

Morfología y propiedades térmicas de almidones nativos de tres variedades de *Mangifera indica* L.

M.A. Morales-Ovando¹, M. Molina-Vázquez¹, C.A. Orantes-Salgado¹, J. Guzmán-Ceferino², K. Medina-Dzul³, M. Sánchez-Vázquez⁴, J.C. Bustillos-Rodríguez⁵, J.M. Tirado-Gallegos⁶

1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Sede Acapetahu. Calle central Norte entre 4ª. y 5ª Norte S/N. Acapetahu, Chiapas, México. **2** Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DMAR), Carretera Tenosique-Estapilla km. 1, Col. Solidaridad, C.P. 86901, Tenosique, Tabasco, México. **3** Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México. Avenida Tecnológico S/N, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. **4** Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Alianza Norte 202, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, C.P. 66600, Apodaca, Nuevo León, México. **5** Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial, C.P. 31570, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. **6** Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada Km. 1, C.P. 31453, Chihuahua, Chihuahua, México. Email: mario.morales@unicach.mx.

RESUMEN: El uso de nuevos almidones, es decir, almidones de fuentes no convencionales, como los aislados de raíces, tubérculos y frutas, podría proporcionar nuevas opciones para ampliar el espectro de propiedades funcionales deseadas, que son necesarias para el desarrollo de productos alimenticios de interés para la industria alimentaria. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la morfología y propiedades térmicas de almidones aislados a partir de semillas de 3 variedades diferentes de *mangifera indica* L. (Var. manila, piña y tommy) mediante el estudio de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). El análisis (MEB) en almidones de mangos evidenció la presencia de gránulos de almidón con formas esféricas y ovaladas con un tamaño promedio 18.32- 20.50 μm , el almidón de mango de la cv. tommy presentó el mayor ΔH_{gel} en comparación que las cv. manila y piña.

Palabras clave: Almidón, DSC, MEB.

ABSTRACT: The use of new starches, that is, starches from unconventional sources, such as those isolated from roots, tubers and fruits, could provide new options to expand the spectrum of desired functional properties, which are necessary for the development of food products of interest to the food industry. The objective of the present work was to characterize the morphology and thermal properties of starches isolated from seeds of 3 different varieties of *mangifera indica* L. (Var. manila, pineapple and tommy) by scanning electron microscopy (MEB), Differential Scanning Calorimetry (DSC). The analysis (MEB) in mango starches showed the presence of starch granules with spherical and oval shapes with an average size of 18.32- 20.50 μm , the mango starch of the cv. tommy showed the highest ΔH_{gel} in comparison to the manila and pineapple cv.

Keywords: Starch, DSC, SEM.

Área: Frutas y hortalizas

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los principales frutos comercializados y consumidos a nivel mundial. Normalmente, solo la pulpa de mango se utiliza como alimento, mientras que la cáscara y la semilla del mango se desechan. Estos desechos pueden alcanzar hasta una tonelada por semana de semillas de mango en plantas de procesamiento de mango. Las semillas que apenas se degradan se disponen generalmente en vertederos. Sin embargo, la semilla de mango Kernel (SM) todavía contiene muchos nutrientes y fitoquímicos, como aceite, almidón, polifenoles, fitoesteroles, antioxidantes y antimicrobianos (Soong, 2004). La cantidad de almidón en SM se estima en alrededor del 58%.

El almidón, es el segundo polisacárido más abundante, se encuentra ampliamente distribuido en las plantas donde es almacenado como reserva de energía en semillas, frutas, tubérculos, raíces y tallos. El almidón es un polímero polidisperso que se presenta como polímero lineal en el caso de la amilosa y como polímero de alta ramificación en el caso de la amilopectina. El almidón comercial se obtiene a partir de maíz, patatas blancas, trigo, arroz, cebada, mijo, mandioca, tapioca y sorgo (Seymour y Carraher, 2002).

El almidón modifica la textura de los alimentos por lo que industrialmente se usa como espesante, estabilizador coloidal y adhesivo. El uso de los almidones depende de su organización estructural más que de la fuente de la cual provienen. Las diferencias fisicoquímicas, funcionales y reológicas de los almidones de cereales y frutos se deben a sus características de tamaño, forma y arreglo cristalino de sus gránulos, por lo cual puede tener diferentes aplicaciones (Casarrubias, 2012).

