16 KD of viscometrically mass were determined. The FTIR spectrum of MBG presented a region from 3500 to 1800 cm^{-1} , is the fingerprint region of polysaccharides related to arabinoxylans. Gels were obtained from solutions 4 % (w/v) MBG by laccase covalent cross-linking of ferulic acid and the process was rheologically investigated, storage (G') and loss (G'') modulus final values were 24.53 y 0.78 Pa, respectively and gelation time (T_g) was 40 min. The mechanical spectra was typical of solid-like materials with a linear G' independent of frequency and $G'' < G'$ and dependent of frequency. The MBG presented in this investigation could be a potential candidate as encapsulation and agent in the food industry for its structural properties.

Palabras clave:

Arabinoxilanos Ferulados, Goma de Pericarpio de Maíz, Productos de Confitería.

Keyword:

Feruloylated arabinoxylans, Gels, Maize Bran Gum, Confectionery Products.

Área: Desarrollo de nuevos productos.

INTRODUCCIÓN

Los subproductos de la industria nixtamalizadora como el pericarpio de maíz; contienen principalmente AX (arabinoxilanos), que poseen interesantes beneficios nutricionales y tecnológicos (Arambula-Villa *et al.*, 2001; Holguin-Acuña *et al.*, 2011). Están constituidos por una cadena principal lineal de D - xilopiranosil unidas por enlaces glicosídicos $\beta - (1 - 4)$, a la cual se unen residuos de $\alpha - L -$ arabinofuranosil mediante enlaces glicosídicos $\alpha - (1 - 3)$ o $\alpha -$

(1 - 2), o ambos. Los AXF (arabinoxilanos ferulados) presentan AF (ácido ferúlico), unido en la posición O-5 de arabinosa por medio de un enlace éster (Ishii, 1997; Smith y Hartley, 1983). Respecto a las aplicaciones tecnológicas, se ha reportado que los AX estabilizan emulsiones, espumas (Carvajal-Millan *et al.*, 2007; Izydorczyk *et al.*, 1991; Yadav *et al.*, 2007) y se han utilizado para producir películas (Chanliaud, 1995). En estudios previos se habla sobre sus propiedades antioxidantes (Katapodis *et al.*, 2003) y prebióticas (Hopkins *et al.*, 2003; Vardakou *et al.*, 2008). Los AXF producen soluciones altamente viscosas que forman geles bajo la acción de agentes oxidantes (Niño-Medina *et al.*, 2010), debido a la desaparición de AF y la formación de di-FA (Ácido Diferúlico) y tri-FA (Ácido Triferúlico) durante la gelificación (Carvajal-Millan *et al.*, 2005a; Fausch *et al.*, 1963; Izydorczyk *et al.*, 1991). Estudios previos demuestran que los geles de AX podrían ser empleados como vehículos de liberación controlada de proteínas (Berlanga-Reyes *et al.*, 2009; Carvajal-Millan *et al.*, 2006, 2005b). Por otro lado, la industria de la confitería busca satisfacer al mercado actual con productos funcionales y con valor nutricional, productos reducidos en azúcar; sabores, colores, texturas y formas novedosas (Alimentaria-México, 2014). En este estudio, se caracterizó una MBG (goma de pericarpio de maíz), se obtuvieron geles inducidos por lacasa y se caracterizaron para determinar su posible implementación como texturizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se extrajo MBG a partir de pericarpio utilizando la metodología reportadas por Carvajal-Millán *et al.* (2005) y Carvajal-Millan *et al.* (2007). El pericarpio de maíz fue proporcionado por una empresa localizada en Navolato, Sinaloa. El contenido de proteína se determinó mediante el método de Bradford (Bradford, 1976), la determinación de pentosas mediante el método de Dubois (Dubois *et al.*, 1956) y el contenido de humedad y cenizas mediante las técnicas de la AOAC (1990). El espectro de IRTF fue obtenido como se reporta por Urias-Orona *et al.* (2010). Posteriormente, Se utilizó la metodología reportada por Carvajal-Millan *et al.* (2007), para preparar geles de MBG con soluciones al 4 % (p/v). Para la determinación de la cinética de gelificación y el espectro mecánico se utilizó la metodología reportada por Carvajal-Millan *et al.* (2005c); Vansteenkiste *et al.* (2004). Se realizó la micrografía de los geles de AX utilizando un microscopio electrónico de barrido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de la Goma de Pericarpio de Maíz (MBG)

