

## EVALUACIÓN DEL SECADO POR CONVECCIÓN DE LA GUAYABA (*Psidium guajava* L.) VARIEDAD MANZANA

Gustavo A. Hincapié Llanos\*<sup>†</sup>, Jaime A. Barajas Gamboa\*, Zuleyma Arias  
Gómez\*.

\**Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigaciones Agroindustriales  
(GRAIN) Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, Bloque 9 of.219R,  
Medellín, Colombia.*

Recibido 15 Septiembre 2011; aceptado 19 Octubre 2011  
Disponibile en línea: 16 Diciembre de 2011

Resumen: Se sometió la guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad manzana a secado con aire caliente a 40, 50 y 60°C, y se evaluó la incidencia de la temperatura en la Capacidad de Rehidratación (C.R), la Capacidad de Retención de Agua (C.R.A), la Capacidad de Adsorción de Lípidos (C.A.L) y el contenido de Vitamina C. La C.R aumenta con las temperaturas de secado y las temperaturas de inmersión, con excepción de 80°C para la guayaba deshidratada a 50 y 60°C; la Vitamina C se degrada entre un 64.02 y un 74.98% a las diferentes temperaturas de secado.  
*Copyright © 2011 UPB.*

*Palabras clave:* Vitamina C, Secado con Aire, Propiedades Funcionales, *Psidium guajava* L.

Abstract: The drying characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) variety apple were investigated at 40, 50 and 60°C with hot-air. The incidence of the temperature was evaluated in the rehydration capacity (RC), water retention capacity (WRC), fat adsorption capacity (FAC) and the content of vitamin C. Rehydration capacity increases with drying and immersion temperatures, except 80°C for dehydrated guava at 50 and 60°C, vitamin C demean between 64.02 and 74.98% for different drying temperatures.

*Keywords:* Vitamin C, air-drying, functional properties, *Psidium guajava* L.

### 1. INTRODUCCIÓN

La cinética de secado describe los mecanismos de transferencia de calor entre un sólido y un gas y permite investigar la influencia de determinadas variables del proceso sobre la humedad y la eliminación de compuestos volátiles. Durante el almacenamiento de alimentos los principales parámetros a controlar son la temperatura, la humedad relativa o la actividad de agua. El deterioro y pérdida de los nutrientes debido a reacciones, dependen del contenido total de humedad de los alimentos y de la actividad de agua que contengan ([Demian, 1990](#)), de ahí la

importancia de la cinética de secado para analizar las variables descritas anteriormente, que permitan aumentar la vida útil del producto y lo conserven en óptimas condiciones.

Los tejidos parenquimatosos y paredes celulares de frutas y hortalizas son fuente de Fibra Dietaria (FD); desde un punto de vista químico la FD se compone de celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, y b-glucanos ([Figuerola, et al, 2005](#); [Gallaher & Schneeman, 2001](#)). Los componentes de la FD se agrupan en dos grandes clases: Fibra Dietaria Soluble (FDS), que está formada por los polímeros solubles en agua, como pectinas y las

<sup>†</sup> Autor al que se le dirige la correspondencia:  
Tel. (+574) 4488388 ext 13279  
E-mail: [gustavo.hincapie@upb.edu.co](mailto:gustavo.hincapie@upb.edu.co) (Gustavo Hincapié).

gomas, y la Fibra Dietaria Insoluble (FDI), donde la celulosa, hemicelulosa y lignina están incluidos ([Thebaudin & Lefebvre, 1997](#)).

La mayoría de los productos de FD con mayor consumo son los derivados de cereales, sin embargo en la última década materiales con alta FD a partir de frutas (cítricos, manzana, y otros) se han venido desarrollando. La FD concentrada de frutas tiene en general mejores cualidades nutricionales de las que se encuentran en los cereales, debido a su significativo contenido de compuestos bioactivos asociados (flavonoides, carotenoides, etc) y composición más equilibrada (mayor contenido de fibra en general, una mayor relación FDS/FDI, capacidad de retención de agua y grasa, un valor más bajo de energía metabólica y contenido de ácido fólico) ([Chau & Huang, 2003](#); [Jiménez-Escrig, et al, 2001](#)).

