

Caracterización de almidón obtenido de mesocarpio y cotiledón de mango (*Mangifera indica* L.)

M.A. Lorenzo-Santiago¹, J.R. Rendón-Villalobos^{*2}, E. García-Hernández³, A.L. Juárez López¹ y J.L. Rosas Acevedo¹

¹Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Calle Pino s/n, Col. El Roble, C.P. 39640, Acapulco, Guerrero, México

²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Calle Ceprobi número 8, Col. San Isidro. C.P. 62731, Yautepec, Morelos, México

³Instituto Tecnológico de Zacatepec, División de Estudios de Postgrado e investigación y Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico número 27. C.P. 62780, Zacatepec, Morelos, México

*rendon@ipn.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se obtuvieron almidones utilizando mesocarpio y cotiledón de mango (*Mangifera indica* L.), la caracterización se realizó utilizando microscopio electrónico de barrido (SEM), análisis infrarrojo por la transformada de Fourier (FTIR) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). Los resultados de SEM en almidón de mesocarpio presentan gránulos ovales con tamaños que oscilan entre 2 y 12 μm y las micrografías del almidón de cotiledón muestran gránulos alargados con tamaños que van de 4 a 12 μm ; ambos muestran gránulos lisos, sin fisuras y sin poros. Los espectros de FTIR de los dos almidones indican bandas en 1000 cm^{-1} , 862 cm^{-1} , 763 cm^{-1} y 714 cm^{-1} . Estas señales son intensas y son correspondientes al estrechamiento de los grupos CH_2 y CH . El almidón de mesocarpio presentó una temperatura de fusión de 74.8 $^{\circ}\text{C}$ y el de cotiledón muestra una temperatura de 76.92 $^{\circ}\text{C}$, con una entalpia de 4.81 J/g y 4.61 J/g, respectivamente.

Palabras clave: Biopolímeros, almidón, cotiledón, mesocarpio

Abstract

Starches were obtained using mesocarp and mango cotyledon (*Mangifera indica* L.). The characterization was performed using scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared (FTIR) and differential scanning calorimetry (DSC). The SEM results in mesocarp starch present oval granules ranging in size from 2 to 12 μm and the micrographs of cotyledon starch show elongated starches with sizes ranging from 4 to 12 μm and both show smooth, seamless and pore-free granules. The FTIR spectra of both starches indicate bands at 1000 cm^{-1} , 862 cm^{-1} , 763 cm^{-1} and 714 cm^{-1} . These signals are intense and correspond to the narrowing of the CH_2 and CH groups. The mesocarp starch had a melting temperature of 74.8 $^{\circ}\text{C}$ and the cotyledon showed a temperature of 76.92 $^{\circ}\text{C}$, with an enthalpy of 4.81 J/g and 4.61 J/g respectively.

Key words: Biopolymers, starch, cotyledon, mesocarp

Introducción

La contaminación en el mundo principalmente es ocasionada por las actividades antropogénicas, éstas afectan directa o indirectamente a las matrices ambientales. Dentro de las matrices ambientales existen ecosistemas que, al ser impactados por la contaminación de residuos plásticos, generan el desequilibrio de las cadenas tróficas, provocando entre otras cosas ausencia de alimento, enfermedades, muertes y, en algunos casos la extinción de especies. Una de las alternativas ha sido obtener plásticos "oxo-degradables", estos productos se ofertan principalmente en tiendas comerciales en forma de bolsas, embalaje y recubrimientos.

Este tipo de plástico está compuesto por poliolefinas que en presencia de oxígeno tienden a degradarse; sin embargo, los residuos que se generan después de la degradación están compuestos por metales pesados y

derivados de petróleo. Por tal motivo se buscan materiales que posean una matriz polimérica obtenida principalmente por residuos orgánicos, por lo general fibras celulósicas y almidones. Dado que la matriz polimérica es biodegradable, el material compuesto como parte integral también se espera que sea biodegradable y amigable con el medio ambiente. A diferencia de otras materias primas, el mango (*Mangifera indica* L.) dentro de su composición tiene más de un biopolímero útil para modificar. El almidón, la celulosa y la pectina son los que están disponibles en mayor proporción.