La composición de la MBG fue la siguiente: pentosas (72.95 ± 0.006), cenizas (2.12 ± 0.0320) y proteína (1.975 ± 0.049) g/100 g de materia seca. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Carvajal-Millan *et al.* (2007); 74 g/100 g base seca (bs) de pentosas (34.00 ± 0.90 de Arabinosa y 40.00 ± 1.60 de Xilosa), 4.10 ± 0.11 g/100 g bs de cenizas y 2.50 ± 0.10 g/100 g bs de Proteína; en AXF de extraídos de pericarpio de maíz.

Espectro IRTF de MBG

El espectro IRTF obtenido se presenta en la Figura 1. La banda principal centrada en 1,045.24 se relaciona con la flexión C-OH. Los hombros en 1,079.90 y 896.75 están relacionados con el estiramiento antisimétrico C-O-C del enlace glucosídico y los enlaces β (1-4) (Barron y Rouau,

2008). La región de 3,500-1,800 es la región de huellas dactilares de los polisacáridos relacionados con AX, con dos bandas, 3,403.79 cm^{-1} correspondientes a la tensión de los grupos OH y 2,937.10 correspondiente a los grupos (Urias-Orona *et al.*, 2010). Se observó una banda de absorbancia a 1,662.36 cm^{-1} lo que implica un bajo grado de esterificación con ésteres aromáticos tales como ácidos ferúlico (Séné *et al.*, 1994).

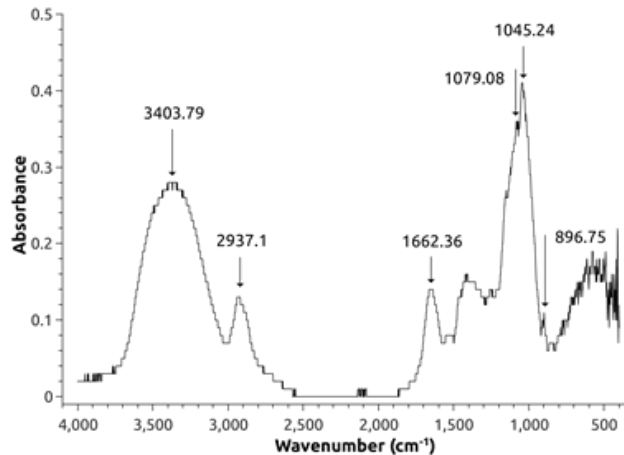


Figura 1: Espectro IRTF de grupos funcionales relacionados con AXF presentes en MBG.

Gelificación oxidativa de AXF de MBG

El proceso de entrecruzamiento de los AXF presentes en la MBG se monitoreó reológicamente mediante sizallamiento oscilatorio de pequeña amplitud. La Figura 2 muestra el desarrollo de los módulos G' y G'' de una solución de MBG al 4 % (p/v) en función del tiempo, sometida a oxidación por acción de lacasa. Módulo de almacenamiento (G') y pérdida (G'') aumentan hasta llegar a una región de pseudo meseta. Al final de la gelificación (4 Horas) G' y G'' obtuvieron valores de 24.53 y 0.78 Pa, respectivamente para geles de MBG. El tiempo de gelificación (T_g), fue calculado a partir del cruzamiento de las curvas G' y G'' ($G' > G''$) que sucedió a los 40 minutos. El valor de T_g indica el punto de transición sol/gel, en este punto $G' = G''$ ó $\text{Tan } \delta = G''/G' = 1$ (Doublier y Cuvelier, 2006). El espectro mecánico de geles de MBAX obtenido después de 4 horas de gelificación se presenta en la Figura 3. Los resultados muestran un comportamiento típico de materiales sólidos con un G' lineal independiente de la frecuencia y un G'' menor que G' y dependiente de la frecuencia (Doublier y Cuvelier, 2006; Niño-Medina *et al.*, 2010; Rao, 2014).

