

## **Cinética de secado de fruta bomba (*Carica papaya* L., cv. Maradol Roja) mediante los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente**

### *Kinetic of drying papaya fruit (*Carica papaya* L., cv. Maradol Roja) by means osmotic dehydration and hot air flow*

Ing. Daybelis Fernández Valdés<sup>1</sup>, M.Sc. Sahylin Muñiz Becerá<sup>1</sup>, Dr.C. Annia García Pereira<sup>1</sup>,  
M.Sc. Rafael Cervantes Beyra<sup>1</sup>, Ing. Dayvis Fernández Valdés<sup>11</sup>

<sup>1</sup> Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>11</sup> Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Zacatenco, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Ciudad de México, México.

**RESUMEN.** La deshidratación es uno de los métodos más utilizados para la conservación de frutas y vegetales, mediante su uso se logra extender los períodos de almacenamiento preservando siempre la calidad de los productos. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento cinético de las principales propiedades de la fruta bomba (*Carica papaya* L., cv. Maradol Roja) durante los procesos agroindustriales de deshidratación osmótica (DO) y por flujo de aire caliente (DAC). Las frutas se cortaron en cubos (trozos) de 2,5 x 2,5 x 1,0±0,02 cm (ancho, largo y espesor) y se deshidrataron mediante DO (60 °C durante 10 horas) y DAC (60 °C durante 5 horas). Durante la deshidratación se monitoreó la variación de la masa, la firmeza y el porcentaje de pérdida de peso (Pp) de las frutas en ambos procesos y para el procesamiento estadístico se utilizó el software Startgraphics Plus versión 5,1. Como resultado no se hallaron diferencias significativas de las propiedades evaluadas (masa, pérdida de peso y firmeza) entre los procesos de DO y DAC por lo que se obtienen resultados similares por ambos métodos; sin embargo, con respecto al tiempo de deshidratación para ambos métodos si se encontraron diferencias significativas entre dichas propiedades.

**Palabras clave:** cinética de deshidratación, fruta bomba, propiedades físico-mecánicas.

**ABSTRACT.** The dehydration is one of the methods used for the conservation of fruits and vegetables, by it use it is possible to extend the storages periods, keeping the quality of the products. The objective of this research was analyze the kinetics behavior of the mains properties of the papaya (*Carica papaya* L., cv. Red Maradol) through agroindustrial processes of osmotic dehydration (DO) and hot air flow (DAC). During the investigations the fruits were diced in piece of size 2,5 x 2,5 x 1,0±0,02 cm and they were dehydrated through of DO (60 °C during 10 hours) and DAC (60 °C during 5 hours). Was determined the mass, the firmness and the loss of weight (Pp) in both processes and was used the software Startgraphics Plus v.5,1 for the statistical analyze. As main results, don't was find difference between the processes DO and DAC, for that reason can be used both method; nevertheless, respect the dehydration time for both processes was find significant difference for the properties evaluates.

**Keywords:** kinetic of dehydration, papaya fruit, properties physical-mechanic.

## **INTRODUCCION**

Más del 20% de los productos hortofrutícolas producidos, se pierden durante la etapa poscosecha como consecuencia de factores de orden tecnológico como: inadecuado proceso de recolección, embalaje y almacenamiento, así como, insuficientes vías para la transportación (Gómez *et al.*, 2003; Almeida *et al.*,

2011). De ahí que los procesos de deshidratación constituyen una de las alternativas más utilizadas en la reducción de las pérdidas poscosecha a partir del empleo de diversos métodos entre los que se destacan la deshidratación por flujo de aire caliente, el secado solar, la liofilización, la deshidratación osmótica y

el secado por microondas, aplicados para la conservación de frutas, granos y vegetales (Vega y Lemus, 2006).

El proceso de deshidratación tiene como objetivo conservar la calidad de los alimentos mediante la disminución del contenido de humedad, lo que evita la contaminación microbiológica de los productos durante el almacenamiento y alarga su tiempo de vida útil (Aguilar, 2012; Urfalino, 2014).

Uno de estos métodos más utilizados lo constituye el de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente ya que los mismos mejoran las propiedades del producto final manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad y especialmente valor nutritivo por tal motivo muchas investigaciones han dedicado su estudio sobre el uso y aplicación de éstos aplicados a una amplia gama de productos agrícolas, Barrera *et al.* (2009) y Arteaga *et al.* (2014) en Lúcumá; en piña Ferreira y Costa (2009); Ayala *et al.* (2010), en pitahaya amarilla; Kurozawa *et al.* (2012) en papaya; Botello, (2014) en mango; entre otros.

