

# Estudio experimental del secado solar de la semilla de marañón

Carlos J. Hernández Estrella<sup>1</sup>, Margarita Castillo-Téllez<sup>1\*</sup>, Beatriz Castillo Téllez<sup>2</sup>, Juan Carlos Ovando Sierra<sup>1</sup>, Julio A. Gutiérrez González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, Campus V, predio s/n por Av Humberto Lanz Cárdenas y Unidad Habitacional Ecológica ambiental, Col. Ex Hacienda Kalá, C.P. 24085, San Francisco de Campeche, Campeche, México. (981) 811 9800

<sup>2</sup>Centro Universitario Del Norte, Universidad de Guadalajara. Carretera Federal No. 23, Km. 191, C.P. 46200, Colotlán, Jalisco, México. (499) 9921333

Fecha de recepción: 23 de octubre de 2018 — Fecha de aceptación: 02 de mayo de 2019

## Resumen

El árbol de marañón produce un fruto del cual se extrae la semilla denominada nuez de la India, a la cual se le adjudican múltiples propiedades medicinales. En este trabajo se presentan las características de la deshidratación de las semillas de nuez de la India utilizando un secador solar directo tipo gabinete y un horno eléctrico no convectivo a condiciones controladas de temperatura: 65 °C, obteniendo tiempos de secado promedio de 1080 minutos y 1020 minutos, respectivamente. La temperatura más alta medida dentro del secador tipo gabinete fue de 58.8 °C. La humedad final de la nuez seca se osciló entre 4.8% en gabinete y 5.7% en horno eléctrico. Las pruebas se realizaron en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche, en Campeche, México, ubicada a 19°51'00" de latitud norte, y 90°31'59" de longitud oeste, con un clima cálido-húmedo y valores promedio máximos de irradiancia solar de 970 W/m<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** secado solar directo, irradiancia solar, velocidad de secado, contenido de humedad.

## Experimental study of solar dryers through the dehydrated seed of marañón

### Abstract

The marañón tree produces a fruit from which is extracted the seed called walnut from India, to which multiple medicinal properties are attributed. This paper presents the characteristics of the dehydration of walnut seeds from India using a direct solar dryer type cabinet and a non convective electric oven at controlled temperature conditions: 65 °C, obtaining average drying times of 1080 minutes and 1020 minutes, respectively. The highest temperature measured inside the cabinet type dryer was 58.8 °C. The final humidity of the dried walnut oscillated between 4.8% in the cabinet and 5.7% in the electric oven. The tests were carried out in the Faculty of Engineering of the Autonomous University of Campeche, in Campeche, Mexico, located at 19°51'00 "north latitude, and 90°31'59" west longitude, with a hot-humid climate and maximum average values of solar irradiance of 970 W/m<sup>2</sup>.

---

\*mcastill@uacam.mx

Nota: Este artículo de investigación es parte de Ingeniería-Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 23, No. 2, 2019, ISSN: 2448-8364

**Key words:** direct solar drying, solar irradiance, drying velocity, moisture content.

## 1. Introducción

El marañón es un árbol de follaje espeso y diseminado, perteneciente a la familia de las Anacardiáceas; tiene un efecto restaurador del ambiente, apoya además en la recuperación de terrenos degradados. Tiene como característica especial el ser una especie utilizada para la regeneración de suelos. Se ha empleado esta planta para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera. Es un árbol sumamente resistente a la sequía y presenta una gran tolerancia al estrés hídrico y al daño por termita (Galdámez, 2004). Este árbol prospera en Yucatán, Campeche, Chiapas, Oaxaca y Veracruz, estos Estados son grandes importadores de esta nuez, la cual podría representar una importante contribución a la economía estatal con su adecuada deshidratación, debido a las múltiples propiedades beneficiosas y medicinales que posee (Agenda Estatal de Innovación de Campeche, 2014).

El pseudo fruto conocido como fruto del marañón, se forma del pedúnculo o receptáculo, este es engrosado y jugoso, de color amarillo o rojo, en el extremo se ubica el fruto verdadero, una nuez en forma de riñón, gris y dura, conocida como nuez de marañón. La nuez, de 2 a 3 cm de largo, tiene un pericarpio liso y brillante y el mesocarpio tiene espacios que contienen masas de aceites o gomas (FAO, 2015).