La presencia de cantidades significativas de compuestos bioactivos, tales como flavonoides y carotenoides en la FD de frutas le aportan un considerable valor nutritivo. Las propiedades antioxidantes de los flavonoides y carotenoides provienen de su capacidad de enlazar radicales libres que atacan fácilmente los ácidos grasos saturados presentes en las membranas celulares, causando la peroxidación, disminución de la permeabilidad y el daño de las membranas proteicas, lo que lleva a la inactivación celular ([Saura-Calixto, 1998](#)). Productos ricos en fibra han ganado popularidad como ingredientes de alimentos por los beneficios en la salud y han fomentado a los científicos de alimentos para buscar nuevas fuentes de fibra y desarrollar productos con altos contenidos de estos compuestos ([Chau & Huang, 2003](#)). Un alto consumo de fibra dietaria se asocia con la prevención, reducción y el tratamiento de algunos padecimientos, tales como enfermedades coronarias del corazón ([Anderson et al., 1994](#); [Gorinstein et al., 2001](#); [Villanueva et al, 2003](#)).

Otro compuesto de gran importancia es la vitamina C o L-ácido ascórbico (L-treo-2-hexenona-1,4-lactosa), es una vitamina soluble en agua que interviene en las reacciones de oxidoreducción, siendo un nutriente esencial en los seres humanos. La degradación del ácido ascórbico es susceptible a condiciones ambientales tales como la temperatura y la

actividad de agua ([Singh & Lund, 1984](#)). Se observa generalmente que si el ácido ascórbico es retenido, otros nutrientes también se conservan. De esta manera el ácido ascórbico es considerado como un parámetro de calidad nutricional durante procesos de transformación y almacenamiento de los alimentos ([Fennema, 1977](#)).

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es un fruto nativo de los trópicos americanos. Es de importancia comercial por su sabor y aroma. Los tipos y cantidades de azúcares determinan el sabor de las guayabas. En general los azúcares totales aumentan inicialmente y luego disminuyen durante la maduración. Es conocida por su alto contenido de importantes componentes nutricionales como la vitamina A, niacina, riboflavina, vitamina C, conteniendo valores desde 486 hasta 871 mg de vitamina C/100 g de fruta fresca, en función de la variedad; también tiene un alto contenido de hierro ([Somarriba, 1985](#)) y de fibra (2.8 hasta 5.5 g/100 g de fruta). Presenta bajo contenido de carbohidratos, grasas, proteínas ([Pérez et al, 2008](#)). Además de sus propiedades nutritivas esta fruta es muy apetecible debido a sus propiedades sensoriales (sabor y color) ([Steinhaus et al, 2008](#); [Mercadante et al, 1999](#)).

Diversas investigaciones muestran que los frutos de guayaba contienen cantidades importantes de compuestos fenólicos y que su ingesta puede contribuir a una adecuada actividad antioxidante ([Patthamakanokporn et al, 2008](#)). Sin embargo las proporciones relativas de su composición química cambian de acuerdo a la variedad y las condiciones ambientales tales como el clima y el suelo. La guayaba manzana es un híbrido de *Psidium guajava* L, variedades Klom sali, Klom toon; se le denomina "la fruta reina" por ser la más completa en nutrientes: vitaminas, proteínas, sales minerales y oligoelementos; contiene altos niveles de vitaminas A, B1, B2 y C; sin embargo aún falta por determinar cerca del 60% de su probable contenido vitamínico. ([Méndez y Orejuela, 2007](#)).

Se han desarrollado diversos estudios que pretenden evaluar la deshidratación osmótica de la guayaba, la cual consiste en la inmersión de los productos en soluciones de azúcar o sal y trae consigo ventajas frente a los procesos tradicionales de secado como: inhibición del

pardeamiento enzimático con la retención del color natural, aumento en la retención de componentes volátiles después del secado y bajo consumo de energía ([Machado de Sousa et al., 2003](#)).

Al mismo tiempo se ha evaluado el efecto del vacío sobre la deshidratación osmótica de rodajas de guayaba con el propósito de conservar las propiedades nutricionales de la fruta fresca, empleando soluciones de azúcar, ácido cítrico y cloruro de sodio y calcio en las cuales se sumergen rodajas de guayaba para evaluar concentración de azúcar, presión de vacío y tiempo de remojo, encontrando que las condiciones óptimas del proceso son: concentración 1249.75 g/litro; tiempo 151.75 minutos y presión de vacío de 12.12 pul de Hg ([Parra et al., 2010](#)).

Los estudios recientes concluyen que la utilización de osmodeshidratación en procesos de secado de la guayaba permite alcanzar en soluciones de sal o azúcar rangos entre 55 y 65 °Brix ([Florez et al., 2008](#); [Machado de Sousa et al., 2003](#)).