Micrografía de geles de MBG

Los resultados de la micrografía a diferentes magnificaciones se presentan en la Figura 4, se observa una estructura porosa, ideal para encapsular biomoléculas. Se ha reportado que estos geles son neutros e inodoros, y poco afectados por cambios de temperatura, de fuerza iónica o de pH, debido a la presencia de los entrecruzamientos (Izydorczyk y Biliaderis, 1995). Por su capacidad para formar geles, se podría utilizar la MBG y para obtener un producto de confitería de alta humedad adicionado con un colorante y un saborizante, que posea propiedades prebióticas. En investigaciones futuras se podría determinar su perfil de textura y comparar con el perfil de textura de dulces similares.

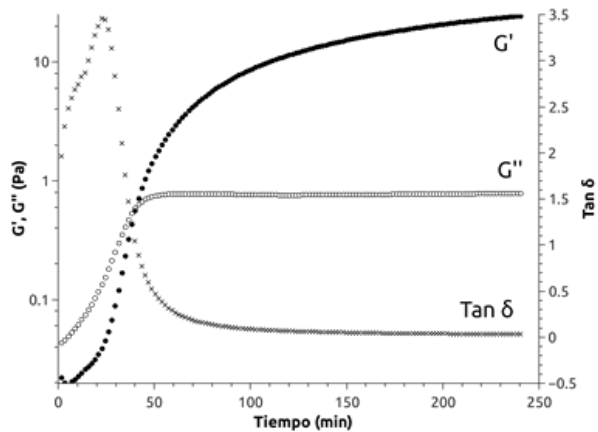


Figura 2: Monitoreo de los módulos de almacenamiento (G') y de pérdida (G'') en una solución de AXF de pericarpio de maíz al 4 % (p/v) durante su gelificación con lacasa a 25 °C, 0.25 Hz y 5 % de deformación.

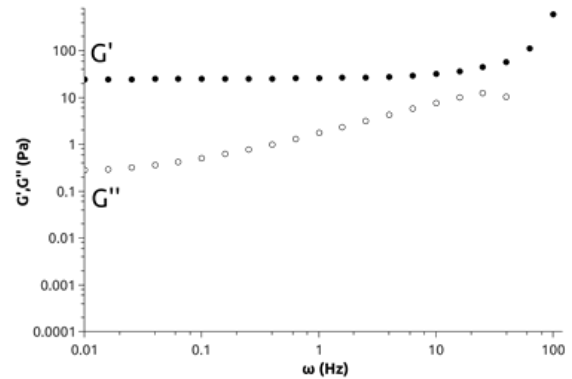
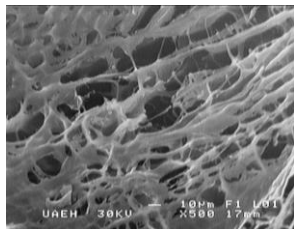
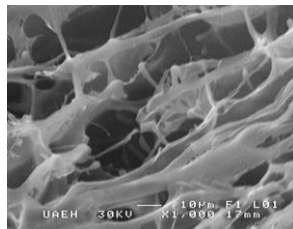


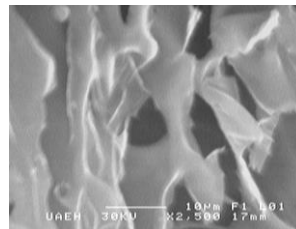
Figura 3: Espectro mecánico de geles de AXF de pericarpio de maíz al 4 % (w/v). Datos obtenidos a 0.25 Hz, 25 °C y 5 % de deformación.



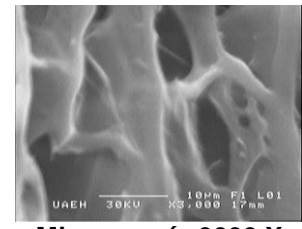
Microscopía 500 X



Microscopía 1000 X



Microscopía 2500 X



Microscopía 3000 X

Figura 4: Resultados de microscopía de geles de AXF obtenidos de pericarpio de maíz.