Entre sus buenas propiedades se le adjudican algunas como la de eliminar la celulitis y grasas localizadas, disminuir los niveles de colesterol malo y triglicéridos, eliminar exceso de ácido úrico y depurar el organismo por su alto contenido de fibras, tonifica la piel y los músculos, ayuda a mejorar la tensión arterial, ayuda a tratar la artiritis. Además, las semillas de nuez de la India dan sensación de saciedad y ayudan a controlar la ansiedad, permitiendo

además ser un suave laxante y diurético natural. También se le adjudican propiedades como el apoyo en la pérdida de peso, tratar la hemorroides, mejorar el estado de la piel, reduce el acné y estimula el crecimiento del cabello (Murillo, 2014).

### **Secado solar de la semilla de marañón (nuez de la india).**

El secado solar es una mejor alternativa que permite sustituir al secado natural y al mecánico artificial. Además de las ventajas de conservación a largo plazo, reducción del volumen, relativa facilidad para su rehidratación, así como la conservación de una buena parte de los elementos nutritivos y organolépticos y asegurar su disponibilidad (Sharma K., *et. al.*, 1986).

El secado más común de la nuez de la india es mediante secadores de gas y eléctricos, algunos hornos eléctricos trabajan con paneles fotovoltaicos; se han caracterizado empresas de tres niveles de acuerdo a su capacidad de producción: procesadores artesanales, semi-industriales e industriales. Los procesos de deshidratado en estos hornos son largos, por ejemplo, en el caso de la piña duran 12 horas y en el caso del guineo, 24 horas. El proceso de deshidratación del marañón se lleva a cabo a una temperatura de 45 °C, motivo por el cual es más prolongado (2-3 días) y arroja un rendimiento del 25% sin considerar exposición al sol. El tiempo de vida útil establecido para sus productos es de 4 meses. Se utilizan también secadores de aire forzado a 70 °C, los cuales tienen el inconveniente de utilizar además gas para proporcionar el calor del proceso, lo cual trae como consecuencia un consumo muy elevado de combustible y energía (Romero, *et. al.*, 2016).

Para la aplicación de las tecnologías de secado solar es fundamental el conocimiento de las

propiedades de los alimentos deshidratados, con el objeto de optimizar este proceso desde el punto de vista energético y poder así garantizar la conservación de sus cualidades organolépticas y nutrimentales (Augustus M., *et. al.*, 2002).

Se presenta un estudio experimental que permite analizar el secado solar de la semilla de marañón en condiciones controladas y mediante energía solar, comparando los resultados con el secado tradicional a cielo abierto.

## 2. Estudio experimental

### 2.1 Materiales y métodos.

Se recolectaron las nueces y se seleccionaron las de igual tamaño, se midieron el ancho, el largo y se pesaron, esto con la finalidad de trabajar con muestras semejantes; se abrieron retirando las semillas del marañón de la carcasa que las cubre y se seleccionaron de acuerdo a las que tenían mejor integridad en su estructura física. Se lavaron y se seleccionaron para obtener un grupo homogéneo, basado en la madurez, tamaño y color. Se utilizó un horno convencional no convectivo con calentamiento eléctrico, un secador solar tipo gabinete y se secado se seleccionó una charola negra de material plástico para experimentar a cielo abierto. Se pesaron 12 g de nueces para cada prueba realizada.

**Secador eléctrico no convectivo.** Para la obtención de la cinética de secado, se utilizó un horno eléctrico marca Riossa sin convección de aire. Se registró la pérdida de peso mediante un software con muestras de cada 10 minutos para un monitoreo constante. Se trabajó a 45°C, 55°C y 65°C; en este trabajo se muestran los resultados experimentales del mejor tiempo

de secado y mejor calidad del producto obtenido en el horno sin sacrificar la calidad del deshidratado final, es decir, 65°C.