Por todas estas características, la guayaba puede ser promovida como una fruta de calidad superior respecto a otras, no solo por su textura y sabor sino también por sus cualidades nutricionales. Actualmente hay una gran variedad de productos procesados de guayaba, tales como mermeladas, jaleas, jugos y refrescos. El objetivo de este estudio fue determinar la cinética de secado de la guayaba manzana a 40, 50 y 60°C y a una velocidad del aire de 2 m/s y evaluar su incidencia en el contenido de vitamina C, en la capacidad de rehidratación (C.R) y en las propiedades funcionales de la fibra dietaria, como son la capacidad de retención de agua (C.R.A) y la capacidad de adsorción de lípidos (C.A.L).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 *Materia Prima*

La guayaba manzana fue adquirida en la central minorista de Antioquia, Colombia. Se seleccionaron frutas con dureza media entre 7 y 8 Kg/cm<sup>2</sup> y 8.9 y 9 °Brix.

### 2.2 *Análisis Proximal*

Se determinó el contenido de humedad por el método AOAC 7.003/84, 930.15/90 con un horno de circulación forzada marca Thermolab Dies a 105°C hasta peso constante, cenizas por el método AOAC 7.009/84, 942.05/90 calentando en una mufla marca Blinder, por un tiempo de 2 horas entre 500 y 550°C, extracto etéreo por el método AOAC 7.060/84, 920.39/90 realizando un montaje Soxhelt empleando éter de petróleo como solvente. La proteína total se determinó por el Método Kjeldahl–Gunning–Arnold, adaptado Griffin 1955. El contenido de fibra cruda se determinó según metodología AOAC 7.066/84. 962.09/90 basada en la digestión ácida y básica de la muestra seca libre de extracto etéreo. El contenido de acidez se halló por método volumétrico, expresándose como g de ácido cítrico/100 g de muestra seca (M.S.). Todas estas metodologías descritas en el análisis proximal fueron adaptadas a la guayaba manzana.

### 2.3 *Cinética de Secado*

Se seleccionaron lotes homogéneos de producto de acuerdo a la caracterización realizada. Las guayabas fueron cortadas transversalmente con un espesor de 5 mm y sometidas a secado por convección con aire caliente a tres (3) temperaturas (40, 50 y 60°C) y a una velocidad constante del aire de 2 m/s, de acuerdo con lo referenciado en estudios de secado por convección en otras frutas.

El proceso de secado por aire caliente se llevó a cabo en un secador de convección forzada ubicado en el laboratorio de ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana (U.P.B.). Este equipo permite controlar y registrar las variables del proceso, tales como la temperatura de bulbo seco, la velocidad del aire y la humedad relativa. El peso del producto es registrado por una balanza marca CASH, modelo de precisión 0.01 g conectada a un ordenador para la adquisición de datos en tiempo real. Se redujo el tamaño de las muestras deshidratadas y se pasaron por un tamiz N° 80.

#### 2.4 Capacidad de rehidratación (C.R)

Se tomaron 2 g de muestra deshidratada (Po), se colocaron dentro de un filtro de acero inoxidable y se determinó el peso al tiempo cero, el filtro se introdujo en 200 mL de agua destilada sin agitación por 10 minutos, el agua se drenó, el filtro se secó por fuera sin abrirlo y se pesó. El peso de la muestra rehidratada corresponde a (P1). La operación se repitió cada 10 minutos durante 2 horas y se realizó a 20, 40, 60 y 80°C del medio de inmersión (agua) ([Guevara y otros, 2006](#)). Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$C.R = \frac{(P1 - P0)}{P0}$$

Se expresa como g de agua ganada/g de base seca (b.s); ([Marín et al., 2006](#))

#### 2.5 Capacidad de retención de agua (C.R.A)

Se pesaron 0.5 g de cada muestra seca (Po) en tubos de centrífuga, se adicionaron 10 mL de agua destilada y fueron agitados manualmente durante 10 minutos. Las muestras se dejaron en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos, se decantó el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1). El porcentaje se calculó mediante la siguiente ecuación ([Marín et al., 2006](#)):

$$C.R.A = \frac{(P1 - P0)}{M.S. \text{ de Muestra Deshidratada}}$$

#### 2.6 Capacidad de Adsorción de Lípidos (C.A.L)

Se pesaron 0.5 g de cada muestra seca (Po) en tubos de centrífuga, se adicionaron 10 mL de aceite de girasol y se agitaron manualmente durante 10 minutos. Las muestras se dejaron en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos, se decantó el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1). El porcentaje se calculó mediante la siguiente ecuación ([Femenia et al., 2007](#)):

