

Obtención del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a partir de un método tradicional

Miguel Ángel López-Ramírez^{1*}, Mario Rafael Aguilar-Rodríguez¹, Rafael Pérez-Cortés¹, María del Refugio Castañeda-Chávez², Fabiola Lango-Reynoso², Humberto Mata-Alejandro², Guadalupe Rodríguez-Martínez³, Olaya Pirene Castellanos-Onorio⁴

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre; Ingeniería Ambiental.

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río; Posgrado e Investigación.

³Instituto GNÓSTICO de México; Ingeniería Industrial.

⁴Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz; Posgrado e Investigación.

*<https://orcid.org/0000-0001-5841-0668>.

Resumen

El interés por los biopolímeros nace principalmente de la necesidad de realizar un cambio en la calidad de vida de hoy en día ya que actualmente el consumo de polímeros sintéticos se da de manera exponencial. Sin embargo, los biopolímeros están llamando la atención de manera significativa en numerosas investigaciones como principales sustituyentes a los polímeros sintéticos.

El presente trabajo tiene como objetivo adaptar una técnica de laboratorio especializada utilizando equipos de típicos para la obtención de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-Indica*) debido a que sus propiedades contribuyen de manera excelente en conjunto con otros aditivos para la obtención de bioplásticos, películas y recubrimientos comestibles, siendo esto de suma importancia en el giro industrial.

Abstract

The interest in biopolymers arises mainly from the need to make a change in the quality of life today since currently the consumption of synthetic polymers occurs exponentially. However, biopolymers are attracting significant attention in numerous investigations as major substituents for synthetic polymers.

The present work aims to adapt a specialized laboratory technique using typical laboratory equipment to obtain nopal mucilage (*Opuntia ficus-Indica*) because its properties contribute excellently in conjunction with other additives to obtain bioplastics, edible films and coatings, this being of extreme importance.

Palabras clave: Biopolímeros; *Opuntia ficus-Indica*; polímeros sintéticos.

Keywords: Biopolymers; *Opuntia ficus-Indica*; synthetic polymers

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevos compuestos orgánicos que sustituyan sustancias químicas en distintos procesos, ha contribuido al aprovechamiento de lo que en algún tiempo fue considerado residuo, para pasar a formar parte de los ingredientes de distintos alimentos, bebidas e incluso en medicamentos, como por ejemplo los antioxidantes, colorantes, compuestos fenólicos y enzimas por mencionar algunos (Sears-Morales et al., 2013). Sin embargo, existen aún un gran número de residuos que no se aprovechan debido a la falta de técnicas para extraer los compuestos presentes. Uno de estos compuestos son los hidrocoloides o mucílagos. Los mucílagos son análogos por su composición y propiedades a las gomas, dando con el agua disoluciones viscosas o se hinchan en ellas para formar una pseudodisolución gelatinosa (Miranda, et al., 2011). Dichos componentes han sido estudiados para la preservación de alimentos (Aquino, et al., 2009, Del-Valle, et al., 2005), así como en la remoción de arsénico en aguas contaminadas (Fox, 2011).

En México, de acuerdo con lo reportado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el año 2009 la tuna ocupó el 3.8% de la superficie sembrada de frutas a nivel nacional. Entre este grupo de 64 cultivos, obtuvo el doceavo lugar en importancia respecto al volumen, ya que representó el 2.0% del total. Para el cultivo de tunas, se cubrió en el mismo año, una superficie sembrada de 53,304 hectáreas y una cosechada de 46,344 hectáreas (Financiera Rural, 2011).

Derivado de esto y de que el nopal al ser una verdura tradicional y de alto consumo por el pueblo mexicano que por su abundancia en mucílago se origina una razón suficiente para buscar alternativas y así explotar los residuos generados de las podas de cultivos de nopal ya que actualmente se desechan cantidades importantes por la presencia de plagas, desaprovechando la oportunidad de extraer el mucílago para futuras investigaciones y aplicaciones.

2. GENERALIDADES

El nopal es una fuente interesante de compuestos funcionales, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílago), los pigmentos (betalaínas, carotenoides), los minerales (calcio, potasio) y algunas vitaminas como la C.

