

Caracterización fisicoquímica del almidón de moringa (*Moringa oleifera*).

Tomás Tovar-Benítez, Cristian Jesús Mera-Blancarte, Nalleli Concepción Pérez-Pérez, Josefina Porrás-Saavedra.

Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala – Tula, km 2.5, C.P. 42700, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México, ttovar@itsoeh.edu.mx

Resumen— El almidón es un polisacárido importante para la elaboración de alimentos. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar fisicoquímicamente el almidón de *Moringa oleifera* para identificar su posible uso en la industria de alimentos. Para ello, se determinó la composición proximal, la morfología mediante microscopía óptica, el índice de solubilidad, el poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua y aceite. De acuerdo con la composición proximal, se obtuvo un almidón de moringa puro. Los gránulos de almidón presentaron estructuras angulares y redondas. Este almidón presentó el mayor índice de solubilidad (7.6%) a 90 °C. Su poder de hinchamiento no presentó cambios significativos a las temperaturas evaluadas y, finalmente, fue mayor su capacidad de absorción de aceite con un valor de 139%. Por lo tanto, el almidón de moringa mostró diversas propiedades fisicoquímicas que lo hace factible para su utilización en diversos sistemas alimenticios.

Abstract— Starch is an important polysaccharide for food processing. The aim of the present investigation was to physicochemically characterize the *Moringa oleifera* starch to identify its possible use in the food industry. For this, the proximal composition, morphology by optical microscopy, solubility index, swelling power and water and oil absorption capacity were determined. According to the proximal composition, a pure moringa starch was obtained. Starch granules presented angular and round structures. This starch had the highest solubility index (7.6%) at 90 °C. Its swelling power did not show significant changes at the evaluated temperatures and, finally, its oil absorption capacity was higher with a value of 139%. According to the above, moringa starch showed various physicochemical properties which makes it feasible for use in various food systems.

Palabras clave — Alimento, Almidón, Estructura, Polisacárido, Propiedades funcionales.

I. INTRODUCCIÓN

El almidón, es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades de plantas, como por

ejemplo, en los granos de cereales (trigo, maíz, arroz, cebada, avena, sorgo, centeno), los cuales contienen entre 60 y 75% de su peso seco de almidón, así como también, puede encontrarse en raíces y tubérculos (mandioca, papa, ñame, yuca), semillas de leguminosas (habas, garbanzo, lentejas, frijoles, soya, cacahuete) y en algunas frutas (plátano, mango, papaya) donde su concentración varía con el estado de madurez de estos. Este carbohidrato, proporciona cerca del 70-80% de energía a los seres vivos [1, 2].

Químicamente, el almidón es un polímero de glucosas unidas a través de enlaces α -1-4 y α -1-6 (en los puntos de ramificación). Está compuesto por dos macromoléculas con diferente estructura: la amilosa o componente lineal, y la amilopectina o componente ramificado. La amilosa tiene una alta tendencia a retrogradarse y producir geles resistentes y películas fuertes. Por otra parte, la amilopectina, cuando se dispersa en agua, es más estable y produce geles suaves y películas débiles [1, 3]. El almidón es un polisacárido importante en la industria alimentaria donde desempeña diversas funciones de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas y funcionales como espesante, aglutinante, estabilizador, modificador de textura, gelificante y agente de carga [4, 5].

El almidón varía mucho en forma y funcionalidad entre y dentro de las especies botánicas, e incluso de la misma planta cultivada en diferentes condiciones. Debido a que las principales fuentes para la extracción de este polisacárido son los granos de cereales como el maíz, trigo y arroz; tubérculos como la papa y la yuca; actualmente, se buscan fuentes no convencionales como alternativas para la obtención de almidones que presenten diversas características fisicoquímicas, estructurales y funcionales, que amplíen la gama de usos en la industria, e inclusive, propiedades especiales para usos específicos [6].

De acuerdo con lo anterior, existen fuentes vegetales como la moringa, un género de plantas con numerosas especies distribuidas en Asia, África y Madagascar. La especie más conocida es *Moringa oleifera* y dentro de sus

principales utilidades se destacan como complemento alimenticio debido a su composición nutritiva; es rica en proteínas, vitaminas A, B y C, calcio y hierro, entre otros. Derivado de la poca información que se tiene sobre la caracterización del almidón a partir de la fuente vegetal antes mencionada. El objetivo de la presente investigación fue evaluar las características fisicoquímicas del almidón nativo de moringa (*Moringa oleifera*) obtenido por solubilización alcalina para poderlo implementar en la industria alimentaria.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Obtención del almidón de *Moringa oleifera*.