México se encuentra dentro de los principales países productores de mango (*Mangifera indica* L.), en el año 2015 generó cerca de 2 millones de toneladas, de las cuales el estado de Guerrero aportó el 20% del fruto [SAGARPA-SIAP, 2015]. Sin embargo, la producción que se genera en el estado, no es equivalente a la apertura de mercado nacional e internacional, dejando sin comercializar cerca de 15 mil toneladas. La disposición final de los residuos de mango se da en tiraderos a cielo abierto, esta actividad genera la propagación de plagas, siendo la mosca de la fruta la más común.

Por esa razón, se busca aprovechar los subproductos del mango y obtener polímeros biodegradables que ayuden a mitigar el uso excesivo de derivados del petróleo. A diferencia de otras materias primas, el mango posee más de un biopolímero útil para modificar.

El almidón, la celulosa y la pectina son los que están disponibles en mayor proporción. Dado que la matriz polimérica es biodegradable, el material compuesto como parte integral también se espera que sea biodegradable y amigable con el medio ambiente [Mohanty y col., 2000].

Metodología

Materiales

La materia prima que se utilizó para el desarrollo del trabajo fue mango ataulfo, del cual se utilizó el mesocarpio y el cotiledón para la extracción del almidón.

Extracción de almidón de mesocarpio

Para la extracción de almidón se eliminó la cáscara cuidadosamente, se pesaron 400 g de mesocarpio y se colocó en una solución de ácido cítrico al 3% (p/v). Se licuó a máxima velocidad por 2 min en una licuadora casera y fue tamizado con malla número 60, 80 y 100 (US); la suspensión obtenida se centrifugó por 5 min a 7000 g y el sobrenadante fue eliminado por decantación. El precipitado se colocó en cajas Petri y se secó a 40 °C durante 24 h en una estufa con flujo de aire continuo, posteriormente se trituró con un mortero y se tamizó en malla 100 (US) para su posterior análisis [Novelo y Betancur, 2005].

Extracción de almidón de cotiledón

El almidón se aisló de los cotiledones de la semilla de mango siguiendo el procedimiento descrito por Sandhu y col., [2004] y Cordeiro y col., [2014]. Los cotiledones son retirados de las semillas, cortados en tamaños de 2 - 5 cm y colocados en charolas de plástico para ser secados a 40 °C durante 24 h en una estufa con flujo de aire continuo. Posteriormente fueron hidratados con agua destilada durante dos horas, realizando cambio de agua cada 30 min; la solución fue drenada y los cotiledones se molieron con agua destilada durante 5 min en una licuadora semi-industrial. El material que se obtuvo fue tamizado en malla 60, 80 y 100 (US), para separar el material soluble del bagazo; la suspensión obtenida se centrifugó por 5 min a 7000 g y el sobrenadante fue eliminado por decantación. El precipitado se colocó en cajas Petri y se secó en una estufa a 40 °C durante 24 h con flujo de aire continuo; el material seco fue tamizado en malla 100 (US) y almacenado para su posterior análisis.

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

La muestra de almidón se colocó sobre una cinta conductora de carbono de doble adhesión, la cual se fijó al soporte de aluminio del microscopio electrónico de barrido Phillips XL30. El microscopio se trabajó a temperatura ambiente con un voltaje de 2.5 kV, resolución de 3-10 nm y se tomaron micrografías a 100, 200 y 300 aumentos [Rendón-Villalobos y col., 2010].

Espectroscopia de infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR).

Los estudios de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier, se llevaron a cabo utilizando un espectrómetro de infrarrojo Perkin-Elmer (Spectrum 100/100 N FT-IR), siguiendo la metodología de Xu y col., [2004], a la cual se le hicieron algunas modificaciones, específicamente en lo que respecta a la resolución y número de barridos. La región de infrarrojo estuvo en un intervalo de 4000- 650 cm^{-1} en el modo de transmitancia, con una resolución de 16 cm^{-1} y 8 barridos

Caracterización térmica del biopolímero

Se realizó un análisis térmico a los almidones utilizando un calorímetro diferencial de barrido marca TA modelo 2010 (TA instruments, New Castle), que se encuentra conectado a una computadora para el control y análisis de datos. El equipo fue calibrado con indio. Se utilizó una velocidad de calentamiento 10 $^{\circ}$ /min de 25 a 100 $^{\circ}$ C en una atmósfera de nitrógeno.

Resultados y discusión

Microscopía electrónica de barrido.