**Secador solar directo tipo gabinete.** Se empleó un secador solar directo construido en material plástico transparente con una superficie de tratamiento de 0.5 m<sup>2</sup>. La cámara contiene una charola absorbadora de la radiación solar en donde se coloca el producto. Cuenta con perforaciones en las partes laterales, fondo y trasera, para permitir la circulación y extracción del aire húmedo caliente. La superficie frontal tiene una pendiente de 20° para aprovechar la radiación solar incidente y permitir en su caso la condensación y escurrimiento del agua. Este tipo de secadores resultan prácticos, con nulo mantenimiento y fáciles de manipular. Tiene como función principal mejorar la calidad de las frutas secas evitando que se dañe cuando es atacada por insectos, microorganismos o distintos animales. También evita que se ensucie con el polvo y la lluvia; es de bajo costo debido a los diferentes materiales fáciles de adquirir en el mercado nacional, por lo tanto, muy recomendable para su adopción no sólo en el campo sino también en los hogares.

**Secado a cielo abierto.** Para evaluar el secado a cielo abierto, durante el proceso las semillas de marañón se colocaron sobre una base de plástico negra y se cubrieron con una malla delgada procurando no superponerlas, se dejaron hasta la puesta del sol y si no se secaban completamente, se recogían y se almacenaban. Este proceso continúa día tras día, hasta que se completa el proceso de secado y las semillas no muestren variaciones de peso mayores a 0.01 g. La figura 1 muestra el secador solar directo tipo gabinete utilizado (SSD) y secado a cielo abierto.



*Figura 1 Secador solar directo tipo gabinete y secado a cielo abierto.*

## 2.2 Instrumentación

**Humedad.** Para la determinación de la humedad se utilizó un analizador de humedad, marca Boeco modelo BMA 150, con una precisión de  $\pm 0.01$  %mg. Se cortaron las semillas en porciones diminutas y se colocó una muestra de aproximadamente 1.0 g, procediéndose a su deshidratación. Este procedimiento se realizó antes y después de realizar las diferentes cinéticas de secado.

**Actividad de agua ( $a_w$ ).** La actividad de agua es un parámetro que determina la estabilidad de los alimentos con respecto a la humedad ambiental. Se determinó la actividad de agua para la semilla fresca y posteriormente para la seca. Se utilizó un equipo marca Rotronic Hygropalm de tipo portátil, con una precisión de  $\pm 0.01$  % mg.

**Medición de pérdida de peso.** Se utilizó una balanza digital de alta precisión marca Boeco modelo BPS 40 plus. Se midió la pérdida de peso cada hora del día.

**Termómetros.** Se utilizaron termómetros de esfera, marca MeI (exactitud  $\pm 1.0$  °C) y digitales, marca OEM (exactitud 1.0 °C), con

los cuales se midió las temperaturas dentro de las cámaras de secado.

**Condiciones Climatológicas.** Durante el período de pruebas se registraron los parámetros climatológicos en la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería de la UAC.

## 3. Resultados experimentales y discusión

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Secado Solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. El período de pruebas fue del 5 de abril al 4 de mayo del 2018. Para efecto de ejemplificar los resultados obtenidos se consideró un día de prueba soleado, en este caso, el día 26 de abril del 2018.

En la Tabla 1, se presentan las humedades iniciales y finales y actividad del agua de la semilla fresca y seca. Las humedades iniciales y finales obtenidas variaron muy poco, entre 50 % y 65 % y entre 10 % y 9 %, respectivamente.

Tabla 1. Humedades (%) y actividad del agua ( $a_w$ ) iniciales y finales obtenidas en los métodos de secado evaluados.

	Humedad (%)		$a_w$	
	Inicial	Final	Inicial	Final
<b>Temperatura/ Secado solar</b>				
65 °C	62.74	9.70	0.762	0.289
<b>Secado con gabinete</b>	55.26	10.85	0.793	0.209
<b>Secado a cielo abierto</b>	63.5	9.55	0.787	0.1

Fuente: Elaboración propia

Resulta importante mencionar que al momento de ingresar las nueces a los secadores ya se había realizado un pre-secado, lo anterior es parte del proceso de secado convencional ya que es necesario para que se logre retirar a la nuez la cáscara que la cubre, es por esto que la humedad y actividad del agua iniciales ya no tiene los valores propios de una nuez fresca; al realizar las pruebas finales de la nuez ya

procesada en los secadores solares se puede observar que los valores de  $a_w$  obtenidos garantizan que no hay probabilidad de que el producto sea atacado por hongos u otro microorganismo patógeno.