CONCLUSIONES

La MBG con alto contenido de AXF puede ser recuperada a partir de pericarpio y puede representar una ventaja comercial para otras gomas usados comúnmente en la industria alimentaria. Bajo las condiciones de extracción utilizados en este estudio, la MBG recuperada presentó un contenido de AF suficiente para permitir la formación de geles covalentes inducidos por lacasa. La MBG estudiada representa un candidato potencial como agente texturizante para su implementación en la industria de la confitería dadas sus propiedades estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

Alimentaria-México. 2014. Productos de confitería (online). Disponible en: <http://www.alimentaria-mexico.com/productos-de-confiteria>.

- Arambula-Villa, G., Gonzalez-Hernandez, J., y Ordorica-Falomir, C. 2001. Physicochemical, structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *Journal of cereal science*, 33(3):245–252.
- Barron, C. y Rouau, X. 2008. Ftir and raman signatures of wheat grain peripheral tissues. *Cereal chemistry*, 85(5):619–625.
- Berlanga-Reyes, C. M., Carvajal-Millán, E., Lizardi-Mendoza, J., Rascón-Chu, A., Marquez-Escalante, J. A., y Martínez-López, A. L. 2009. Maize arabinoxylan gels as protein delivery matrices. *Molecules*, 14(4):1475–1482.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1):248–254.
- Carvajal-Millan, E., Guigliarelli, B., Belle, V., Rouau, X., y Micard, V. 2005a. Storage stability of laccase induced arabinoxylan gels. *Carbohydrate polymers*, 59(2):181–188.
- Carvajal-Millan, E., Guilbert, S., Doublier, J.-L., y Micard, V. 2006. Arabinoxylan/protein gels: Structural, rheological and controlled release properties. *Food hydrocolloids*, 20(1):53–61.
- Carvajal-Millan, E., Guilbert, S., Morel, M.-H., y Micard, V. 2005b. Impact of the structure of arabinoxylan gels on their rheological and protein transport properties. *Carbohydrate polymers*, 60(4):431–438.
- Carvajal-Millan, E., Landillon, V., Morel, M.-H., Rouau, X., Doublier, J.-L., y Micard, V. 2005c. Arabinoxylan gels: Impact of the feruloylation degree on their structure and properties. *Biomacromolecules*, 6(1):309–317.
- Carvajal-Millán, E., Rascón-Chu, A., y Márquez-Escalante, J. 2005. Mexican patent pa/a/2005/008124. Método para la obtención de goma de maíz a partir del líquido residual de la nixtamalización del grano de maíz.
- Carvajal-Millan, E., Rascón-Chu, A., Márquez-Escalante, J. A., Micard, V., León, N. P. d., y Gardea, A. 2007. Maize bran gum: Extraction, characterization and functional properties. *Carbohydrate polymers*, 69(2):280–285.
- Chanliaud, E. 1995. *Extraction, caractérisation et propriétés fonctionnelles des hétéroxylanes de son de maïs*. Tesis doctoral, Université de soutenance.
- Dervilly-Pinel, G., Rimsten, L., Saulnier, L., Andersson, R., y Åman, P. 2001. Water-extractable arabinoxylan from pearled flours of wheat, barley, rye and triticale. evidence for the presence of ferulic acid dimers and their involvement in gel formation. *Journal of Cereal Science*, 34(2):207–214.
- Doublier, J.-L. y Cuvelier, G. 2006. Gums and hydrocolloids: functional aspects. *Carbohydrates in food*, pp. 233–272.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P., y Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3):350–356.
- Fausch, H., Kündig, W., y Neukom, H. 1963. Ferulic acid as a component of a glycoprotein from wheat flour.
- Holguin-Acuña, AL and Ramos-Chavira, N and Carvajal-Millan, E and Santana-Rodriguez, V and Rascón-Chu, A and Niño-Medina, G and Preedy, VR and Watson, RR and Patel, VB. 2011. Non-starch polysaccharides in maize and oat: ferulated arabinoxylans and β -glucans. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*, pp. 153–159.
- Izydorczyk, M., Biliaderis, C., y Bushuk, W. 1990. Oxidative gelation studies of water-soluble pentosans from wheat. *Journal of Cereal Science*, 11(2):153–169.