La DO es una técnica de conservación que consiste en sumergir trozos de frutas en una solución hipertónica (solución osmótica) compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, ocurriendo una doble transferencia de sustancias (agua de la fruta a la solución y solutos de la solución a la fruta). Este método mejora las propiedades de calidad del producto final deshidratado (color, sabor, textura, firmeza, etc.) (Ayala *et al.*, 2009; Flores-Andrade *et al.*, 2013; Zare, 2014).

El secado por flujo de aire caliente es uno de los procesos más utilizados para la deshidratación de frutas por ser eficiente, productivo, económico y de fácil manejo gracias a las nuevas tecnologías. Este método de deshidratación, elimina el agua de los alimentos por medio de calor mediante la evaporación, lo que impide el crecimiento de algunas bacterias que no pueden vivir en medios secos (Vásquez Osorio *et al.*, 2014).

La importancia de potenciar la Agroindustria en Cuba constituye una de las líneas fundamentales que figura en la política económica de nuestro país, donde la estrategia a seguir es la búsqueda de métodos factibles que contribuyan al aumento de la producción de alimentos alargando el tiempo de vida útil de los productos mediante el empleo de procesos de conservación como la deshidratación. Razón por la cual se motiva esta investigación que tiene como objetivo evaluar la cinética de los procesos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la fruta bomba (*Carica papaya* L., cv Maradol Roja) para ser aplicados en la agroindustria cubana.

Por lo que resulta de vital importancia en este sentido, potenciar el desarrollo de la industria procesadora de productos agrícolas, mediante el empleo de procesos de conservación como la deshidratación. Razón que motiva a esta investigación que tiene como objetivo evaluar la cinética de los procesos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la fruta bomba (*Carica papaya* L., cv Maradol Roja) para ser aplicados en la agroindustria cubana.

## MÉTODOS

Frutos de fruta bomba (*Carica papaya* L., variedad Maradol Roja) fueron recolectados en la Finca “La Asunción”, ubicada en el municipio San José de la Lajas, provincia Mayabeque, cuidando que no presentaran daños físicos en su exterior y en estado de madurez 4 (pintona) según la norma mexicana NMX-FF-041-SCFI:07, con humedad relativa (HR) en el campo de 76,2% y temperatura promedio de 24,5°C. La investigación fue realizada en el Laboratorio de Química de la facultad de Agronomía de la UNAH. Posteriormente las frutas se lavaron, se pelaron y se trocearon en cubos de 2,5 x 2,5 x 1,0 ± 0,02 cm para ser sometidos a los procesos de DO y DAC.

### Determinación de las principales propiedad físico-mecánicas y químicas de la fruta bomba (*Carica papaya* L., cv Maradol Roja) en estado fresco y deshidratado

Se determinaron las principales propiedades de calidad de la fruta bomba en estado fresco<sup>1</sup> y deshidratado<sup>2</sup>.

#### Físico-mecánicas

**Talla.** Se determinó utilizando un calibrador pie de rey de 0 a 150 ± 0,05 mm de precisión.

**Masa.** Se determinó mediante una balanza electrónica (LG - 1001<sup>a</sup>) de 0 a 1000 g con precisión de 0,1 g y un porcentaje de error de 0,001.

**Firmeza.** Se determinó a partir del principio Magness-Taylor con un Durómetro digital, modelo CEMA-C08.

**Pérdida de peso (Pp).** Se calculó determinando la diferencia entre el peso inicial de la fruta fresca y el peso final de la fruta deshidratada empleando una balanza experimental modelo Santorius de 0 a 1 000 g/ 0,1 g con un porcentaje de error de 0,001 g y mediante la ecuación:

$$Pp = \frac{\sum_{i=1}^n m_i - \sum_{i=1}^n m_f}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

donde:

Pp – pérdida de peso, %;

$m_i$  – masa inicial de fruta, g;

$m_f$  – masa final de fruta, g.

**Coefficiente y ángulo de fricción estático.** Se determinó utilizando una rampa con ángulo de inclinación y mediante tres superficies (acero, goma y madera. Se graduó con un semicírculo de 0,5° de precisión, se varió la superficie desde 0° hasta el valor del ángulo en el cual la fruta comenzó a deslizarse, se obtuvo el ángulo de fricción estático ( $\alpha$ ) y se determinó el coeficiente de fricción por la siguiente expresión:

$$f = \tan \alpha \quad (2)$$

<sup>1</sup> GARCÍA, Y.: Evaluación de la calidad de la Piña Variedad Cayena Lisa, cosechada en el Municipio Jaruco, Tesis (en opción al título de Master en Ciencias), Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2010.