En la Figura 3, se presentan las evoluciones de los parámetros climatológicos durante las pruebas del 26 de abril.

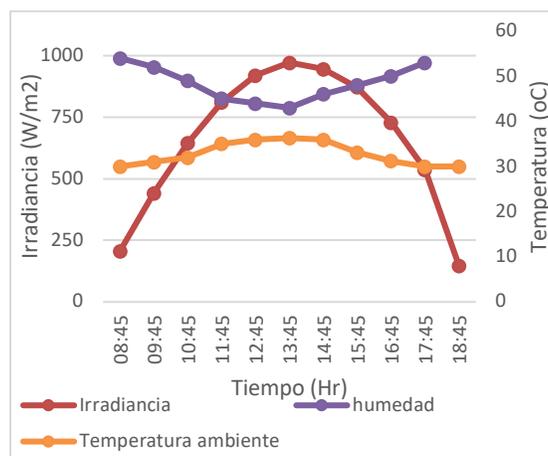


Figura 3 Irradiancia solar global, temperatura ambiente y humedad relativa el día 26 de abril del 2018.

Como puede observarse, durante los días de prueba la irradiancia global máxima alcanzada fue de 980 W/m<sup>2</sup>, siendo el intervalo de los valores máximos promedio entre 850 W/m<sup>2</sup> y 950 W/m<sup>2</sup>. Los valores de la temperatura ambiente oscilaron entre 30 °C y 36.3 °C, la temperatura máxima lograda fue de 38.2 °C. Por otro lado, el valor mínimo que alcanzó la humedad relativa en el día fue 43 %, el

promedio mínimo en los días de prueba varió entre 39 % y 45 %.

### 3.1 Secado no convectivo a temperatura controlada.

Se llevó a cabo la prueba de deshidratación de las semillas de marañón (nuez de la india) obteniéndose la cinética de secado a temperatura controlada de 65 °C, realizándose tres experimentos por cada una de ellas. Las

semillas deshidratadas tuvieron un peso final promedio de 9.3 g en promedio. En el horno eléctrico no convectivo se introdujeron 12 g de semillas. La Figura 4 muestra el

comportamiento del contenido de humedad en base seca para la temperatura establecida, con tiempo de secado de 1080 minutos para la temperatura de 65 °C.

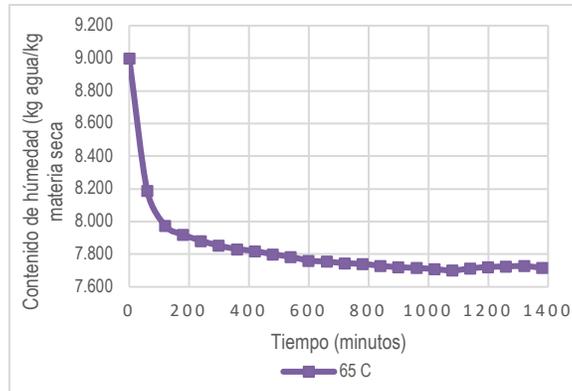


Figura 4. Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 65 °C en el secador eléctrico

La Figura 5, representa la evolución de la velocidad de secado en función del contenido de humedad para la temperatura de 65° de secado. Se presentó una velocidad de secado muy constante y decreciente, no se presentaron periodos de velocidades intermitentes, esto se

puede notar por la linealidad de la gráfica. En el tiempo de secado que fue de 1080 minutos se observa que disminuyó de 9 kg agua /kg materia seca al rango de 7.75, es decir, disminuyó en promedio 1.25 kg.

