

## Efecto del tipo de secador sobre la calidad fisicoquímica de harina de moringa (*Moringa oleífera* L.)

Y. Hernández-Torres<sup>1</sup>, R. I. Castillo-Zamudio<sup>2</sup>, A. Pérez-Vázquez<sup>2</sup> y M.A. Salgado-Cervantes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería bioquímica, Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz. <sup>2</sup>Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA). [rosychely@colpos.mx](mailto:rosychely@colpos.mx)

### RESUMEN:

Moringa (*Moringa oleífera* Lam) es un árbol que presenta un alto valor nutricional en sus hojas y tiene un gran potencial como cultivo en México. En el presente trabajo se obtuvieron hojas de moringa de plantas de 8 meses de edad del CP-Campus Veracruz. El objetivo fue estudiar el efecto del tipo de equipo de secado sobre la velocidad de deshidratación de las hojas y calidad fisicoquímica de la harina producida. Se realizaron curvas de deshidratación empleando un secador solar y un equipo de secado artificial mediante lecho fluidizado. En ambos procesos, se registró el peso de las hojas de moringa hasta llegar a peso constante. Respecto al secado artificial, se evaluaron tres temperaturas de proceso (40, 50 y 60 °C) y una velocidad de aire=0.5 m/s. Las hojas de moringa deshidratadas fueron molidas para obtener la harina. Se obtuvieron extractos etanólicos y se realizó el análisis de compuestos fenólicos usando la técnica de Folin-Ciocalteu. Los resultados mostraron que, empleando secado solar, el contenido de compuestos fenólicos fue mayor que con secado artificial y que dichos compuestos incrementaron conforme aumenta la temperatura del aire en el lecho fluidizado. Por tanto, es factible obtener harina de moringa para enriquecer nutricionalmente alimentos, empleando equipos económicamente asequibles.

**Palabras clave:** *Moringa Oleífera*, L., secado solar, secado artificial, compuestos fenólicos, hojas secas, harina

### ABSTRACT:

Moringa (*Moringa oleífera* Lam) is a tree that has high nutritional value and great potential for its cultivation in Mexico. In this study moringa leaves of the CP-Campus Veracruz trees of eight months old were obtained. The objective of this study was to determine the effect of the type of drying equipment on the dehydration speed of leaves and the physic and chemical properties of the flour produced. Drying curves were performed using a solar dryer and an artificial drying equipment by fluidized bed. In both processes, the weight of the moringa leaves was recorded until reaching a constant dry weight. Regarding artificial drying, three processing temperatures (40, 50 and 60 °C) and air velocity = 0.5 m/s were tested. The dehydrated moringa leaves were grounded to obtain the flour. Ethanolic extracts were obtained and analyzes of phenolic compounds were performed using Folin-Ciocalteu technique. The results showed that, using solar drying, the content of phenolic compounds was higher than with artificial drying and the compounds increased as the temperature of the air in the fluidized bed increased. Therefore, it is feasible to obtain moringa flour to nutritionally enrich food using affordable equipment.

Keywords: *Moringa Oleífera*, L, solar drying, artificial drying, phenolic compounds, dry leaves, flour.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los hábitos alimenticios se han ido modificando de tal forma que no solo se buscan que los alimentos proporcionen satisfacción al ser consumidos, sino que también contengan propiedades nutricionales y nutraceuticas que proporcionan beneficios extras a la salud de los consumidores. Así, los productos hortofrutícolas son la fuente más importante de vitaminas, minerales y fitoquímicos que contribuyen a una alimentación más sana y nutritiva. La zona centro del Estado de Veracruz ha mostrado condiciones aptas para el cultivo de una planta de alto valor nutritivo como es moringa (*Moringa oleifera* Lam). El cultivo de esta especie es considerado de una alta relación costo: beneficio respecto a otros cultivos como caña de azúcar y cítricos (Ceballos y Jiménez, 2012).

*Moringa oleifera* L. es conocida comúnmente como moringa, es un arbusto introducido a México por los marineros filipinos que llegaron a Acapulco y que de ahí se extendió en casi todo el territorio mexicano. Esta planta se valora principalmente por sus frutos, hojas, flores y raíces, todas ellas comestibles, y por el aceite (también comestible) obtenido de las semillas (Parrotta, 1993). Debido a su alto contenido nutrimental, la moringa ha sido utilizada para paliar problemas de desnutrición en comunidades tropicales y subtropicales de escasos recursos (Meena *et al.*, 2010).

