

## Características fisicoquímicas de papaya deshidratada en secador solar directo

Ana Consuelo Bahena-Ortega<sup>a\*</sup>, José Luis Valenzuela-Lagarda<sup>a,b</sup>, Elías Hernández-Castro<sup>a</sup>, Yamilet Rodríguez-Lazcano<sup>c</sup>, Enue Barrios-Salgado<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local de la UAGro, Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

<sup>b</sup>Centro Regional de Educación Superior Campus Cruz Grande, Carretera Cruz Grande-Ayutla de los Libres SN, Florencio Villarreal, Guerrero, México.

<sup>c</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" S/N, C.P. 63155, Tepic, Nayarit, México.

\*E-mail de autor responsable: [21250121@uagro.mx](mailto:21250121@uagro.mx)

Recibido 15 marzo 2022, Aceptado 28 marzo 2022.

### Resumen

El estado de Guerrero es uno de los principales productores de mango, coco y papaya en México, gran parte de estos frutos no se comercializan por diversos factores como: la sobre producción, problemas fitosanitarios, bajo precio y falta de canales de comercialización, implicando grandes pérdidas económicas a los productores. Existen diversas alternativas de procesamiento como: la congelación, el enlatado y la deshidratación, este último, es una operación unitaria que consiste en la transferencia simultánea de calor y masa, que permite alargar la vida útil de los alimentos mediante la reducción de su contenido de agua. Dentro de las virtudes de este proceso se encuentra el preservar la calidad nutrimental del alimento, su versatilidad y reducir costos de almacenamiento y distribución. El objetivo del presente trabajo es deshidratar rebanadas de papaya (*Carica papaya L.*) con madurez de consumo de 4 mm y 6 mm mediante deshidratación solar directa, se evaluaron los siguientes parámetros físicos: curvas de secado y porcentaje de rehidratación y parámetros químicos como: pH, sólidos solubles totales (° Brix) y acidez titulable del producto en fresco. La papaya para deshidratar con madurez de consumo tuvo un pH de  $5.2 \pm 0.29$ , sólidos solubles totales  $9.68 \pm 0.82$  y una acidez titulable de 0.1536 %. La muestra que se deshidrató fue de 1 kg de producto en fresco, obteniéndose una pérdida de masa de casi el 90 % en el deshidratador solar directo el cual estaba expuesto a una radiación solar promedio de  $514.98 \text{ W/m}^2$  y una máxima de  $1153 \text{ W/m}^2$ ; con una temperatura media de  $51 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 9 horas. El índice de rehidratación del producto deshidratado fue de  $42.61 \pm 1.19$  % para la muestra de 4 mm y de  $33.86 \pm 0.91$  % para la de 6 mm de espesor, las curvas de secado en deshidratadores solares demuestran que los tiempos de deshidratación son adecuados para efectuar este proceso, la deshidratación solar podría generar una calidad de producto aceptable a un costo relativamente bajo.

**Palabras clave:** deshidratación solar, madurez de consumo, porcentaje de rehidratación.

### 1. Introducción

Pertenciente a la familia de las caricáceas, la papaya (*Carica papaya L.*) es originaria de las zonas tropicales de México y Centroamérica, crece y se desarrolla mejor en zonas cálidas y húmedas. Esta es fruto de los papayos, una planta herbácea de tallo carnoso, frágil, esponjoso y hueco de la parte central, llegando a medir hasta 9 m de altura y sus hojas hasta 80 cm de longitud [1]. Por sus cualidades médico-gastrointestinales es uno de los frutos de mayor demanda a nivel mundial, el cual se consume normalmente en fresco en rebanadas, sola o en coctel con otras frutas [2], [3].

México el cuarto productor de este fruto con 1 118 000 toneladas y principal exportador mundial. Los estados de mayor producción son Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz, Michoacán y en el sexto lugar el estado de Guerrero con una producción anual de 48,444 toneladas en 2020, siendo el 57 % de cultivo por riego [3].