Se empleó el método reportado por Betancur-Ancona et al., [7] con algunas modificaciones. Este método consistió en el fraccionamiento en húmedo de los diferentes componentes de la harina de moringa y solubilización de los mismo en un medio alcalino.

2.2 Composición química proximal

Se determinó empleando los métodos oficiales de la AOAC [8] que comprenden humedad (método 925.09), proteína cruda (método 954.01), grasa cruda (método 920.39), cenizas (método 923.03) y extracto libre de nitrógeno (ELN), por diferencia al 100% del resto de los demás constituyentes.

2.3 Morfología del almidón de *Moringa oleifera* por microscopía óptica

Se prepararon suspensiones de almidón en exceso de agua (1:10 p/v) y se agitaron durante 15 min con un agitador magnético a 300 rpm a temperatura ambiente. Las muestras se colocaron en un portaobjetos, cubierto por otro, y enseguida, se observaron en el microscopio. Las imágenes fueron tomadas a una magnitud de 40x.

2.4 Índice de solubilidad (ISA) y poder de hinchamiento (PHA)

Se determinó mediante el método reportado por Lauzon et al., [9] con alguna modificación. Se dispersaron 0.2 g de muestra en 10 ml de agua destilada. Esta dispersión se calentó a diferentes temperaturas (50, 60, 70, 80 y 90 °C) durante 30 min, se enfrió a temperatura ambiente y se centrifugó (Multi-tube Carrier Refrigerated Centrifuge, VS-550, KR) a 3000 rpm durante 15 min. El ISA y PHA se determinaron de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

$$\% \text{ ISA} = (\text{Peso de muestra seca} \times 100) / (\text{Peso de la muestra})$$

ecuación (1)

$$\% \text{ PHA} = (\text{Peso de muestra húmeda} \times 100) / (\text{Peso de la muestra} \times (100 - \% \text{ ISA}))$$

ecuación (2)

2.5 Capacidad de absorción de agua (CAW) y aceite (CAO)

Se empleó el método reportado por Sosulski et al., [10], con algunas modificaciones. Inicialmente, se dispersaron 0.5 g de muestra con 5 ml de agua destilada o aceite de maíz en tubos de centrifuga. La suspensión resultante se homogeneizó con ayuda de un vortex por 30 s y se dejó reposar a temperatura ambiente (25 °C) durante 30 min. Posteriormente, los tubos se centrifugaron (Multi-tube Carrier Refrigerated Centrifuge, VS-550, KR) durante 10 min a 3000 rpm, descartando el sobrenadante. La cantidad de agua o aceite absorbido se determinó de acuerdo con la ecuación 3.

$$\% \text{ CA} = (\text{Peso del tubo con muestra húmeda} - \text{Peso del tubo con muestra seca}) \times 100$$

ecuación (3)

2.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se expresaron como la media \pm error estándar. Se utilizó una prueba de Tukey para estimar las diferencias significativas entre los valores medios a $2\alpha = 0.05$ nivel de significancia. Todos los análisis se procesaron con el software Minitab 18.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición química proximal

El almidón de moringa presentó un contenido de humedad dentro de los valores reportados en otras fuentes de obtención (6-16%) (Tabla 1). Mientras más bajo sea este valor, existe una menor probabilidad de contaminación microbiana, principalmente por hongos [11]. En cuanto al contenido de proteína, Segura-Campos et al., [12] sugieren que, cuando se presentan altos porcentajes, se debe reducirse mediante tratamientos químicos o enzimáticos debido a que la Administración de Drogas y Alimentos de EE. UU. (FDA), permite en el almidón de maíz 3.5 g de proteína/kg con el objetivo de evitar la formación de jarabes oscuros no deseados como resultado de las reacciones de Maillard. En general, Singh et al. [13] mencionan que los componentes de un almidón con respecto a otro, varía de acuerdo con el

origen botánico, al clima y tipo de suelo, al proceso de obtención y purificación.

TABLA 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA del ALMIDÓN de *Moringa oleifera* *.

Componente	Moringa °	Maíz azul ^a	Frijol terciopelo ^b
Humedad	10.74 ± 2.27	9.8	9.82
Proteína	1.07 ± 0.01	8.2	0.71
Grasa cruda	0.54 ± 1.01	3.7	0.04
Cenizas	5.8 ± 0.14	1.1	0.28
ELN ^{**}	81.85	77.2	98.06

* Expresado en porcentaje

° Media ± error estándar

^a [14].