Otro componente al que se ya se ha hecho mención por su importancia fisiológica es el mucílago. Este compuesto se presenta tanto en los cladodios como en la piel y pulpa de la fruta, aunque en muy diversas proporciones. Estudios efectuados por Sáenz y Sepúlveda (1993) indican que el rendimiento en todos los casos es bajo: 0,5 por ciento en la cáscara y 1,2 por ciento en los cladodios.

El mucílago es un carbohidrato complejo. Entre los monómeros contenidos en la cadena se encuentran: Larabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-Xilosa y ácido galacturónico. La proporción de estos monómeros en la molécula varía de acuerdo a diversos factores como: variedad, edad, condiciones ambientales y estructura empleada para la extracción (fruto, cáscara, cladodio), entre otros factores. El mucílago está presente como su sal de calcio en las células de mucílago del parénquima de la penca (Trachtenberg y Mayer, 1982).

Este mucílago constituye un hidrocoloide que podría integrar la oferta de una gran gama de agentes espesantes de amplio uso en la industria de alimentos y farmacéutica, además de que tiene una gran capacidad de absorción de agua. Su poder espesante está siendo actualmente estudiado (Cárdenas et al., 1997; Medina-Torres et al., 2000; Medina-Torres et al., 2003; Sepúlveda et al., 2003b; Cárdenas et al., 2008), con resultados interesantes, por lo que si se mejoran los rendimientos de extracción podría competir con gomas de gran uso como la goma garrofín, la goma guar u otros agentes espesantes. Una amplia revisión acerca de estos compuestos fue publicada recientemente por Sáenz et al. (2004).

También se atribuyen a los mucílagos propiedades como reemplazantes de grasas en diversos alimentos y también como un ligante del sabor (Cárdenas et al., 1997).

Por su parte, Garti (1999) ha estudiado la capacidad como agente emulsionante de la goma o mucílago de *Opuntia ficusindica*. El autor encontró que esta goma: (1) reduce la tensión superficial e interfacial; (2) estabiliza emulsiones del tipo aceite-agua; (3) forma gotas pequeñas de aceite; (4) los sistemas a los que se agrega no floculan. Espinosa (2002) estudió la adición de dispersiones de mucílago de nopal en distintas concentraciones (0,5 y 0,8 por ciento) a espumas elaboradas con clara de huevo, demostrando

que la adición de mucílago de nopal se manifestaba en una menor sinéresis y un mayor volumen después de 48 h.

Esta clase de ingredientes utilizados con frecuencia por su capacidad para mejorar la textura, también se emplean para estabilizar emulsiones, para controlar la cristalización, como estabilizadores de suspensiones, para inhibir la sinéresis y para crear películas comestibles. Algunos de ellos tienen la capacidad de formar geles.

Las metodologías de extracción del mucílago señaladas en los diferentes estudios realizados son muy variadas, desde metodologías muy simples como las señaladas por Vargas-Rodríguez y Ramos-Ramírez (2003) hasta otras más complicadas como la utilizada por Habibi et al. (2005). El método cambia según la fuente de mucílago (cladodio o fruto) y la parte concreta de la que se extraerá el hidrocoloide (piel, pulpa o semillas). En función de lo anterior y el grado de pureza que se desea obtener serán las modificaciones al método simple que se deban hacer.

Fuera del campo de la alimentación, hay otros usos específicos del mucílago de nopal. En un estudio en Cuba, López (2000) comparó la capacidad clarificante del mucílago, con otros agentes tradicionales como el sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3]$. El autor informó de que el mucílago de *Opuntia ficusindica* y de *O. stricta var. dillenii* tiene una conducta similar al sulfato de aluminio para clarificar agua. Las dosis mejores eran cerca de 0.8 mL L^{-1} en agua con turbidez media y alta. Algunos de los parámetros utilizados en la comparación para determinar el poder clarificante fueron: turbidez y el índice de Willcombs que refleja la calidad del proceso de coagulación-floculación. El mucílago también redujo la demanda química de oxígeno (DQO) y removió metales pesados (Fe, Al, Mn) y coliformes fecales. Después del tratamiento el agua no presentó ningún olor desagradable.