<sup>2</sup> MUÑIZ, S.: Evaluación de la calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) variedad Maradol Roja como fruta fresca y después de ser sometida a procesos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente, Tesis (en opción al título de Ingeniero Mecanizador), Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2009.

donde:

f - Coeficiente de fricción estático;

$\alpha$  - ángulo de fricción estático.

### Químicas

**pH.** Para la determinación del pH de la muestra de pulpa se usó un peachímetro digital (modelo PHSJ - 4A) previamente calibrado.

**SSC.** Se determinó utilizando un refractómetro manual, modelo CARLZEISS de 0 a 30° Brix (0,05 precisión) previamente. La medición de los grados Brix se realizó con el jugo extraído colocando una gota en el prisma del refractómetro, realizando luego la lectura.

## Proceso de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la fruta bomba (Carica papaya L.) variedad Maradol roja

### Deshidratación Osmótica

Trozos de fruta bomba cortados en cubos de 2,5 x 2,5 x 1,0 ± 0,02 cm fueron sometidos inicialmente a tratamientos de hidróxido de calcio, ácido cítrico y ácido ascórbico a fin de mejorar la textura, el pH y el sabor final del producto. Posteriormente se realizó la deshidratación osmótica empleando una solución de sacarosa comercial de 70° Brix de concentración a 60 °C de temperatura durante un tiempo de 5 horas, mediante una relación fruta: almíbar de 1:4. La solución osmótica o jarabe se elaboró teniendo en cuenta las Normas de Calidad para las conservas vegetales (BOE-30-11:84, BOE-3-12:84). Concluido el proceso de osmosis, las frutas se deshidrataron mediante flujo de aire caliente con velocidad de aire de 2,0 ± 0,2 m/s y temperatura de secado de 60 °C por 5 horas utilizando una estufa eléctrica digital modelo Venticell, con rangos de temperatura desde 0-800 °C.

### Deshidratación por flujo de aire caliente

Se realizó empleando una estufa eléctrica digital modelo Venticell, a una temperatura de 60 °C durante 5 horas a una velocidad de flujo de aire de 2,0 ± 0,2 m/s.

### Determinación de la cinética de deshidratación de la fruta y procesamiento estadístico de los datos

La cinética de deshidratación describe la velocidad de cambio que presentan las propiedades de las frutas durante el tiempo de duración de los procesos de deshidratación, ver Figura 1. Durante la investigación se determinó el comportamiento cinético de las propiedades pérdida de peso, masa y firmeza de la fruta bomba deshidratada mediante los procesos de DAC y DO, monitoreadas en intervalos de 30 y 60 minutos durante todo el tratamiento, hasta corroborar que el producto perdiera entre el 60 y 85% de su masa inicial<sup>3</sup>. Para el caso del proceso

de DO se comenzó a monitorear a partir de las 5 horas, debido a que previamente estaba en tratamiento de osmosis.

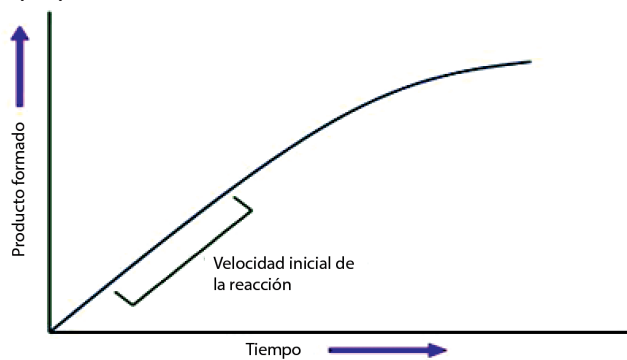


FIGURA 1. El cambio o variación de las propiedades en función del tiempo de deshidratación<sup>4</sup>.