Además, por las características propias de la moringa lo hacen un cultivo que puede ser usado para el autoconsumo de la población que lo tiene sembrado en sus huertos para mitigar problemas de desnutrición y de seguridad alimentaria. No obstante, muy pocas personas en el país, conocen los beneficios que moringa ofrece nutrimentalmente con su ingesta. A partir de sus hojas deshidratadas se puede obtener harina para utilizarla en la elaboración de productos de valor agregado como pan, galletas entre otros, y constituye una alternativa que permite desarrollar productos con mejores características nutricionales, ya que las hojas contienen aminoácidos esenciales y un contenido elevado de minerales, vitaminas y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (Ruiz, 2011), por lo que su uso en la formulación de alimentos permite que estos sean más saludables (Fahey, 2005). Actualmente, la medicina alternativa o herbolaria, recomienda su consumo recién cortada (fresco) o bien deshidratada como infusión.

El secado o deshidratación es la forma más común de conservación de alimentos. Este proceso involucra fenómenos de transferencia de masa (agua y compuestos químicos) y energía (temperatura) (Ceballos y Jiménez, 2012) cuya fuerza impulsora se basa en los gradientes de humedad y temperatura, respectivamente. La descripción de estos mecanismos, empleando aire forzado o natural, así como la obtención de las propiedades termo-físicas de equilibrio y transporte de ambos sistemas, son de vital importancia para predecir las condiciones óptimas del proceso de secado que permitan obtener un producto deshidratado con características fisicoquímicas y nutrimentales similares al alimento fresco (sin secar). En este sentido, el objetivo del presente trabajo es cuantificar el efecto del tipo de equipo de secado sobre la velocidad de deshidratación de hojas de moringa y la calidad fisicoquímica de la harina producida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección de la muestra y lavado

Se llevó a cabo la recolección de la hoja de moringa en los meses de marzo y abril del 2017, en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, ubicado en Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano. En un predio que cuenta con plantas de moringa a de 8 meses de edad. Posteriormente se realizó un lavado de la hoja, con agua potable dentro del laboratorio de análisis de alimentos con el fin de eliminar impurezas de la superficie de las hojas.

### Obtención de la harina de moringa

Se evaluaron dos tipos de deshidratado de las hojas, siendo: 1) secado solar (convección natural) y 2) secado artificial (convección forzada).

En el primer caso, se utilizó un secador artesanal (**Figura 1**) elaborado de material de aluminio y vidrio. Se colocaron las hojas de moringa formando varias monocapas en cada grupo de charolas. El secador fue orientado acorde al movimiento del sol en un área abierta para recibir la mayor radiación solar posible en el Campus Veracruz. Datos climatológicos fueron proporcionados por la Estación climatológica del Campus. Además, se registraron cada 30 min datos de humedad y temperatura del aire al interior del secador empleando para ello un termohigrómetro digital.

El secado artificial se realizó mediante convección forzada, usando un equipo de lecho fluidizado por lote (Apex modelo SSE65 (**Figura 2**)). Se deshidrataron 100 g de hoja de moringa con aire que se hizo pasar a través del lecho de hojas a una velocidad del aire de 0.5 m/s., a diferentes temperaturas 40, 50 y 60 °C durante 3, 3 y 4 horas respectivamente.

Posteriormente las hojas secas se trituraron empleando un molino de tejido vegetal Mod. 3383-L10 Thomas Scientific con un tamiz de malla del # 40.



**Figura 1.** Secador solar, Modelo CP-Campus Veracruz



**Figura 2.** Secador de lecho fluidizado *Apex* modelo SSE65

### **Determinación de compuestos fenólicos totales (CFT) en el extracto de harina de moringa**

La determinación de fenoles se realizó mediante la técnica de Folin-Ciocalteu según Gutiérrez *et al.* (2008) la cual se basa en la propiedad de los fenoles de reaccionar frente a agentes oxidantes. La lectura de la absorbancia del complejo se realizó a 760 nm en un espectrómetro ultravioleta - visible. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico (patrón). Los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico.