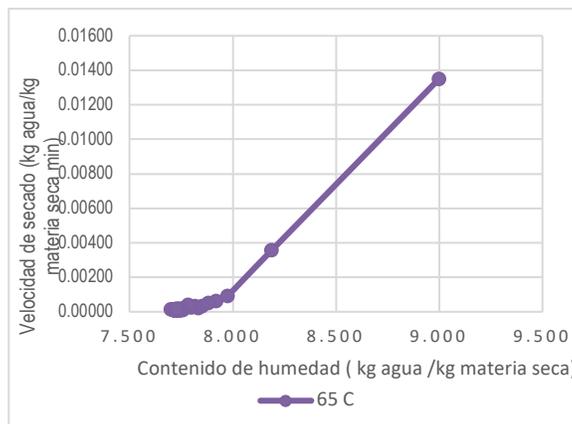


Figura 5. Variación de la velocidad de secado respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 65 °C en el secador eléctrico.

### 3.2 Secado solar directo.

La figura 6 muestra las temperaturas alcanzadas en el interior de la cámara de secado del secador funcionando con convección natural y la irradiancia durante el

26 de abril. Como puede observarse en esta figura, la temperatura en la cámara de secado es relativamente elevada, se obtuvieron hasta 58 °C a las 12 del día, en este momento la irradiancia solar medida fue de 972 W/m<sup>2</sup>.

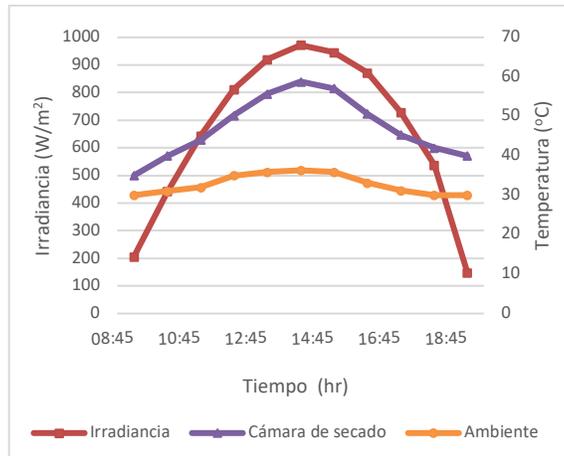


Figura 6. Comportamiento de la irradiancia solar, la temperatura al interior de la cámara de secado del secador solar directo con convección natural y la temperatura ambiente.

En cuanto a la temperatura ambiente, se obtuvieron temperaturas máximas de 38 °C. La coincidencia de las temperaturas más altas en la cámara de secado con la irradiancia solar obtenida en el día de prueba es clara. La figura 7, presenta la evolución del contenido de humedad de las semillas en el secador

funcionando con convección natural, el tiempo de secado fue de 1000 minutos, después de ese tiempo se considera constante el comportamiento de la humedad. En la gráfica se puede notar una pérdida constante sin alteraciones externas.

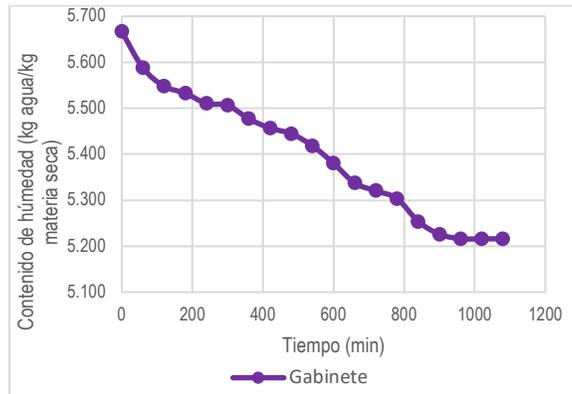


Figura 7. Variación del contenido de humedad en el secador solar directo tipo gabinete con convección natural.

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la velocidad de secado en función del

contenido de humedad en el secador solar tipo gabinete.