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus para Windows 5,1 y la prueba de Varianza múltiple para las variables firmeza, pérdida de peso y masa; siendo los factores el tipo de proceso (DO y DAC) y el tiempo. Se verificó en cada caso el cumplimiento de los supuestos teóricos, se estableció un nivel de significación de 0,05 para un 95% de intervalo de confianza en esta prueba y se aplicó la dócima de comparación de Duncan en el caso necesario. Por otra parte, para describir la cinética del comportamiento de las propiedades con respecto al tiempo se realizó un análisis de regresión no lineal a partir del modelo de Brody dado por la ecuación:

$$f(t) = A(1 - be^{-kt}) \quad (3)$$

donde:

$f(t)$  - comportamiento cinético de la variable en el tiempo;

$A$ ,  $b$  y  $k$  - parámetros a estimar;

$t$  - tiempo de deshidratación.

Para la bondad de ajuste se tuvo en cuenta el coeficiente de determinación, significación del modelo, la dócima de DW y el error estándar de estimación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de la determinación de las principales propiedades físico-mecánicas y químicas de Carica papaya L. entera y deshidratada

La Tabla 1, muestra los valores de las propiedades de la fruta bomba fresca entera y cortada en cubos. Según se observa, el pH y SSC de la fruta coincide en ambos casos para la fruta bomba entera y cortada, no siendo así en el caso de la firmeza donde se aprecia una disminución sustancial de los valores de la fruta entera con respecto a la cortada en cubos, lo que se justifica debido a que en el primer caso la fruta presentaba cáscara y en el segundo caso no.

<sup>3</sup> VILLASEÑOR, P.C.: Análisis físico y mecánico de frutos de melón, Tesis (en opción al título de Doctor en Ciencias), Colegio de posgraduados, México, 2005.

<sup>4</sup> MUÑOZ, S.: Evaluación de la calidad de la fruta bomba (Carica papaya L.) variedad Maradol Roja como fruta fresca y después de ser sometida a procesos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente, Tesis (en opción al título de Ingeniero en Mecanización Agropecuaria), Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2009

**TABLA 1. Propiedades de calidad de las frutas frescas enteras y en cubos**

Fruta	Masa, g	Talla, cm	SSC, %	pH	Firmeza, kgf/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Fricción, f		
						Acero	Madera	Goma
<b>Entera</b>	<b>3680</b>	<b>15,35</b>	<b>4</b>	<b>5,82</b>	<b>1,45</b>	<b>0,49</b>	<b>0,42</b>	<b>0,51</b>
<b>Piezas</b>	<b>7,39</b>	<b>2,5 x 2,5 x 1,0±0,02 cm</b>	<b>4</b>	<b>5,82</b>	<b>0,38</b>	<b>0,84</b>	<b>0,70</b>	<b>0,90</b>

Referente al coeficiente de fricción estático, en ambos casos para las tres superficies analizadas (acero, madera y goma), el mayor valor obtenido se presenta en la superficie de goma y el menor valor para ambos coeficientes se obtiene en madera, ello es motivado debido a que la superficie utilizada de madera estaba cepillada por lo que la misma presentaba relativamente un buen acabado y una baja rugosidad superficial con respecto a las demás.

La Tabla 2, muestra los resultados de las propiedades de la fruta bomba fresca y sometida a procesos de DO y DAC. Se observa que la masa para ambos métodos disminuye siendo más marcada en el caso de la DAC (79% de la masa inicial) en donde hay una disminución constante de la propiedad debido a la evaporación de la humedad tisular<sup>5</sup> no siendo así en la DO a la cual durante las primeras 5 horas se le realiza un pretratamiento de osmosis donde ocurre un intercambio pasivo de solutos desde la solución de sacarosa hacia la fruta los cuales se cristalizan dentro de la célula al aplicarle altas temperaturas y como resultado solo se pierde un 69% de la masa inicial.

**TABLA 2. Propiedades de los cubos de *Carica papaya* L. fresca y deshidratada por DO y DAC**

Cubos	Masa, g	Talla, cm	Firmeza, kg/cm <sup>2</sup>	SSC, %	pH	Pp, %	Coeficiente de Fricción, f		
							Acero	Madera	Goma
<b>Antes DO</b>	<b>6,80</b>	<b>2,5 x 2,5 x 1,0±0,02</b>	<b>0,25</b>	<b>4</b>	<b>4,4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Después DO</b>	<b>2,11</b>	<b>1,8 x 1,8 x 1,0±0,02</b>	<b>1,42</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>69</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>0,73</b>
<b>Antes DAC</b>	<b>7,38</b>	<b>2,5 x 2,5 x 1,0±0,02</b>	<b>0,38</b>	<b>4</b>	<b>4,4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Después DAC</b>	<b>1,48</b>	<b>1,3 x 1,3 x 1,0±0,02</b>	<b>1,37</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>79</b>	<b>0,73</b>	<b>0,62</b>	<b>0,78</b>

En el caso de la firmeza, se manifiesta un aumento de la propiedad frente a ambos procesos pero la misma varió significativamente al emplear la DO debido a la cristalización de los azúcares en la superficie del producto donde se produce un endurecimiento de la capa superficial<sup>6</sup>, estos resultados concuerdan con los logrados Muñiz *et al.* (2011).