$$C.A.L = \frac{(P1 - P0)}{M.S. \text{ de Muestra Deshidratada}}$$

#### 2.7 Determinación de vitamina C

Con la muestra obtenida del proceso de secado por convección se determinó el contenido de vitamina C por el método colorimétrico de la 2-nitroanilina, estandarizado en el departamento de Química de la Universidad Nacional de Bogotá. Se empleó un equipo Shimadzu UV-Vis 1600, el extracto problema se extrajo con solución de ácido oxálico al 0.15 % y se leyó la absorbancia a 540 nm.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Composición química

La guayaba manzana presentó un contenido de humedad del 85.52%, ver [Tabla 1](#), comparable a la determinada a la misma variedad de guayaba por [Narváez, \(2009\)](#) que fue de 91.08 g de agua/100g de muestra húmeda (M.H.), el valor obtenido se puede comparar con diferentes frutas que tienen un alto contenido de agua en su composición: 84.53 g de agua/100g de M.H. en guayaba roja ([Corrêa et al., 2010](#)), 84.3 g de agua/100g de M.H. en guayaba criolla ([Medina y Pagano, 2003](#)) y 86.3 g de agua/100g de M.H. en frutas de naranja ([Garau et al., 2007](#)).

Tabla 1. Composición química de la guayaba manzana.

Componente	Cantidad	Unidades
Humedad	85,52	g/100 g M.H.
Cenizas	5,960	g/100 g M.S.
Lípidos	0,106	g/100 g M.S.
Proteína	4,006	g/100 g M.S.
Fibra	38,05	g/100 g M.S.
Acidez	0,304	g de A. cítrico/ 100 g M.S.
Vitamina C	832.7	mg Vit. C/100g M.S.

El contenido de cenizas fue similar al de la piel de la uva con 5.7 g/100 g de muestra seca (M.S.) ([Bravo & Saura-Calixto, 1998](#)) y superior al del mango con 2.8 g/100 g de M.S. ([Vergara et al., 2007](#)). La cantidad de lípidos fue cercana a la

guayaba roja con 0.24 g/100 g de M.S. (Corrêa et al., 2010) y a frutas de naranja con 0.23 g/100 g de M.S. (Garau et al., 2007). El contenido de proteína tomó valores similares en el mango con 4.0 g/100 g de M.S. (Vergara et al., 2007) y superiores en cítricos con 2.2 g/100 g de M.S. (Chau & Huang, 2003). La fibra total fue mayor que en la guayaba roja con 10.65 g/100 g de M.S. (Corrêa et al., 2010) e inferior que en los limones mexicanos con 66.7 y 70.4 g/100 g de M.S. (Ubando et al., 2005). El contenido de acidez es similar a algunas variedades de frutos de guayaba, con valores entre 0.19 y 0.34 g de A. cítrico/100 g de M.S. (Laguado et al., 1995); también presentó valores similares que la acidez de la guayaba manzana con valores de 0.38 g de A. cítrico/100 g de M.S. en el estudio realizado por Narváez, (2009) e inferior a la guayaba roja que tuvo 0.7 g de A. cítrico/100 g de M.S. (Corrêa et al., 2010). Esta variedad de guayaba tiene una composición similar a las otras variedades de guayaba mencionadas, pero presenta un porcentaje de fibra alto (38.05 % en base seca), lo que permite realizar estudios sobre las propiedades funcionales de la fibra presente.

El contenido de vitamina C en base seca (832.70 mg Vit. C/100 g de M.S.) estuvo en el intervalo de 11 a 1160 mg/100 g de M.S. obtenido en estudios relacionados (Chan et al., 1986; Wilson, 1980), a su vez esta cantidad fue superior a la guayaba pera (641 mg Vit. C/100 g de M.S.) y contiene valores inferiores a la guayaba blanca (1107 mg Vit. C/100 g de M.S.) y a la guayaba regional roja (1880 mg Vit. C/100 g de M.S.) (Narváez, 2009). Los rangos tan amplios en el contenido del ácido ascórbico en la guayaba se deben a varios factores, entre los cuales tenemos: a) el estado de maduración del fruto, el cual es mayor en las guayabas verdes y ligeramente maduras, declinando en las completamente maduras; b) su distribución en la fruta no es uniforme, su contenido es mayor en la piel y muy poco en la pulpa central (Piñera et al., 1997). Existen reportes en los que se indica que la contribución del ácido dehidroascórbico a la vitamina C varía entre 1,6 hasta 40,6% para frutas y entre 71,9 hasta 100% para hortalizas (Gökmen et al., 2000).