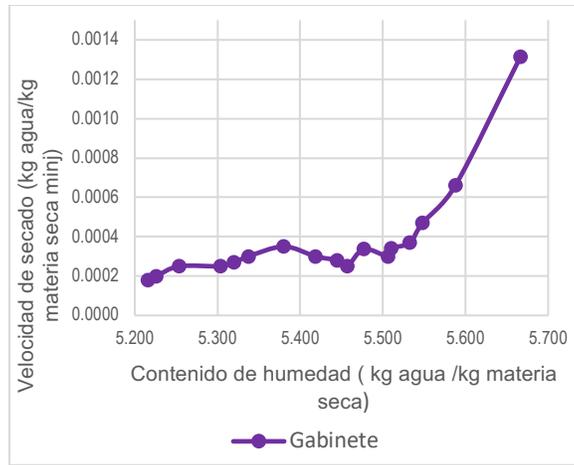


Figura 8. Evolución de la velocidad de secado con respecto a la variación del contenido de humedad obtenido con el secador solar con convección natural.

En el caso del secador con convección natural no se observó ningún periodo de velocidad constante, el tiempo de secado en este tipo de secador fue de 1020 minutos. Resulta importante comparar este tiempo con el obtenido en el horno eléctrico a 65 °C, en el que se encontró la velocidad más alta en un tiempo de secado de 1080 minutos (muy cerca de los tiempos de secado obtenidos en el secador directo con convección natural). Es importante mencionar que el secado a cielo abierto resultó ser la tecnología más lenta además de los inconvenientes que resultan debido a la exposición del producto a deshidratar a las condiciones climáticas y a los insectos, roedores, etc., lo cual contribuye a disminuir la calidad del producto final.

#### 4. Conclusiones

Los tiempos de secado obtenidos en el secador solar tipo gabinete con convección natural

fueron más largos en comparación con el horno eléctrico trabajando a 65°C, sin embargo, considerando el ahorro energético al utilizar ambas tecnologías y el tiempo de secado en ambos casos, resulta importante hacer notar que es bastante considerable el uso de este tipo de secadores, sobre todo para uso doméstico (no industrial), la diferencia del tiempo de secado entre ambos casos máxima fue de 180 minutos, considerando el 100 % de las experimentaciones realizadas.

Los resultados obtenidos muestran que es factible el secado solar de la nuez de la India, sobre todo en los casos de uso no industrial, logrando obtener un producto deshidratado de buena calidad, garantizando un secado uniforme y evitando proliferación de microorganismos dañinos para la salud. Es importante enfatizar en la ventaja con respecto al secado en horno referente al ahorro energético, contribuyendo además al cuidado del medio ambiente y economía familiar.

## Bibliografía

Galdámez Cáceres Antonio. Guía técnica del cultivo del marañón. Programa Nacional de frutas de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1ª. Edición, 2004.

Agenda Estatal de Innovación de Campeche. Documentos de trabajo. Conacyt-Gobierno del Estado. Noviembre del 2014.

FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Fichas Técnicas. Marañón. (*Anacardium occidentale*), 2015. (20100604).

Murillo Olga Marta, Ficha técnica: Industrialización de marañón. Tecnología de alimentos. Dirección de mercadeo y agroindustria área desarrollo de producto, 2014.

Sharma S. K., Ray R. A., Garg H.P. Design and performance studies of a solar dryer suitable for rural applications. *Energy Convers Manage*, 26 (1) (1986), pp. 111–119.

Romero Indira, Díaz Verónica, Aguirre M., Alejandro. “Fortalecimiento de la cadena de valor de los snacks nutritivos con base en fruta deshidratada”. Documentos de Proyecto No. 16. Naciones Unidas-CEPAL-Gobierno de El Salvador, 2016, ONU.

M. Augustus Leon, S. Kumar, S.C. Bhattacharya. A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. *Renew Sustain Energy Rev*, 6 (4) (2002), pp. 367–393.

Plan nacional de Desarrollo 2013-2018. Programa especial para el aprovechamiento de las energías renovables. SENER-Gobierno de la República Mexicana.

Martínez Aguilar Yordan, Marínez, Yero Orlando, Gang Liu, Welkai Ren, Roman Rodríguez Bertot. Effect of dietary supplementation with *Anacardium occidentale* on growth performance and immune and visceral organ weights in replacement laying pullets. *Jornal of food, agriculture & environment*. (11) (3 & 4) 352-1357. 2013.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, Manual de buenas prácticas para la producción y procesamiento de la nuez de marañón (*Anacardium occidentale*). San Salvador, El Salvador, 2016.