El almidón de mesocarpio presenta gránulos con estructuras ovoideas (Figura 1), el tamaño de los gránulos varía de 2 a 12 μm y no se observan fisuras o poros en la superficie (Figura 1b). El diámetro y estructura de los gránulos es similar a los reportados por Kaur y col., [2004], de 8.7 μm de diámetro para muestras de almidón de mesocarpio de mango de la India.

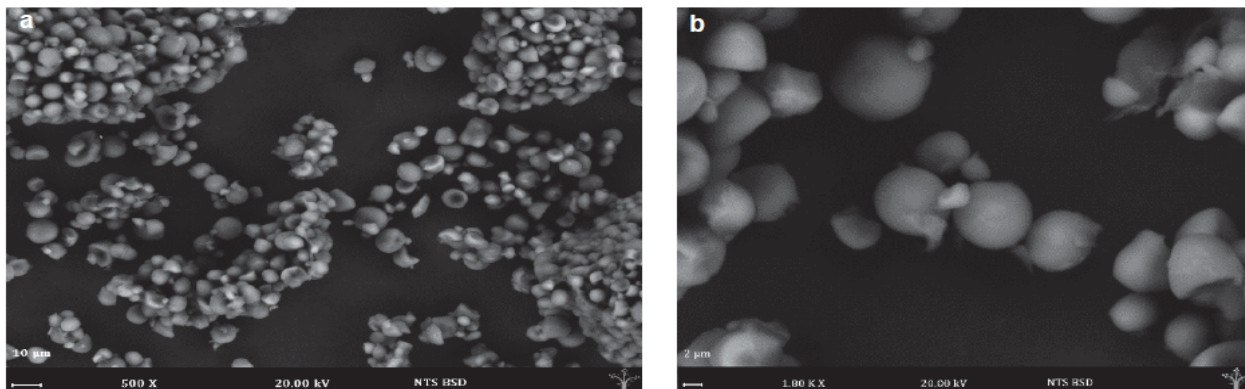


Figura 1. Micrografías de almidón de mesocarpio a diferentes resoluciones: a) 500X y b) 1800 X.

Por otro lado, se obtuvieron gránulos de almidón de cotiledón (Figura 2) con tamaños que variaron de 4 μm a 12 μm , con un diámetro promedio de 9.26 μm ; los valores aquí encontrados son similares a los reportados por Cordeiro y col., [2014].

Los gránulos presentan estructuras ovoideas y elipsoides (Figura 2a), así como gránulos con superficie lisa, sin fisuras y sin poros (Figura 2b). Se puede observar que los gránulos de almidón presentan impurezas en la superficie, las cuales se deben comúnmente a residuos de constituyentes como: proteínas, enzimas, aminoácidos, entre otros [Buléon y col., 1998].

En general, los tamaños de los gránulos para los dos almidones son muy pequeños ya que el diámetro medio es inferior a 10 μm , en comparación con aquellos de almidón de otras fuentes no convencionales como el camote (10-28 μm) y la yuca (10-22 μm), reportados por Hernández-Medina y col., [2008].

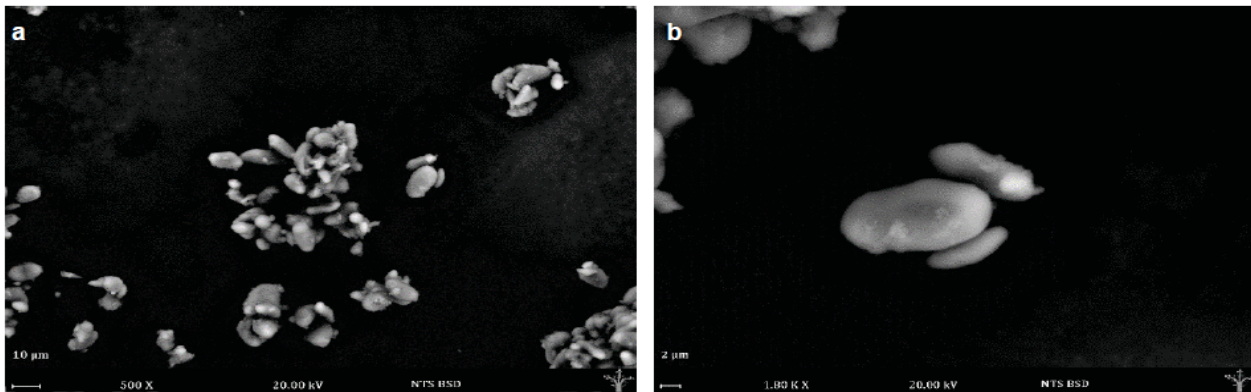


Figura 2. Micrografías de almidón de cotiledón de mango: 500 y 1800 X.