### **Preparación de curva de calibración**

A partir de la solución patrón de ácido gálico de 0,1 g/L, se procedió a realizar una serie de diluciones con agua destilada para obtener concentraciones de 1, 2, 3, 4, y 5, mg/L (Tabla 1). Para ello se colocó en distintos viales protegidos de la luz 20, 30, 40, 60, 80 y 100  $\mu\text{L}$  de la solución patrón antes descrito. A cada vial se le adicionó 500  $\mu\text{L}$  del reactivo de Folin-Ciocalteu 2 N, se agitó y luego se agregó 1.5 mL de carbonato de sodio al 20%. La mezcla se llevó a volumen final de 2.5 mL usando agua destilada y se dejó reposar. Finalmente, se tomó la lectura en el espectrofotómetro UV a 760 nm. El blanco tuvo los mismos componentes excepto el ácido gálico.

**Tabla I.** Datos para la obtención de la curva de calibración de fenoles totales

N° tubo	Solución de ácido gálico ( $\mu\text{L}$ )	Agua destilada	Reactivo Folin ( $\mu\text{L}$ )	Solución ( $\mu\text{L}$ )
Blanco	0	500	500	1500
1	20	480	500	1500
2	40	460	500	1500
3	60	440	500	1500
4	80	420	500	1500
5	100	400	500	1500

Fuente: Elaboración propia a partir de García *et al.*, s.f.

### **Obtención del extracto para determinación de CFT**

El proceso de extracción se basó en el método de Sultana *et al.* (2009). Una porción de hojas equivalente a 100 mg de materia seca pulverizada, fue sometida a una extracción con 10 mL de etanol-agua en una relación 80:20 v/v en un baño ultrasónico (BRANSON Mod. CPX3800H), durante 30 min a 25 ( $\pm 5$  °C) finalmente, se filtró con ayuda de papel Whatman No. 5. Los extractos obtenidos se almacenaron para su uso.

### **Contenido de CFT**

La determinación se realizó por el método de Chumark *et al.* (2008). En un matraz aforado de 10 mL, se mezclaron 100  $\mu$ L del extracto con 6 mL de agua destilada y se agitó con un equipo vortex durante 10 s. Posteriormente, se adicionaron 0.5 mL del reactivo Folin- Ciocalteu y se mezcló nuevamente. Después de 5 min, a esta mezcla se le adicionaron 1.5 mL de una solución de al 20% y nuevamente se agito el contenido en el vortex, la mezcla se llevó a 10 mL con agua destilada, se agitó y se dejó reposar en la oscuridad por 2 h a 25 °C ( $\pm 1$ ).

Posteriormente, se analizaron las lecturas espectrofotométricas (Marca Thermo Scientific, Modelo Genesys 10s) en UV-V a 760 nm.