### Cinética del proceso de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de *Carica papaya* L

En las Figuras 2, 3 y 4, se encuentran reflejados los principales resultados de las propiedades de la fruta: masa, firmeza y pérdida de peso (Pp) para la DAC y DO. En ambos métodos la masa decrece al aumentar el tiempo del proceso de deshidratación como es característico de estos, pero en el caso de la DO ocurre una ralentización del proceso debido a que en el tratamiento de ósmosis durante las primeras 5 horas del proceso sucede una salida importante de agua desde el producto hacia la solución, una entrada de soluto desde la solución hacia el

alimento y una mínima pérdida de solutos propios del alimento, hasta que se estabiliza el proceso y comienza entonces la deshidratación hasta mantenerse constante en las últimas dos horas para ambos procesos<sup>7</sup>. Los resultados obtenidos coinciden con los de Chavarro *et al.* (2006).

El comportamiento de la firmeza según se desarrollan ambos métodos describe una tendencia al aumento desde que comienza el secado por aire caliente; obteniéndose mayores valores en el caso del producto secado por DO. Dicha propiedad manifiesta este comportamiento a consecuencia de la pérdida de agua y el endurecimiento superficial que sufre la corteza debido a la cristalización de los azúcares contenidos en el jarabe que se utilizó como solución osmótica<sup>8</sup>.

Por otra parte, en la DAC durante las primeras 4 horas del proceso las piezas de fruta comenzaron a experimentar un aumento en los valores de firmeza como consecuencia de la pérdida de agua por evaporación y al aumento del contenido de masa seca; lo que provoca a su vez, un endurecimiento de la corteza superficial de la misma, que coincide con lo planteado

<sup>5</sup> APONTE, A.; AYALA, A.: Aplicación de la deshidratación osmótica e impregnación a vacío en la ciprotección de mango, Tesis (en opción al título de Ingeniero), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2001.

<sup>6</sup> FERNÁNDEZ, R.: Evaluación de las principales propiedades de calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.), variedad Maradol Roja deshidratada a través de los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente, Tesis (en opción al título de Ingeniero Mecanicador), Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2011.

<sup>7</sup> DELL, A.P.: Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente, Tesis (en opción al título de Master en Ciencias), Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina, 2010.

<sup>8</sup> PÉREZ, M.; CARDOZO, C.J.; CIRO, H.J.: Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorantes, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia, 2005.



por Vega-Gálvez *et al.* (2007), los cuales refieren que el producto deshidratado presenta una dureza superficial de la corteza, lo que es apreciable durante el proceso de masticación del mismo.

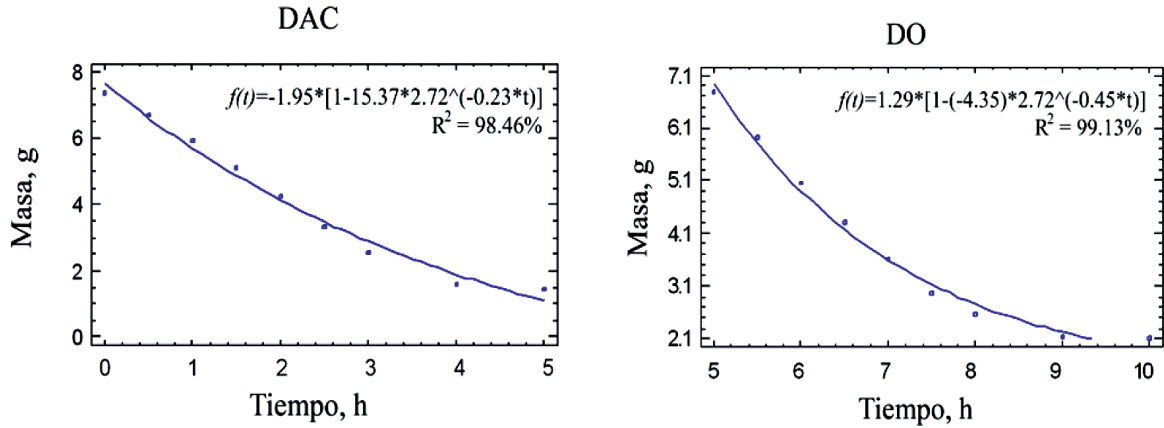


FIGURA 2. Modelación matemática de la masa durante los procesos de DO y DAC de *Carica papaya* L.