- Izydorczyk, M., Biliaderis, C., y Bushuk, W. 1991. Comparison of the structure and composition of water-soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chem*, 68(2):139–144.
- Izydorczyk, M. S. y Biliaderis, C. G. (1995). Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 28(1):33–48.
- Katapodis, P., Vardakou, M., Kalogeris, E., Kekos, D., Macris, B. J., y Christakopoulos, P. 2003. Enzymic production of a feruloylated oligosaccharide with antioxidant activity from wheat flour arabinoxylan. *European Journal of Nutrition*, 42(1):55–60.
- Martínez-López, A. L., Carvajal-Millan, E., López-Franco, Y. L., Lizardi-Mendoza, J., y Rascón-Chu, A. 2014. Antioxidant activity of maize bran arabinoxylan microspheres. *Food Composition and Analysis: Methods and Strategies*, p. 19.
- Morales-Ortega, A., Carvajal-Millan, E., Brown-Bojorquez, F., Rascón-Chu, A., Torres-Chavez, P., López-Franco, Y. L., Lizardi-Mendoza, J., Martínez-López, A. L., y Campa-Mada, A. C. 2014a. Entrapment of probiotics in water extractable arabinoxylan gels: Rheological and microstructural characterization. *Molecules*, 19(3):3628–3637.
- Niño-Medina, G., Carvajal-Millán, E., Rascon-Chu, A., Marquez-Escalante, J. A., Guerrero, V., y Salas-Muñoz, E. 2010. Feruloylated arabinoxylans and arabinoxylan gels: structure, sources and applications. *Phytochemistry Reviews*, 9(1):111–120.
- Rao, M. A. 2014. Rheological behavior of food gels. En *Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods*, pp. 331–390. Springer.
- Séné, C. F., McCann, M. C., Wilson, R. H., y Grinter, R. 1994. Fourier-transform raman and fourier-transform infrared spectroscopy (an investigation of five higher plant cell walls and their components). *Plant Physiology*, 106(4):1623–1631.
- Smith, M. M. y Hartley, R. D. 1983. Occurrence and nature of ferulic acid substitution of cell-wall polysaccharides in graminaceous plants. *Carbohydrate Research*, 118:65–80.
- Urias-Orona, V., Huerta-Oros, J., Carvajal-Millán, E., Lizardi-Mendoza, J., Rascón-Chu, A., y Gardea, A. A. 2010. Component analysis and free radicals scavenging activity of cicer arietinum l. husk pectin. *Molecules*, 15(10):6948–6955.
- Van Laere, K. M., Hartemink, R., Bosveld, M., Schols, H. A., y Voragen, A. G. 2000. Fermentation of plant cell wall derived polysaccharides and their corresponding oligosaccharides by intestinal bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5):1644–1652.
- Vansteenkiste, E., Babot, C., Rouau, X., y Micard, V. 2004. Oxidative gelation of feruloylated arabinoxylan as affected by protein. influence on protein enzymatic hydrolysis. *Food Hydrocolloids*, 18(4):557–564.
- Vardakou, M., Palop, C. N., Christakopoulos, P., Faulds, C. B., Gasson, M. A., y Narbad, A. 2008. Evaluation of the prebiotic properties of wheat arabinoxylan fractions and induction of hydrolase activity in gut microflora. *International journal of food microbiology*, 123(1):166–170.
- Yadav, M. P., Johnston, D. B., Hotchkiss Jr, A. T., y Hicks, K. B. 2007. Corn fiber gum: a potential gum arabic replacer for beverage flavor emulsification. *Food Hydrocolloids*, 21(7):1022–1030.