^b [12].

^{**} Extracto libre de nitrógeno

3.2 Morfología del almidón de *Moringa oleifera* por microscopía óptica

Se observó que los gránulos presentaron características angulares y redondeadas, de varias formas y tamaños (Figura 1). Gran parte de su forma está determinada por la acción de las enzimas que, a su vez, establece la estructura de las moléculas de amilopectina. Las variaciones en tamaño y forma de los gránulos de almidón pueden ser atribuibles al origen botánico, a las prácticas de cultivo, a la bioquímica del cloroplasto y a la fisiología de la planta [15].

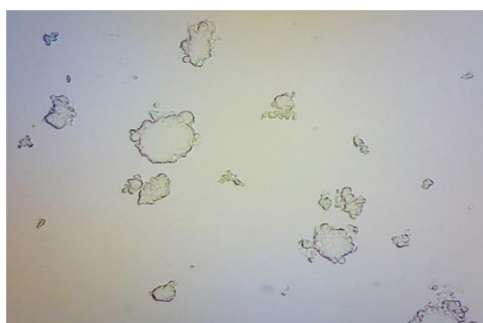


Fig. 1 Microfotografía de los gránulos de almidón de *Moringa oleifera* tomada a una amplitud de 40X.

3.3 Índice de solubilidad (ISA)

Los resultados obtenidos muestran una tendencia a aumentar conforme la temperatura se incrementa pasando de 4.4% a 50 °C a 7.6% a 90 °C (Figura 2). Ahmed Wani et al., [16], observaron un comportamiento similar en la solubilidad de un almidón de *Helianthus annuus* L., obteniendo valores de 14% a 90 °C. Mendes et al., [17] afirmaron que la baja solubilidad puede estar asociada con el grado de ramificación de los gránulos de almidón, ya que la solubilidad resulta de la lixiviación de la amilosa.

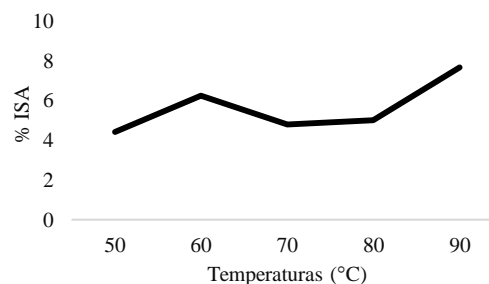


Fig. 2 Índice de solubilidad del almidón de *Moringa oleifera*.

3.4 Poder de hinchamiento (PHA)

En la figura 3, se muestran los porcentajes de poder de hinchamiento para el almidón de moringa donde podemos observar que independientemente de la temperatura evaluada, el porcentaje de hinchamiento no cambia. De la Torre et al., [18] mencionan que este comportamiento ocurre cuando el poder de hinchamiento está relacionado con la unión asociativa dentro del gránulo de almidón, y aparentemente la fuerza y carácter de la red micelar que está relacionada con el contenido de amilosa en el almidón, es decir, un alto contenido de amilosa produce un bajo poder de hinchamiento, por lo que requieren de mayor temperatura para que los enlaces de hidrógeno se rompan en las áreas amorfas, provocando un proceso irreversible, contribuyendo así, a la absorción progresiva del agua.

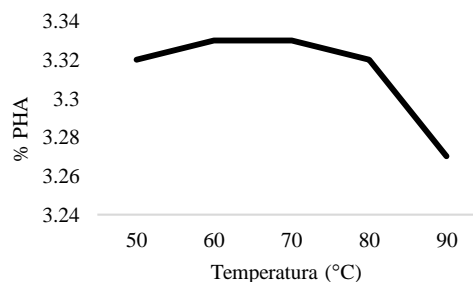


Fig. 3 Poder de hinchamiento del almidón de *Moringa oleifera*.

3.5 Capacidad de absorción de agua (CAW) y aceite (CAO)

El almidón de moringa presentó una mejor capacidad de absorción de aceite con un valor de 139.56% en comparación a su capacidad de absorción de agua. Castro et al., [19] sugieren que la capacidad de absorción de agua depende de la estructura molecular, las regiones cristalinas y amorfas dentro del almidón y la distribución del tamaño granular.