### 3.2 Cinética de secado

En la cinética de secado de la guayaba manzana, ver Fig. 1, se observa el claro efecto de la temperatura sobre el proceso de secado, ya que al aumentar la temperatura del aire disminuye el tiempo de secado, alcanzando una humedad de equilibrio cercana a 0.08 Kg agua/Kg sólido seco (s.s) cuando se sometió a temperaturas de 50 y 60°C, empleando menos tiempo para una temperatura de 60 °C (16.5 horas) que para 50°C (23 horas). Después de 30 horas de someter la guayaba a una temperatura de secado de 40°C se alcanzó una humedad de 0.51 Kg agua/Kg s.s. Resultados similares obtuvieron Vega y Lemus, (2006) con el secado de la Papaya Chilena; Simal et al., (2005) con kiwi y Chua et al., (2000) en el secado de guayaba.

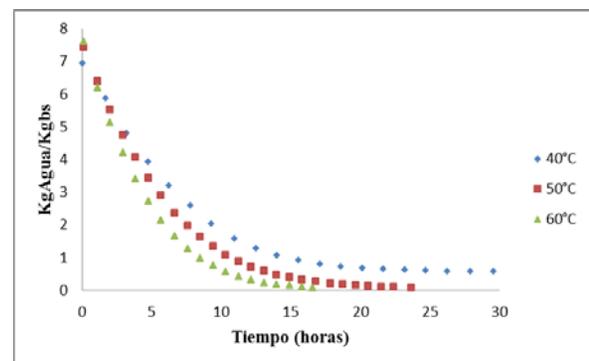


Fig.1. Cinética de secado de la guayaba manzana a 40, 50 y 60 °C, a una velocidad del aire de 2 m/s.

La humedad de equilibrio estuvo por debajo de 0.11 Kg agua/Kg s.s. cuando se sometió la guayaba manzana a temperaturas de secado de 50 y 60°C, Así se evita el ataque de hongos y levaduras; la humedad final de este producto no debe ser superior a 0.16 Kg agua/Kg s.s. (Govindarajan, 1985).

El efecto de la temperatura en las curvas de secado es mayor durante la etapa inicial y va disminuyendo hacia la última etapa. Este efecto es atribuido a la rápida redistribución de la humedad y a la migración hacia la superficie de la muestra en la etapa inicial de secado como consecuencia del aumento del calor sensible adquirido a una mayor temperatura del aire. El resultado es un aumento en la tasa de evaporación

de humedad de la superficie de la muestra (Chua et al., 2000).

### 3.3 Capacidad de rehidratación (C.R)

En la Fig. 2 se observa que a medida que aumenta la temperatura de inmersión aumenta la capacidad de rehidratación de la guayaba manzana deshidratada a 40°C, llegando a un máximo de 3.3 g de agua ganada/g de b.s. después de 120 minutos de rehidratación. En la Fig 3 se observa que cuando la guayaba manzana deshidratada a 50°C es rehidratada nuevamente, presenta un fenómeno diferente, cuando la temperatura de inmersión es 80°C la recuperación de agua es más rápida que a las otras temperaturas (20, 40 y 60°C), pero después de 30 minutos se empieza a estabilizar y alcanza solamente 3.1 g de agua ganada/g de b.s. después de 120 minutos; este mismo valor se alcanza a una temperatura de inmersión de 40°C; lo mismo sucede cuando se rehidrata la guayaba manzana que se secó a 60°C, ver Fig. 4, en la temperatura de inmersión de 80°C, a los 20 minutos se empieza a estabilizar alcanzando valores de 3.8 g de agua ganada/g de b.s., siendo más alto a temperatura de inmersión de 40 y 60°C, que alcanzaron valores por encima de 4.0 g de agua ganada/g b.s. El fenómeno que se presenta con la guayaba manzana deshidratada a 50 y 60 °C se debe al desmoronamiento del fruto al ser rehidratado a temperaturas de inmersión de 80°C, lo cual produce pérdida del peso del producto, lo que no permite que alcance valores mayores, caso similar se presentó en la rehidratación del aguacate variedad Hass, al ser rehidratado a temperaturas altas (Arriola y otros, 2006). La guayaba manzana deshidratada a 40°C, presentó tasas de rehidratación menores que las deshidratadas a 50 y 60°C, pero conserva mejor su estructura, ya que a temperaturas altas de inmersión no presenta desmoronamiento con la consecuente pérdida de peso.