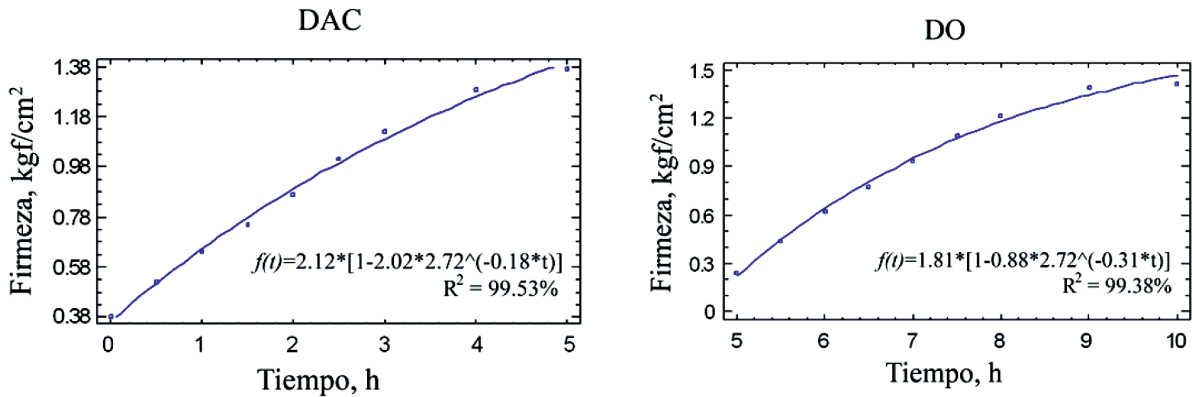


FIGURA 3. Modelación matemática de la firmeza durante los procesos de DO y DAC de *Carica papaya* L.

En el caso de la pérdida de peso, la misma aumentó durante ambos procesos de deshidratación y presentó un comportamiento casi constante durante las últimas dos horas. En la DAC, la disminución de la masa es más marcada ya que en las primeras 4 horas la fruta comienza a presentar valores más significativos de pérdida de peso hasta sufrir una disminución de un 89% de su peso inicial; debido principalmente, a que no presenta un primer momento de ósmosis. Estos resultados se corresponden con los reportados por Zapata *et al.* (2002).

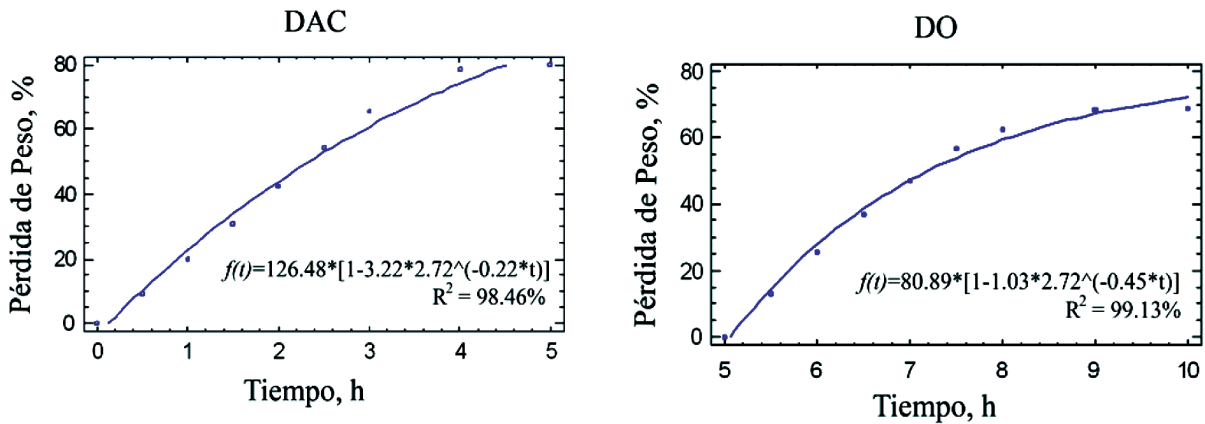


FIGURA 4. Modelación matemática de la pérdida de peso durante los procesos de DO y DAC de *Carica papaya* L.