Entre las variedades más conocidas de este fruto están la Maradol, la amarilla, la roja y la amameyada; de forma

periforme casi cilíndrica (10-25 cm o más de largo y 7-15 cm o más de diámetro), grande, carnosa, jugosa, ranurada longitudinalmente en su parte superior, de color verde amarillento o anaranjado cuando esta madura, con numerosas semillas de color negro en su interior [1], [4]. En la papaya Maradol uno de los procesos de transformación puede ser el deshidratado para obtener papaya deshidratada como producto final o como materia prima seca para obtener otros productos como yogurt, mermeladas, cereales, etc. El procesamiento de este fruto es una alternativa para aprovechar cualquier exceso de producción, dando valor agregado al producto, al igual que se generarían empleos e ingresos [5].

El deshidratado se ha utilizado para mejorar la vida útil, reducir los costos de empaque, reducir los pesos de envío, mejorar la apariencia, encapsular el sabor original y mantener el valor nutricional [6], [7].

El deshidratado solar se vuelve una alternativa de conservación de alimentos reduciendo el riesgo de crecimiento de microorganismos, previene la infección por insectos y la contaminación por agentes extraños

como el polvo, además de permitir conservar las propiedades organolépticas de los alimentos como el color, sabor y apariencia de los productos [8].

Debido a la alta demanda de este fruto y a los altos costos de almacenamiento y distribución, en este trabajo se estudian las características fisicoquímicas de la papaya deshidratada en deshidratadores solares directo.

## 2. Parte experimental

### Materia prima

Se seleccionaron papayas (*Carica papaya L.*, cv Maradol) de acuerdo con el color del epicarpio, peso (1.5-2.5 kg) de forma alargada y buena condición física. Los frutos se cosecharon en el municipio Florencio Villarreal, Guerrero (16°41'05.2" Latitud Norte y 99°08'07.4" Longitud Oeste); directamente de la planta mediante la percepción visual del color del epicarpio (50 % rojo-naranja) y se cuantificaron las características fisicoquímicas correspondientes al estado de madurez de consumo (RST5) [9]. Para cada uno de los experimentos se utilizó una muestra de 1000 g de rodajas con espesores de 4 y 6 mm por triplicado.

### Metodología

#### Preparación de la muestra

Las papayas fueron lavadas con agua y jabón, después enjuagadas con agua clorada al 5 %, posterior a ello se eliminó el exceso de agua empleando papel secante. Se almacenaron a 25 °C hasta alcanzar un estado de madurez de consumo RST5.

Las papayas maduras fueron peladas de manera manual, se partieron a la mitad y se le quitó toda la semilla, posteriormente se empleó una rebanadora eléctrica (Torrey RB-300), para rebanar la papaya en rodajas de 4 y 6 mm de espesor, estas fueron colocadas en rejillas para su deshidratación en un secador solar directo con circulación de aire forzada fabricado en el Centro Regional de Educación Superior Campus Cruz Grande de la Universidad Autónoma de Guerrero.

#### Curvas de secado

Las rodajas de papaya fueron colocadas en las rejillas para ser deshidratadas en el deshidratador solar directo, los parámetros de temperatura y radiación solar fueron medidos durante la deshidratación. Para generar las curvas de secado se registró la pérdida de masa de la muestra cada 30 min, durante 9 horas. La curva de secado se evaluó con la siguiente ecuación [6 capítulo 2], :

$$X = \frac{m_{sw} - m_s}{m_s} \quad \text{Ecuación 1}$$

Esta correlación indica que, con un conocimiento de la masa húmeda seca ( $m_{sw}$ ) en función del tiempo [ $m_{sw} = m_{sw}(t)$ ] y de la masa completamente seca de la muestra ( $m_s$ ), es posible trazar el contenido de humedad de la muestra, en función del tiempo.

### Cambio de color del mesocarpio

Para medir los cambios de color en las muestras frescas y deshidratadas se usó un colorímetro triestímulo marca CHN Spec modelo CS-10. Se realizaron las mediciones en el sistema LAB a 3 muestras en fresco tomando medidas en tres puntos diferentes: en el centro y en los dos lados opuestos de la rodaja de papaya; registrando los valores de  $L$ ,  $a$  y  $b$ ; los mismos parámetros fueron evaluados en las mismas muestras deshidratadas. El cambio de color en el producto deshidratado se expresó como el diferencial de color con ayuda de la siguiente ecuación [10]:

$$\Delta E = \sqrt{[(L_s - L_f)^2 + (a_s - a_f)^2 + (b_s - b_f)^2]} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde  $\Delta E$  es la diferencia de color;  $L_s$  y  $L_f$  luminosidad en muestra seca y fresca;  $a_s$  y  $a_f$  coordenada verde-rojo en muestra seca y fresca;  $b_s$  y  $b_f$  coordenada azul-amarillo en muestra seca y fresca.