TABLA 2
CAPACIDAD de ABSORCIÓN de AGUA y ACEITE del ALMIDÓN de *Moringa oleifera* *.

Muestra	CAW	CAO
---------	-----	-----

Almidón de moringa	92.33 ± 2.65	139.56 ± 0.28
--------------------	--------------	---------------

* Expresado en porcentaje.

± Media ± error estándar.

IV. CONCLUSIONES

El almidón de moringa mostro diversas propiedades fisicoquímicas que lo hacen factible para su incorporación en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales.

REFERENCIAS

- [1] Ashogbon, A.O. and Akintayo, E.T. Recent Trend in the Physical and Chemical Modification of Starches from Different Botanical Sources: A Review. *Starch-Stärke*, 66, 41-57. 2014.
- [2] Lumdubwong, Namfone. *Applications of Starch-Based Films in Food Packaging*. 2019.
- [3] Murray, B.S., Phisarnchananan, N. The effect of nanoparticles on the phase separation of waxy corn starch þ locust bean gum or guar gum. *Food Hydrocoll.* 42, 92-99. 2014.
- [4] Hadnadev, T.D., Dokic, L., Pojic, M., Hadnadev, M., Torbica, A., Rakita, S. Rheological properties of dough and quality of bread supplemented with emulsifying polysaccharides. *Hemljaska Industrlja* 68, 99-106. 2014.
- [5] Otegbayo, B., Oguniyan, D. and Akinwumi, O. Physicochemical and Functional Characterization of Yam Starch for Potential Industrial Applications. *Starch-Stärke*, 66, 235-250. 2014.
- [6] Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., & Gloria-Hernandez, H. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*, 233,1–10. 2017.
- [7] Betancur-Ancona, DA., Chel-Guerrero, LA., Bello-Pérez, LA., Dávila-Ortiz, G. Isolation of velvet bean (*Mucuna pruriens*) Starch: physicochemical and functional properties. *Starch/Stärke*, 54, 303-309. 2002
- [8] AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 20th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. 1997.
- [9] Lauzon R. D., Shiraiishi K., Yamazaki M., Swayama S., Sugiyama N., Kawabata A. Physicochemical properties of cocoyam starch. *Food Hydrocoll* 9 (2): 77. 1995.
- [10] Sosulski FW, Garatt MO, Slinkard AE. Functional properties of ten legume flours. *Intern J Food Sci Technol.*, 9:66–69. 1976.
- [11] Lacerda, I., et al. Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. *International Journal of Food Microbiology* 105(2): 213-19. 2005.
- [12] Segura-Campos, M., López-Sánchez, S., Castellanos-Ruelas, A., Betancur-Ancona, D. and Chel-Guerrero, L. Physicochemical and Functional Characterization of *Mucuna pruriens* Depigmented Starch for Potential Industrial Applications. *International Journal of Organic Chemistry*, 5, 1-10. 2015.
- [13] Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, S. and Gill, S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources A review. *Food Chemistry*, 81: 219–231. 2003.
- [14] Agama-Acevedo, E., A. P. Barba de la Rosa, G. MéndezMontealvo, and L. A. Bello-Pérez. Physicochemical and biochemical characterization of starch granules isolated of pigmented maize hybrids. *Starch/Stärke* 60:433-441. 2008.
- [15] Wilson, Julie & Hardy, Karen & Allen, Rick & Copeland, Les & Wrangham, Richard & Collins, Matthew. Automated classification of starch granules using supervised pattern recognition of morphological properties. *Journal of Archaeological Science*. 37. 594-604. 2010.
- [16] Ahmed Wani, Idrees & Sogi, Dalbir & Hamdani, Afshan & Gani, Adil & Ahmad Bhat, Naseer & Shah, Asima. Isolation, composition, and physicochemical properties of starch from legumes: A review. *Starch - Stärke*. 2016.
- [17] Mendes, M. L. M., Ribeiro, A. P. L., & Almeida, E. C. Efeito da acidificação nas propriedades fisicoquímicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.). *Revista Ceres*, 62(3), 225-232. 2015.
- [18] De la Torre, G. L.; Chel-Guerrero, L.; Betancur-Ancona, D. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chem.* 106 (3):1138 - 1144. 2008.
- [19] Castro, Deise & Moreira, Inácia & Melo Silva, Luzia & Pereira Lima, Jacinete & Silva, Wilton & Gomes, Josivanda & Maria Feitosa de Figueirêdo, Rossana. Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp. *Food Research International*. 2018.