### Comportamiento de las variables medidas en cada uno de los procesos frente a los factores evaluados

En el análisis estadístico realizado se pudo constatar que las variables manifestaron comportamientos diferentes frente a los dos factores en estudio (proceso de deshidratación y tiempo). En la Tabla 2, se presentan estos valores.

**TABLA 2. Resumen estadístico del comportamiento de las variables evaluadas frente a los factores**

Factores	P-Valor		
	Firmeza	Pérdida de Peso	Masa
Tipo de proceso	0,4404	0,9407	0,1384
Tiempo	0,0000	0,0000	0,0000

De lo mostrado se puede interpretar que los valores alcanzados por la masa, la pérdida de peso y la firmeza de la fruta no variaron de manera significativa ( $p > 0,05$ ) entre los procesos de DO y por DAC, por lo que se interpreta que la deshidratación de la fruta bomba se puede realizar por ambos procesos sin que se manifieste alteraciones marcada de sus propiedades<sup>9</sup>. No obstante, para el factor tiempo el comportamiento cinético de las propiedades sí presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) para cada una de las variables evaluadas (Tabla 3), por lo que se infiere que las propiedades físico-mecánicas de la fruta se modifican en el tiempo a medida que transcurre el proceso de deshidratación, resultados similares a los obtenidos por (García *et al.*, 2013).

**TABLA 3. Comportamiento cinético de las propiedades evaluadas frente al tiempo**

Tiempo (h)	Firmeza	Pérdida de Peso	Masa
0	0,25a	0a	6,80a
0,5	0,44b	13,0882b	5,91a
1	0,62c	25,7353c	5,05ab
1,5	0,78d	36,9118d	4,29bc
2	0,94e	47,0588e	3,60cd
2,5	1,09f	56,6176f	2,95de
3	1,22f	62,5fg	2,55ef
4	1,39g	68,3824g	2,15fg
5	1,42g	68,9706g	2,11g

\*Letras diferentes indican diferencias significativas.

## CONCLUSIONES

- No se encontró diferencias significativas de las propiedades evaluadas (masa, pérdida de peso y firmeza) entre los procesos de DO y DAC, por lo que se obtienen resultados similares por ambos métodos. No obstante, la disminución de la masa y el aumento de la pérdida de peso son menos acentuada en la deshidratación por osmosis debido al aumento de los contenidos de sacarosa en el citoplasma celular.
- En ambos métodos de deshidratación varió de manera significativa la cinética de las propiedades físico-mecánicas frente al tiempo. La masa disminuyó mientras que la pérdida de peso y firmeza aumentaron en los trozos de frutas al incrementar el período de exposición a los procesos, con  $R^2$  mayores del 98%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, J.: *Métodos de conservación de alimentos*, edit. Eugenia Buendía López, Ed. Red Tercer Milenio, 1a. ed., pp. 192, ISBN-978-607-733-150-6, 2012.

ALMEIDA, A.C.; REIS, J.D.P.; SANTOS, D.S.; VIEIRA, T. de O.; DA COSTA, M.O.: “Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles”, *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, ISSN-2218-4384, 2 (1): 049-060, 2011.

ARTEAGA, S.; FLORES, C.; JARA, J.; GUEVARA, C.: “Harina de lúcuma (*Pouteria obovata*) obtenida por método combinado aire caliente y microondas”, *Agroindustrial Science*, ISSN-2226-2989, 3 (2): 107-116, 2014.

AYALA, A.; SERNA, L.; GIRALDO, C.: “Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* S.) empleando soluciones de sacarosa”, *Interciencia*, ISSN-0378-1844, 34 (7), 2009.

AYALA, A.A.; GIRALDO, C.J.; SERNA, L.: “Cinéticas de Deshidratación Osmótica de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus* S.)”, *Interciencia*, ISSN-0378-1844, 35 (7), 2010.

B.O.E.: *Norma de calidad para la conserva vegetales*, BOE-30-11:84, Madrid, Vig. 1984a.

B.O.E.: *Norma de calidad para la conserva vegetales*, BOE-3-12:84, Madrid, Vig. 1984b.

<sup>9</sup> CONTRERAS, C.: Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), Universidad Politécnica de Valencia, España, 2006.