Las semillas de *Mangifera indica* L. (Var. manila, piña y tommy), son considerados un desecho, y su aprovechamiento para la obtención de almidón podría ser una gran oportunidad para dar un valor agregado a la comercialización del mango. Además, las características de las propiedades morfológicas y térmicas de estos almidones no convencionales nos permitirán comparar con lo reportado en la literatura para fuentes convencionales e inferir si estas características pueden ser útiles para la industria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los mangos de las tres variedades fueron recolectados en el municipio de Villa de Acapetahua, Chiapas; México (15°16'19"N 92°41'26"W).

Aislamiento de almidón a partir de cotiledón de *Mangifera indica* L.

Los almidones se aislaron utilizando el método descrito por Kaur *et al.*, (2004) con algunas modificaciones. Los mangos se lavaron, pelaron y las semillas se separaron de la pulpa de manera manual. Las semillas se lavaron para eliminar cualquier rastro de pulpa adherida y posteriormente se extrajeron los cotiledones, los cuales se cortaron en trozos, y se molieron en una licuadora industrial. La suspensión obtenida se filtró a través de la malla estándar ASTM no. 270 (53 μ m). El material drenado se lavó con agua destilada, y la suspensión filtrada se dejó en reposo durante 12 h a 4°C, este lavándose realizó dos veces. El agua se eliminó por decantación y la capa de almidón sedimentada se resuspendió en agua destilada y se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos. La capa de fibras y otros componentes fue desechada con una espátula y el almidón se resuspendió en agua destilada para ser centrifugado nuevamente, este paso se realizó tres a cuatro veces. Finalmente, el almidón fue secado en una estufa a 50°C durante 24 horas.

Análisis químico proximal.

Se realizó el análisis químico proximal a las muestras de almidones determinando el contenido de proteínas, lípidos, humedad y cenizas utilizando los procedimientos oficiales de la AOAC (2002) (métodos 954.01, 920.39, 942.05, 934.01 respectivamente).

Microscopia electrónica de barrido

El tamaño y forma de los gránulos de los almidones aislados se analizó con un microscopio electrónico de barrido marca JEOL (modelo 6010 Plus) siguiendo la metodología descrita por Zamudio-Flores (2015).

Determinación de las propiedades térmicas

Se evaluaron las temperaturas de transición (T_i =temperatura de inicio de gelatinización, T_g =temperatura de gelatinización, T_f =temperatura final de gelatinización) y el cambio en la entalpía de gelatinización (ΔH_{gel}) por medio de un calorímetro diferencial de barrido modelo 2010 (TA Instruments, Inc. New Castle, USA).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico MINITAB versión 17, mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y cuando existieron diferencias entre las medias, estas se detectaron aplicando una prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los almidones de mango se presenta en la Tabla 1. La variedad piña y tommy presentaron la mayor cantidad de grasa con un 2.12 y 3.03% respectivamente. Estos valores fueron menores a los reportados por Marhino –Mendez *et al.*, (2012), en almidón de semilla de mango tommy (7.30%) y los reportados por Saeaurng y Kuakpetoon (2018) para almidones obtenidos a partir de semillas de mango namdokmai (5.5%), kaew (5.5%) y chokanan (5.3%). El contenido de grasa tiene implicaciones tecnológicas y nutricionales debido al complejo de amilosa-lípido formado durante el procesamiento, que puede producir almidón resistente (Asp, 1992). En lo que respecta al contenido de proteínas, los almidones de mango presentaron un menor contenido de proteínas que el almidón de maíz (4.1%), los valores más altos fueron observados en manila y tommy los cuales no presentaron diferencias significativas. Una tendencia similar se encontró para el contenido de ceniza, el cual en todos los casos fue menor al reportado en almidón de maíz (1.8%) (Saeaurng y Kuakpetoon, 2018); Bien puede ser que el mango almacene un bajo nivel mineral.