Espectroscopia de infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR).

En la Figura 3 se presentan los espectros FTIR de las muestras de almidón de mesocarpio y cotiledón. Se puede observar la presencia de señales en las bandas de 1000 cm^{-1} , 862 cm^{-1} , 763 cm^{-1} y 714 cm^{-1} . Estas señales intensas corresponden al estrechamiento de los grupos CH_2 y CH , componentes principales de los polisacáridos.

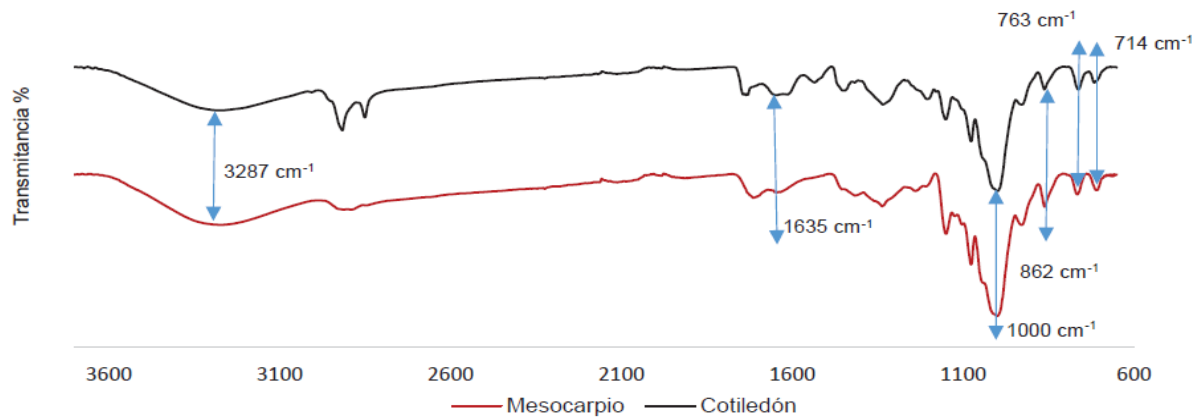


Figura 3. FTIR de muestras de almidón de mesocarpio y cotiledón de mango.

Estos espectros son similares a los reportados para almidón de maíz grado reactivo [Wurzberg, 1986] utilizado para la elaboración de biopelículas comestibles.

La banda a 1635 cm^{-1} corresponde a una vibración de flexión de H-O-H del H_2O , lo cual indicó que el polímero es higroscópico [Zhang y col., 2006]. Se observó una banda amplia de 3622 a 3000 cm^{-1} , en donde el máximo de absorción se encontró a 3287 cm^{-1} , lo cual se atribuyó a los esfuerzos de tensión vibracional asociados con los enlaces libres, intermoleculares e intramoleculares de los grupos hidroxilos del almidón [Ma y Xu, 2004].

Caracterización térmica del biopolímero

El almidón de mesocarpio presentó una temperatura de gelatinización (T_p) de $74.80\text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 4), valor muy cercano a lo reportado por Casarrubias-Castillo y col., [2012], de $77.4\text{ }^\circ\text{C}$.

Por su parte, el almidón de cotiledón presentó valores de T_p de 76.92 °C, similares a los reportados en almidón de cotiledón en variedades chausa, totapuri y kuppi de frutos de mango de la India, con valores de 73.4 °C, 76.3 °C y 78.1°C, respectivamente [Kaur y col., 2004].

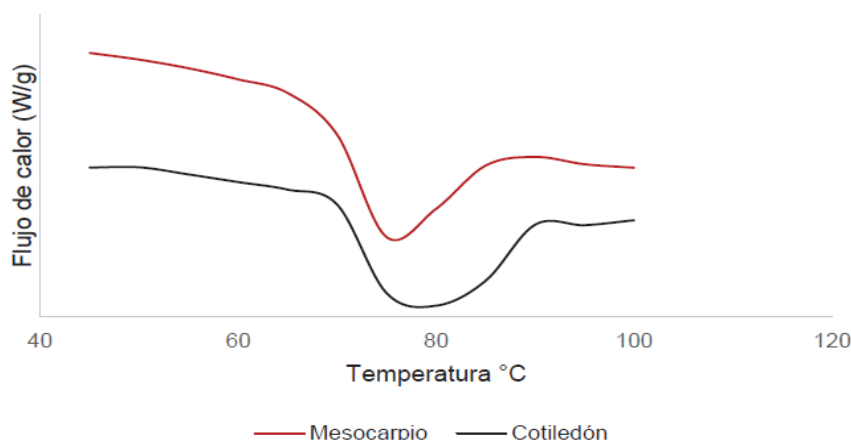


Figura 4. Termogramas de almidón de mesocarpio y cotiledón de mango.