- BARRENA, M.Á.G.; MAICELO, J.L.Q.; GAMARRA, O.A.T.; CÁRDENAS, R.D.A.: "Cinética de Secado de Lúcumo (*Pouteria lucuma* L.)", *Aporte Santiaguino*, ISSN-2070-836X, 2 (2): 271-281, 2009.
- BOTELLO, M.A.E.: "Deshidratación osmótica de cubos de mango (*Mangifera indica*) Estudio del efecto de tamaño de partícula, temperatura y tiempo de deshidratación", [en línea] *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, ISSN-2007-901X, 7 (14), 2014. Disponible en: <http://132.248.10.25/era/index.php/rera/article/view/456> [Consulta: 25 de agosto de 2014].
- CHAVARRO, C.; OCHOA, M.; OPONTE, A.: "Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya (*Carica papaya* L., var. Maradol)", *Ciencia y Tecnología de los alimentos*, ISSN-0864-4497, 26 (3): 596-603, 2006.
- FERREIRA, S.R.; COSTA, A.R.S.: "Parámetros de Transferencia de Materia en el Secado de Frutas", *Información Tecnológica*, ISSN-0716-8756, 20 (2): 89-104, 2009.
- FLORES-ANDRADE, E.; PASCUAL-PINEDA, L.A.; JIMÉNEZ, M.; BERISTAIN, C.I.: "Efecto de la proteína de suero de leche-sacarosa en la deshidratación osmótica de manzana", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12 (3): 415-424, 2013.
- GARCÍA, A.; MUÑIZ, S.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, L.: "Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 22 (1): 62-69, 2013., 2013.
- GÓMEZ, P.; GARRIDO, G.; ALMAGRO, M.: "Pérdida de alimento frutihortícolas durante la poscosecha. Consideraciones bioética", *Persona y Bioética*, ISSN-0123-3122, 7 (19): 15, 2003.
- KUROZAWA, L.E.; DUPAS, M.H.; JIN, K.P.: "Glass transition phenomenon on shrinkage of papaya during convective drying", [en línea] *Journal of Food Engineering*, ISSN-0260-8774, DOI-10.1016/j.jfoodeng.2011.07.033, 108: 43-50, 2012.
- MUÑIZ, S.; GARCÍA, A.; CALDERÍN, A.; HERNÁNDEZ, A.: "Evaluación de la calidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) variedad Maradol Roja deshidratada utilizando el método de deshidratación osmótica (DO)", *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 20 (1): 52-56, 2011.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Norma mexicana para fruta bomba*, NMX-FF-041-SCFI, México, Vig. 2007.
- URFALINO, D.P.: "Ajuste de tiempos de inmersión en técnicas combinadas de deshidratado de duraznos", *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, ISSN-0325-8718, 40 (1): 67-74, 2014.
- VÁSQUEZ OSORIO, D.C.; VÉLEZ ACOSTA, L.M.; HINCAPIÉ LLANOS, G.A.: "Análisis de las propiedades nutricionales y funcionales de la guayaba seca", *Ingeniería y Universidad*, ISSN-2011-2769, 18 (1): 159-176, 2014.
- VEGA, A.; LEMUS, A.: "Modelado de la Cinética de Secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*)", *Información tecnológica*, ISSN-0716-8756, 17 (3): 23-31, 2006.
- VEGA-GÁLVEZ, A.; PALACIOS, M.; BOGLIO, F.; PÁSSARO, C.; JERÉZ, C.; LEMUS-MONDACA, R.: "Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia", [en línea] *Ciencia y Tecnología de alimentos*, ISSN-0101-2061, DOI-10.1590/S0101-20612007000300008, 27 (3), 2007.
- ZAPATA, J.; CARVAJAL, L.; OSPINA, N.: "Efectos de la concentración de solutos y la relación jarabe / fruta sobre la cinética de deshidratación osmótica de papaya en láminas", *Interciencia*, ISSN-0378-1844, 27 (5), 2002.
- ZARE, V.P.N.: "Secado del tarwi (*Lupinus mutabilis*) por métodos combinados: deshidratación osmótica y microondas con aire caliente", *Agroindustrial Science*, ISSN-2226-2989, 3 (2): 155-165, 2014.

**Recibido:** 09 de febrero de 2014.

**Aprobado:** 22 de septiembre de 2014.

**Publicado:** 28 de diciembre de 2014.

Daybelis Fernández Valdés, Profesora, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**Correo electrónico:** [dfernandez@unah.edu.cu](mailto:dfernandez@unah.edu.cu)