Tabla I. Análisis químico proximal (%) realizado a los almidones de semilla de mango de diferentes variedades

Análisis	Muestra		
	manila	piña	tommy
Humedad	7.60±0.59 ^a	6.71±0.08 ^{ab}	6.18±0.19 ^b
Ceniza	0.17±0.01 ^a	0.04±0.024 ^b	0.30±0.06 ^c
Grasa	0.63±0.06 ^a	2.12±0.91 ^b	3.03±0.96 ^c
Proteína**	3.46±1.33 ^a	1.11±0.19 ^c	2.93±0.83 ^a

*Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar. Valores en porcentaje en base seca. **Cuantificado por el método Kjendahl. Factor de conversión de N₂ = 6.25.

Por otra parte, la microscopía electrónica de barrido de los almidones de cotiledón de mango reveló la presencia de gránulos de almidón que variaron en tamaño y forma. La figura 1 muestra gránulos de almidón con formas ovaladas y elípticas en todos los almidones aislados. Estos resultados fueron similares a los observados en los gránulos de almidones obtenidos a partir de cotiledones de mango totapuri, kuppi y langra (Kaur *et al.*, 2004). En un estudio más reciente, Saeaurng y Kuakpetoon (2018) realizaron observaciones similares en almidones de cotiledones de mango de tres variedades (namdokmai, kaew and chokanan). En lo que respecta al tamaño, los gránulos de almidón presentaron una longitud media de 18.32, 20.50 y 19.47 μm, para almidón de mango manila, piña y tommy respectivamente. Estos valores se encuentran dentro de los reportados por Kaur *et al.*, (2004) en almidones de cotiledones de mango de diferentes variedades, los cuales presentaron un promedio de gránulo de 15.8 a 21.7 μm. La variación en la morfología y tamaño de los gránulos de almidón puede deberse al origen biológico, la fisiología de la planta y la bioquímica del amiloplasto. Esto también puede deberse a las variaciones en el contenido de amilosa y amilopectina y su estructura, que a su vez desempeñan un papel importante en el control del tamaño y la forma de los gránulos de almidón (Kaur *et al.*, 2007).

En lo referente al análisis térmico por DSC (Tabla II), el almidón de la variedad tommy mostró una T_i significativamente mayor, mientras que el almidón de la variedad manila se observó una T_i más baja. T_p y T_f de almidones de las diferentes variedades de mango variaron de 77.43 a 81.76°C y de

85.89 a 87.40 °C, respectivamente. Las T_i de los almidones de cotiledón de mango fueron más altas que las reportadas por Saeurng y Kuakpetoon (2018) para tapioca (68.50°C) y arroz (67.97°C).