### Índice de rehidratación

Las rodajas de papaya deshidratadas fueron sumergidas en agua caliente (50 °C) durante 10 min, se retiraron y colocaron en papel secante para retirar el exceso de agua. Para determinar el porcentaje de agua absorbida se utilizó la siguiente ecuación [11]:

$$\% R = \left( \frac{m_f - m_i}{m_i} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $m_i$  es masa inicial deshidratada y  $m_f$  masa final hidratada.

## 3. Resultados y discusión

### Parámetros químicos

El pH de la papaya utilizada fue de  $5.2 \pm 0.29$ , el cual es un valor menor al neutral indicando características ácidas de la fruta; este valor varía dependiendo de la maduración de la fruta en un rango de 4.3-6.0 [9], [12].

Los sólidos solubles totales en la fruta a deshidratar fue de  $9.68 \pm 0.82$ , para papayas silvestres se ha reportado un rango de 8.0-13.5 y para la Maradol de 8-11.5 de sólidos solubles totales [12].

La acidez titulable de la pulpa de la papaya fue de  $0.15 \pm 0.01$  %, en general esta varía de 0.12-0.15 % y se recomienda para personas con gastritis y úlceras gástricas [12]. La acidez titulable aumenta con la maduración del fruto, siendo su punto máximo hasta que la papaya tiene un 75 % de piel amarilla-naranja y después empieza a disminuir [9].

### Parámetros físicos

Las curvas de secado de las rodajas de papaya se muestran en la figura 1, donde se muestra el contenido de humedad de las muestras para los espesores de 4 y 6 mm, se observa que el proceso de deshidratación es más rápido en las rodajas de 4 mm, como se esperaba por ser

de un espesor menor. Después del periodo de adaptación de la muestra en el secador, las curvas de secado presentan la deshidratación a tasa constante desde las 9:00 am a las 12:00 pm y de las 9:00 am a las 12:30 pm para la muestra de 4 y 6 mm respectivamente, con  $X=2.3$  y  $2.53$ . Enseguida se observa el primero y segundo periodo a tasa decreciente, tal como lo describe Geankoplis [13].

Ocoró-Zamora y Ayala-Aponte presentan un resultado similar en deshidratado por tecnología de ventana de refractancia ( $RW^{TM}$ ) de puré de papaya con distintos espesores (2, 3 y 4 mm) [14]. El contenido de humedad inicial del puré de papaya que ellos presentaron fue de  $8.2262 \pm 0.4519 \text{ kg}_{H_2O}/\text{kg}_{sólido \text{ seco}}$ , mientras que para las rodajas de papaya en este estudio fue de  $9.9457 \pm 0.23 \text{ kg}_{H_2O}/\text{kg}_{sólido \text{ seco}}$  para ambos espesores. En cubos de papaya de 1 cm, secado con secadores con bomba de calor con diferentes atmósferas ( $N_2$ ,  $CO_2$  y aire) reportaron un contenido de humedad inicial cerca de  $10 \text{ kg}_{H_2O}/\text{kg}_{sólido \text{ seco}}$  [15]; también similar para cubos de 2 cm secados al vacío por microondas [16].