Por su parte, Hernández y Serrano (2003), en un estudio sobre adición de mucílago de nopal liofilizado a morteros ampliamente usados en la construcción, observaron que la adición de 0.5 g de mucílago liofilizado mejoraba las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la comprensión que los controles sin mucílago de nopal. La mezcla de yeso + arena sílice + mucílago de nopal liofilizado mostró un esfuerzo a la comprensión de $151,8 \text{ kg cm}^{-1}$ a los 28 días, en comparación con el control que fue de $125,6 \text{ kg cm}^{-1}$.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la extracción de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) Domínguez-Canales et al. (2011) con modificaciones. La investigación experimental se desarrollará en los laboratorios del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, ubicado en el municipio de Martínez de la Torre, Ver.,

4. OBTENCIÓN DEL COAGULANTE NATURAL.

Se realizó una extracción de hidrocoloides (mucilago) a partir de las pencas de nopal las cuales se lavaron con agua destilada y posterior a esto se procedió a pesar y el tejido se cortó en cubos de 1 cm, aproximadamente (ver Fig. 1).



Figura 1. Nopal en fase de trituración
Fuente: Propia

Posterior a esto se coloca a una temperatura constante a 80 °C durante un tiempo de 30 segundos como se observa en la figura 2.



Figura 2. Calentamiento del triturado de nopal
Fuente: Propia

A continuación, se realizó un macerado como se observa en la figura 3 y 4, en donde, el tejido en trozos se dejó en agua purificada [1:7; tejido: agua (P/V), respectivamente] por 24 horas a 16°C y pasa a la fase de refrigeración.



Figura 3. Producto previo a macerado
Fuente: Propia



Figura 4. Producto macerado
Fuente: Propia

Una vez terminado el proceso de macerado, se procede a una trituración fina (ver figura 5) para recuperar la mayor cantidad de mucílago en fase acuosa.



Figura 5. Trituración en fase fina
Fuente: Propia

Como paso siguiente se procede a realizar el primer filtrado (Fig. 6) en un vaso de precipitado de 1 litro, para este paso se utilizó manta cielo, ya que este tipo de tela permite el paso del agua, pero no del tejido vegetal y el resto se eliminó.



Figura 6. Filtrado manta cielo
Fuente: Propia

El sobrenadante se enfrió a temperatura ambiente y la precipitación del mucílago de la fase acuosa se llevó a cabo agregando alcohol en una relación 1:2 (solución acuosa: alcohol etílico de 75°).



Figura 7. Adición del alcohol etílico.
Fuente: Propia

El precipitado del mucílago (ver figura 8) se separó mediante una segunda filtración y el producto obtenido (figura 9) se deshidratado en una desecadora marca OVEN a 65°C, durante 24 horas, hasta que se observó libre de humedad.



Figura 8. Precipitado de mucílago
Fuente: Propia



Figura 9. Producto deshidratado
Fuente: Propia

Finalmente, los trozos de mucílago pasaron por un proceso de molienda y el mucílago seco recuperado se colocó en un mortero de porcelana y se trituro hasta obtener un polvo blanquecino relativamente fino (Fig. 10).



Figura 10. Molienda del mucílago deshidratado
Fuente: Propia

Nota: La metodología establece el deshidratado del mucílago de nopal, pero debido a la poca obtención del mismo en relación a la materia prima sometida a la extracción se optó por utilizar el mucílago en su forma semi deshidratada.

5. CONCLUSIONES

El método modificado indica que tiene resultados muy bajos en cuestión de la obtención del mucílago de nopal, sin embargo, la cantidad obtenida de mucílago es óptima para tratamientos a pequeña escala en aguas residuales.

Se puede concluir que el método a pesar de no ser el óptimo, es recomendable para aquellas instituciones que carecen de equipos de laboratorios avanzados y que requieran pequeñas cantidades.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que durante el proceso de calentamiento se encuentren 2 personas a cargo de la regulación del calor, ya que se complica al realizarlo 1 persona por la toma de datos, chequeo de termómetro y posterior regulación de calor.