En cuanto a los valores de entalpía (ΔH), se obtuvieron de 4.81J/g y 4.61J/g para almidón de mesocarpio y cotiledón. Estas entalpías fueron menores en comparación con las reportadas por Sandhu y col., [2004], de 8.9 a 10.9 J/g, por lo que se considera que existió una mayor humedad en la muestra aquí estudiada, provocando que los gránulos fueran más susceptibles a fundirse y, en consecuencia, presentó una entalpía menor.

Trabajo a futuro

Con la obtención de almidón a partir de residuos de mango, se obtendrán polimezclas y se elaborarán biopelículas las cuales serán analizadas morfológica y mecánicamente con vías a la obtención de materiales biodegradables que nos ayude a disminuir el uso excesivo de derivados del petróleo.

Conclusiones

La forma y tamaño del gránulo de almidón puede sentar base para la selección de este tipo de almidón para la elaboración de productos con carácter plástico y amigables con el medio ambiente. Así mismo, los resultados de DSC permitirían su uso en productos que requieran altas temperaturas, tales como los productos enlatados y alimentos para bebés, entre otros.

Agradecimientos

Deseamos agradecer el apoyo financiero de los Proyectos SIP20160968 y SIP20170809 de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN), así como el apoyo brindado por CONACyT por medio de Beca Mixta de Estancia Nacional.

Referencias

1. Buléon, A.; Colonna, P.; Planchot, V. and Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *Int. J. Biol. Macromol.* (23) 85-112.
2. Casarrubias-Castillo, M. G.; Méndez-Montealvo, G.; Rodríguez-Ambríz, S. L., and Sánchez-Rivera, M. M. (2012). Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia.* (46) 455-466.

3. Cordeiro, E.; Nunes, Y. L.; Mattos, A. L.; Rosa, M. F.; de Sá M Sousa Filho, M. and Ito, E. N. (2014). Polymer Biocomposites and Nanobiocomposites Obtained from Mango Seeds. *Macromol. Symp.* **(344)** 39-54.
4. Hernández-Medina, M.; Torruco-Uco, J. G.; Chel-Guerrero, L. and Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Sci. Tech-Brazil.* **(28)** 718-726.
5. Kaur, M.; Singh, N.; Sandhu, K. S. and Guraya, H. S. (2004). Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica* L.). *Food Chem.* **(85)** 131-140.
6. Ma, X. and Yu, J. (2004). The plasticizers containing amide groups for thermoplastic starch. *Carbohydr. Polym.* **(57)** 197-203.
7. Mohanty, A. K.; Misra, M. and Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. *Macromol. Mater. Eng.* **(276)** 1-24.
8. Novelo-Cen, L. and Betancur-Ancona, D. (2005). Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *Starch-Stärke.* **(57)** 431-441.
9. Rendón-Villalobos, R.; García-Hernández, E.; Güizado-Rodríguez, M.; Salgado-Delgado, R. y Rangel-Vázquez, N. A. (2010). Obtención y caracterización de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) acetilado a diferentes grados de sustitución. *AFINIDAD.* **(67)** 294-300.
10. SAGARPA-SIAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2015). Centro de Información Agropecuaria y Pesquera. Estadísticas de la producción agrícola en México, México. D.F.
11. Sandhu, K. S.; Singh, N. and Kaur, M. (2004). Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *J. Food Eng.* **(64)** 119-127.
12. Xu, Y. X.; Miladinov, V. and Hanna, M. A. (2004). Synthesis and characterization of starch acetates with high substitution. *Cereal Chem.* **(81)** 735-740.
13. Wurzburg, O. B. (1986). *Modified starches-properties and uses*. CRC Press Inc.
14. Zhang, J.; Wang, Q. and Wang, A. (2007). Synthesis and characterization of chitosan-g-poly (acrylic acid)/attapulgit superabsorbent composites. *Carbohydr. Polym.* **(68)** 367-374.