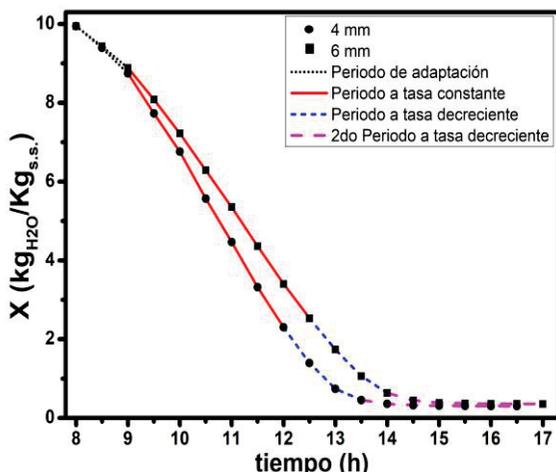


Figura 1. Curvas de secado de rebanadas de papaya

Por lo general, los procesos térmicos cambian el color original de los productos, especialmente en alimentos como frutas y verduras que contienen mucha agua, carbohidratos, proteínas y fracciones de lípidos. Estos compuestos se modifican fácilmente en condiciones de secado a alta temperatura y dan como resultado la degradación de la calidad de los alimentos [6]. El secado también cambia el sabor y, a menudo, la apariencia de un alimento. La aceptación de ese cambio varía según el usuario final.

En la Figura 2 se observan las muestras en fresco, deshidratadas y rehidratadas, en donde los cambios de color total en las rodajas de papaya deshidratadas fueron de  $8.82 \pm 1.93$  y  $5.46 \pm 1.67$  para los espesores de 4 y 6 mm, respectivamente. Y en muestras rehidratadas los cambios de color fueron de  $9.85 \pm 3.98$  y  $6.2 \pm 3.47$ , para 4 y 6 mm, respectivamente. Valores mucho más pequeños que los obtenidos en cubos de 1 cm secados con secadores con bombas de calor con atmósfera de aire en

el cual el  $\Delta E$  fue de 20 [15].

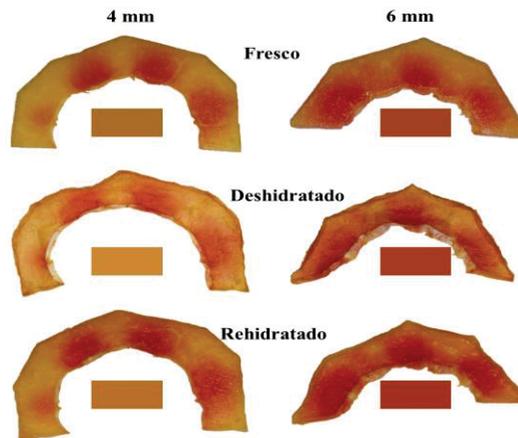


Figura 2. Rodajas de papaya en fresco, deshidratadas y rehidratadas de 4 y 6 mm de espesor.

La rehidratación es el proceso que se utiliza para restaurar las propiedades de la materia prima cuando fue deshidratada. Cuanto más porosos son los productos deshidratados más rápido se rehidratan y la velocidad cambia con respecto a la temperatura del agua [17]. La capacidad de rehidratación en papaya no se ve afectada por la temperatura [15]. En las rodajas de 4 y 6 mm el porcentaje de rehidratación a  $50^\circ\text{C}$  fue de  $42.61 \pm 1.19$  y  $33.84 \pm 0.91$ , respectivamente. Este comportamiento puede deberse al hecho de que a espesores mayores es menor el daño celular en el alimento.

#### 4. Conclusiones

Las curvas de secado en deshidratadores solares demuestran que los tiempos de deshidratación son adecuados para efectuar este proceso. Las muestras con 6 mm de espesor conducen a una mejor apariencia física, debido a que el cambio de color es menor que al de la muestra de 4 mm, siendo de  $5.46 \pm 1.67$  y  $8.82 \pm 1.93$  respectivamente. El porcentaje de rehidratación es mayor en los espesores de 4 mm, lo que se debe a un daño celular mayor debido al proceso de secado. La deshidratación solar podría generar una calidad de producto aceptable a un costo relativamente bajo.

#### 5. Agradecimientos

Agradecimientos a los productores de papaya del Municipio Florencio Villarreal por el apoyo brindado en la recolección del fruto de papaya, al Centro Regional de Educación Superior Campus Cruz Grande por el uso de sus instalaciones para el procesamiento del fruto y a la Dra. Ana Rosa García Angelmo por su apoyo en la deshidratación solar.

#### 6. Referencias

- [1] S. P. Singh y D. V. Sudhakar Rao, «Papaya (*Carica papaya* L.)», en *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, Elsevier, 2011, pp. 86-126e. doi: 10.1533/9780857092618.86.