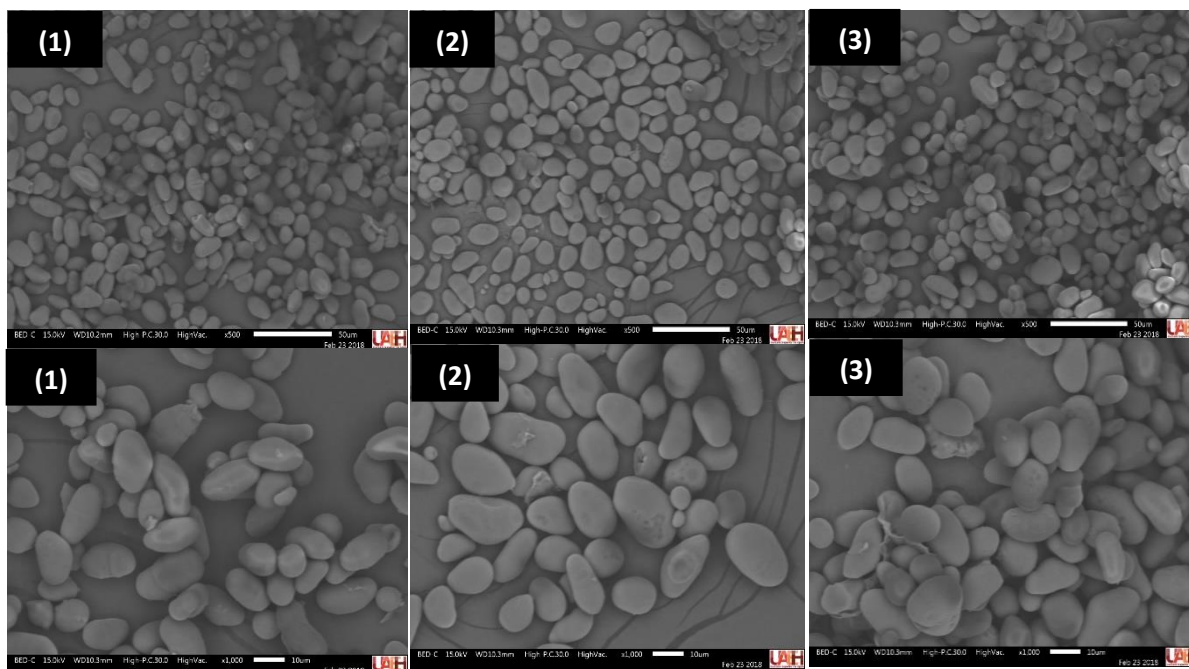


Fig. 1. Micrografías en MEB de las muestras de almidones: (1) Manila (2) Piña y (3) Tommy a 500X (superior) y 1000X (inferior).

El almidón de tommy presentó el valor más alto para ΔH_{gel} (17.20 J/g), mientras que la variedad piña mostró el valor más bajo de ΔH_{gel} (16.27 J/g), sin embargo, no existieron diferencias significativas ($P>0.05$). La entalpía de la gelatinización es la energía necesaria para romper el orden molecular (cristalinidad) de los polímeros y es un indicador de la pérdida de orden molecular dentro del gránulo que indica la cantidad de orden de doble hélice en almidones nativos, por lo que se encuentra fuertemente correlacionada con el contenido de amilopectina (Singh *et al.*, 2003). Los valores de T_p y ΔH_{gel} observados para los almidones de cotiledón de mango sugieren que podrían ser aplicados en alimentos procesados a altas temperaturas.

Muestra	Variable térmica			
	T_i	T_p	T_f	ΔH (J/g)
Almidón manila	72.66±0.16 ^a	77.43±0.26 ^c	85.89±0.89 ^a	16.52±1.10 ^a
Almidón piña	72.79±0.30 ^b	81.76±0.12 ^a	87.40±0.65 ^a	16.27±0.46 ^a
Almidón tommy	75.07±0.18 ^c	79.48±0.01 ^b	86.80±0.39 ^a	17.20±0.86 ^a

CONCLUSIÓN

Los tres almidones de mango son considerablemente diferentes de otros almidones comerciales en sus propiedades fisicoquímicas. Sin embargo los gránulos de almidón obtenidos presentan superficies uniformes y ovaladas.

Las temperaturas de transición térmicas de los almidones de cotiledón de mango fueron más altas que las de maíz, arroz. Por lo tanto, existe la necesidad de llevar a cabo una investigación detallada

que involucre más cultivares de mango para recopilar más información sobre varias propiedades de sus almidones.

BIBLIOGRAFÍA

- Asp N-G, Björck I (1992) Resistant starch. *Trends Food Sci* 3: 111–114.
- Casarrubias-Castillo, M.G. *et al.* (2012). Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia* 46: 455-466.
- Kaur M., Singh N, Singh-Sandhu K and Singh-Guraya H. (2004). Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica* L.). *Food Chem* 85(1):131–140.
- Kaur, L., Singh, J., Mccarthy, O.J., Singh, H. (2007). Physico-chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. *J. Food Eng.* 82, 383–394.
- Marinho-Mendes, M. L., Singh-Bora, P., Loura-Ribeiro, A.P. (2012). Propriedades morfológicas funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. *Rev Inst Adolfo Lutz.* 71(1):76-84
- Saeaurng, K., & Kuakpetoon, D. (2018). A comparative study of mango seed kernel starches and other commercial starches: the contribution of chemical fine structure to granule crystallinity, gelatinization, retrogradation, and pasting properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2444-2452
- Seymour, Raimond B., Carraher, Charles E. JR. (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. Editorial Reverté, S.A., 2da. Reimpresión, pag. 191.
- Singh, J., Singh, N. (2003). Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches. *Food Hydrocolloids* 17, 63–72.
- Soong, Y.Y., Barlow, P.J. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chem.* 88(3) 411–417.
- Zamudio-Flores, P.B. *et al.* (2015). Digestibilidad in vitro y propiedades térmicas, morfológicas y funcionales de harinas y almidones de avenas de diferentes variedades. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 14(1): 81-97.