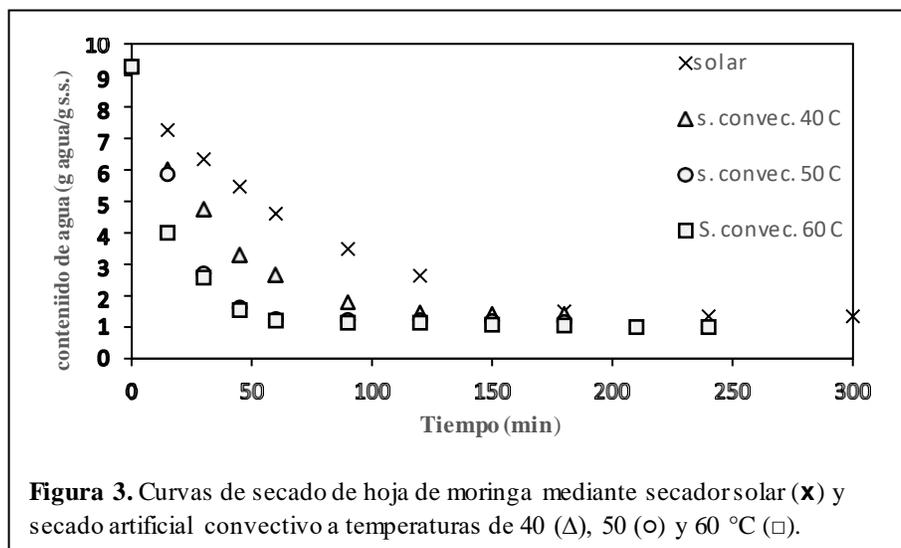
### **Análisis de la información**

El efecto de la temperatura sobre el contenido de humedad fue determinado usando Statgraphics Centurion 16.1.15.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Figura 3 muestra las curvas de secado de los dos tipos de equipo de secado evaluados, tanto secador solar y secado artificial, del lecho de hojas de moringa, bajo tres condiciones de temperatura, 40, 50 y 60 °C.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que tras 60 min de secado al sol, se disminuyó aproximadamente el 50% del agua contenida en las hojas de moringa. Sin embargo, para el secado artificial a 50 y 60 °C, se había eliminado el 90% del agua sin existir diferencias estadísticas significativas (Tukey  $p < 0.05$ ) en las pérdidas de agua entre ambas temperaturas. Las curvas de secador solar y a 40 °C, muestran un comportamiento lineal similar. A partir de los 120 min las cinéticas de secado artificial bajo las tres condiciones de temperatura, muestran un periodo de velocidad de secado constante con un contenido de sólidos promedio de 9.7 % (b.h).



Los datos obtenidos de la curva de calibración del ácido gálico que se muestran en la Tabla I, permitieron realizar la cuantificación de fenoles totales (CFT) que se muestran en la Tabla II.

**Tabla II.** Cuantificación de compuestos fenólicos totales en el extracto de harina de moringa

Tratamiento	Absorbancia	Concentración (μL ácido gálico/ mL)
Lecho fluidizado 55 °C	0.23	1.95
Lecho fluidizado 65 °C	0.24	2.06
Secador solar	0.43	3.59

Los resultados indicaron que la harina de moringa obtenida tras un proceso usando un secado solar posee mayor cantidad de CFT, con un valor promedio de: 3.59 mgAG/mL, en comparación con el uso de secado artificial con un valor promedio de 2.0 mgAG/mL. Estos resultados concuerdan con Pérez-Landa (2013), quien encontró un menor contenido de CFT en hojas de moringa deshidratadas mediante un secador con aire forzado a 55 °C con respecto al secado a la sombra de las mismas. Además, si bien el secado a la sombra es un método de secado económico y accesible para usarse en la deshidratación de moringa dentro de las comunidades con cultivo de moringa, el secado es más lento comparado con la velocidad de secado obtenida mediante el equipo de secado artesanal o deshidratador solar, en el cual no se necesita una fuente de energía eléctrica para calentar el aire, como en el caso del secado artificial.

Se concluye que el uso de la energía solar para el secado de hojas de moringa, de acuerdo al diseño del equipo empleado en el presente trabajo, representa una alternativa asequible y con gran potencial para la obtención de harina de moringa, con un contenido alto de compuestos fenólicos, que puede ser usada en la formulación de alimentos para enriquecerlos nutricionalmente. Respecto al secado artificial, se encontró que la temperatura es un factor clave y que influye de manera sustantiva en la retención de compuestos fenólicos de hojas deshidratadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos & Jiménez. 2012. *Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano*. En Temas selectos de ingeniería en alimentos, 6-1 98-100.
- Chumark P. 2008. *The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of Moringa oleifera Lam. leaves*. J. Ethnopharmacol. 116, 439–446. doi:10.1016/j.jep.2007.12.010
- Fahey J. 2005. *Moringa oleifera: A Review of the medical Evidence for Its Nutritional Therapeutic, and Prophylactic Properties*. Part 1. Trees for Life Journal. . Trees lif. J. 1: 5.
- Gutiérrez, D., Ortiz, C. y Mendoza, A. 2008. . *Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal*. Simposio de Metrología. Centro Nacional de Metrología. SM2008-M220-1 108-1
- Meena, A. K., Sachan, A., Kaur, R., Pal, B and Singh, B. 2010. *Moringa oleifera: A review*. Journal of Pharmacy Research. 3:840-842
- Olson, M. E. & Fahey, J. W. 2011. *Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82(4), 1071-1082.
- Pérez L. I. 2013. *Efecto de diferentes métodos de secado sobre la retención de antioxidantes en hojas de Moringa oleifera*. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz. p. 47:54-69:70
- Parrotta, J. A. 1993. *Moringa oleifera Lam. Resedá, horseradish tree*. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. p. 6.
- Ruiz L. E. 2011. *Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (Moringa oleifera) y su respectiva evaluación nutricional*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 39:40- 1:6
- Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M. 2009. *Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of select medicinal plant extracts*. Molecules. 14:2167-2180.