- [2] J. A. Alcántara Jiménez, C. Aguilar Carpio, S. Leyva Bautista, y Á. O. Alcántara Nazario, «Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica», *Remexca*, vol. 10, n.º 3, pp. 575-584, may 2019, doi: 10.29312/remexca.v10i3.1498.
- [3] Servicio de información agroalimentaria y pesquera, «Panorama agroalimentario 2021», Edición 2021, 2021.
- [4] C. H. Wijaya y F. Chen, «FLAVOUR OF PAPAYA (*Carica papaya L.*) FRUIT», vol. 20, n.º 1, p. 22, 2013.
- [5] S. P. M. Germer, C. C. Ferrari, J. P. Lancha, S. A. G. Berbari, S. M. Carmello-Guerreiro, y C. R. G. Ruffi, «Influence of Processing Additives on the Quality and Stability of Dried Papaya Obtained by Osmotic Dehydration and Conventional Air Drying», *Drying Technology*, vol. 32, n.º 16, pp. 1956-1969, dic. 2014, doi: 10.1080/07373937.2014.924963.
- [6] A. S. Mujumdar, «Handbook of Industrial Drying», p. 1279, 2006.
- [7] J. Barragán-Iglesias, J. Rodríguez-Ramírez, S. S. Sablani, y L. L. Méndez-Lagunas, «Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya L.*, cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration», *Drying Technology*, vol. 37, n.º 7, pp. 906-919, may 2019, doi: 10.1080/07373937.2018.1473420.
- [8] K. Rajarajeswari, K. V. Sunooj, y A. Sreekumar, «Thermal Investigation and Food Quality Analysis on a Solar Tunnel Drier», *Curr Sustainable Renewable Energy Rep*, vol. 3, pp. 108-112, 2016, doi: 10.1007/s40518-016-0051-3.
- [9] J. Barragán-Iglesias, L. L. Méndez-Lagunas, y J. Rodríguez-Ramírez, «Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya L.* cv. Maradol) during ripening on-tree», *Scientia Horticulturae*, vol. 236, pp. 272-278, jun. 2018, doi: 10.1016/j.scienta.2017.12.012.
- [10] Pilar Dolz Zaera, «EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE FRUTO EN MANZANO: ESTUDIO DE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS DE ANÁLISIS», Ingeniero Técnico Agrícola, Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina Zaragoza, 2008.
- [11] S. Kerdpi boon y S. Devahastin, «Fractal Characterization of Some Physical Properties of a Food Product under Various Drying Conditions», *Drying Technology*, vol. 25, n.º 1, pp. 135-146, feb. 2007, doi: 10.1080/07373930601160973.
- [12] J. R. Cabello, Y. D. Hernández, y A. P. González, «EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO EN PAPAYA SILVESTRE (*Carica papaya L.*) DE CUBA», vol. 35, n.º 3, p. 10, 2014.
- [13] C. J. Geankoplis, *Transport processes and unit operations*, 3. ed. London: Prentice-Hall Internat, 1993.
- [14] M. U. Ocoró-Zamora y A. A. Ayala-Aponte, «INFLUENCIA DEL ESPESOR EN SECADO DE PURÉ DE PAPAYA (*Carica Papaya L.*) POR TECNOLOGÍA DE VENTANA DE REFRACTANCIA®», p. 8, 2013.
- [15] M. N. A. Hawlader, C. O. Perera, M. Tian, y K. L. Yeo, «Drying of Guava and Papaya: Impact of Different Drying Methods», *Drying Technology*, vol. 24, n.º 1, pp. 77-87, feb. 2006, doi: 10.1080/07373930500538725.
- [16] N. A. Zaki, I. I. Muhamad, y L. Salleh, «DRYING CHARACTERISTICS OF PAPAYA (*CARICA PAPAYA L.*) DURING MICROWAVE-VACUUM TREATMENT», *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, p. 7, 2007.
- [17] M. K. Krokida y C. Philippopoulos, «Rehydration of Dehydrated Foods», *null*, vol. 23, n.º 4, pp. 799-830, abr. 2005, doi: 10.1081/DRT-200054201.