REFERENCIAS

- [1] Aquino, L. V., Rodríguez, J., Méndez, L. L., y Torres, K. F. 2009. Inhibición del Oscurecimiento con Mucílago de Nopal (*Opuntia ficusindica*) en el secado de Plátano Roatán. *Información Tecnológica*, 20 (4), 15-20.

- [2] Cárdenas, A., Higuera-Ciapara, I. y Goycoolea, F. 1997. Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficusindica*) mucilage in solution. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2, 152-159.
- [3] Cardenas, A., Goycoolea, F.M. y Rinauto, M. 2008. On the gelling behaviour of nopal (*Opuntia ficus-indica*) low methoxyl pectin. *Carbohydrate Polymers*, 73, 212-222.
- [4] Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., y Galotto, M. J. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficusindica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91 (4), 751-756.
- [5] Domínguez-Canales, V.S.I., Zegbe-Domínguez, J.A., Alvarado-Nava, M.D. y Mena- Covarrubias, J. 2011. Extracción y purificación de mucílago de NOPAL. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte-Centro. Campo Experimental Zacatecas. Desplegable Informativa Núm. 21. Zacatecas, México
- [6] Espinosa, S. 2002. Estudios de algunas características físicas de hidrocoloides provenientes de semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de cladodios de nopal (*Opuntia Picus-indica* (L.) Mill). Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias.
- [7] Financiera Rural. 2011. Monografía del Nopal y la Tuna. México. Obtenido de: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaNopal-Tuna\(jul11\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaNopal-Tuna(jul11).pdf)
- [8] Garti, N. 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 20: 327-355.
- [9] Habibi, Y., Heyraud, A., Mahrouz, M. y Vignon, M.R. 2004. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research*, 339: 1119-1127.
- [10] Hernández, J. B. y Serrano, G. R. 2003. Uso del nopal en la industria de la construcción. p.p. 286-289. In: *Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*, Zacatecas. México.
- [11] Fox, D. I. 2011. *Cactus Mucilage-Assisted Heavy Metal Separation: Design and Implementation*. Graduate School Theses and Dissertations. Florida, Estados Unidos de América.
- [12] López, E. 2000. Utilización de productos naturales en la clarificación de aguas para consumo humano. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. Universidad de la Habana. Cuba.
- [13] Medina-Torres, L. Brito-de la Fuente, E., TorrestianaSanchez, B. y Katthain, R. 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia Picus-indica*). *Food Hydrocolloids*, 14, 417-424.
- [14] Medina-Torres, L. Brito-de la Fuente, E., TorrestianaSanchez, B. y Alonso, S. 2003. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficusindica*) and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 52, 143-150.
- [15] Miranda, M., Andrade, A. S. y Rivadeneira, J. L. 2011. Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de vino de miel de abeja, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, mucílago de cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), como clarificante. Tesis de licenciatura. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- [16] Sáenz, C. y Sepúlveda, E. 1993. Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Alimentos*, 18, 29-32.
- [17] Sáenz, C., Sepúlveda, E. y Matsuhira, B. 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*, 57, 275-290.
- [18] Sears-Morales, D. J., Lazcano-Herrero, M. E., Ramírez-López, C. y Machorro-Sánchez, V. 2013. Aprovechamiento de los residuos de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller) para la obtención de mucílago y su aplicación como floculante. *Congreso Internacional de Investigación*, 5 (3), 1497-1500.
- [19] Sepúlveda, E., Sáenz, C., y Gómez, C. 2003b. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. pp. 269-272. In: *Memorias IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Zacatecas, México.
- [20] Trachtenberg, S. y Mayer, A.M. 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Phytochemistry*, 20, 2665-2668.
- [21] Vargas-Rodríguez, L. y Ramos-Ramírez, E. 2003. Un método simple de extracción de mucílago en nopal verdura. I Congreso de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Chapingo, México.

Correo de Autor: malopez@tecmartinez.edu.mx