A medida que aumenta la temperatura de secado, aumenta la C.R. La guayaba manzana a 60°C presentó las más alta capacidad de rehidratación (4.13 g de agua ganada/g b.s.) pero con temperaturas del medio de inmersión de 40 y 60°C. Esto se debe a que esta temperatura incide sobre las características estructurales y espaciales de la fibra (afinidad por el agua de sus

componentes) que juegan un papel importante en la cinética de absorción de agua.

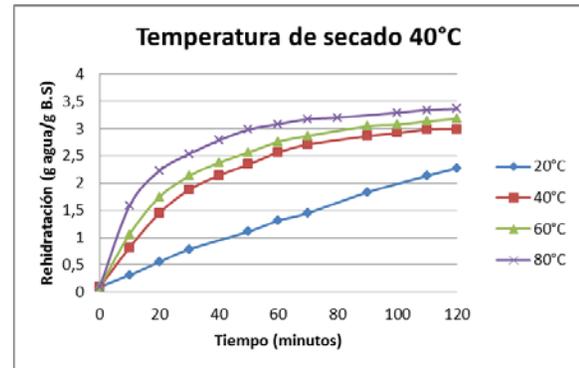


Fig. 2. Capacidad de Rehidratación de la guayaba manzana deshidratada a 40°C. Temperaturas de inmersión 20, 40, 60 y 80 °C

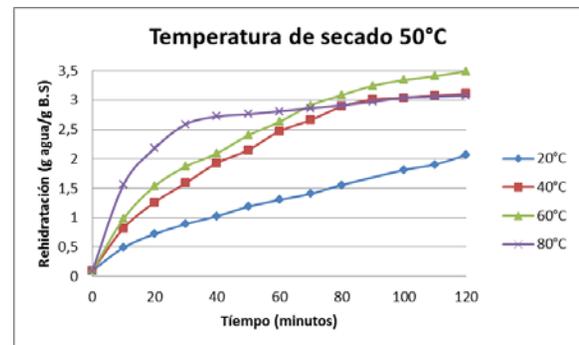


Fig. 3. Capacidad de Rehidratación de la guayaba manzana deshidratada a 50°C. Temperaturas de inmersión 20, 40, 60 y 80 °C

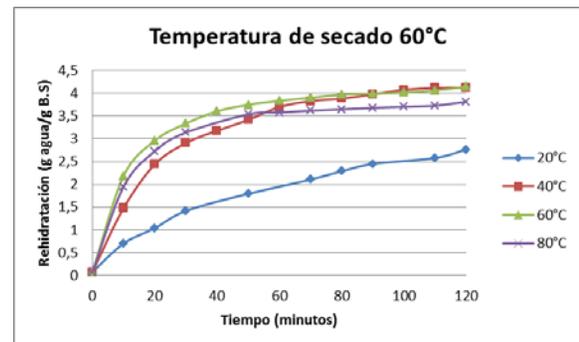


Fig. 4. Capacidad de Rehidratación de la guayaba manzana deshidratada a 60°C. Temperaturas de inmersión 20, 40, 60 y 80 °C

De acuerdo con [López et al. \(1996\)](#), el agua podría ocupar un lugar en estructuras de la fibra capilar como resultado de la resistencia a la tensión superficial, y el agua también puede interactuar con componentes moleculares de la fibra a través del hidrógeno o en formas dipolo.

### 3.4 Capacidad de retención de agua (C.R.A)

Como se observa en la [Fig. 5](#), La C.R.A aumentó a medida que aumentaba la temperatura de secado de la guayaba manzana, este fenómeno se puede observar en la C.R. del mismo producto. Aunque estos valores solo pueden ser comparados con el mismo producto, resultados similares se presentaron en el secado de cáscara de naranja con valores entre 5 y 7 g de agua/ g de muestra deshidratada ([Hincapié y otros, 2010](#)) y en variedades de frutas de tunisia ([Borchani et al., 2010](#)) con 3.64–6.28 g de agua/ g de muestra deshidratada. Otros estudios muestran valores mayores de C.R.A, el mango presentó valores cercanos a 11 g de agua/g de muestra deshidratada ([Larrauri et al, 1996](#)) y la lima mexicana seca presentó valores entre 6.96 y 12.84 g de agua/g de muestra deshidratada ([Chau & Huang, 2003](#))

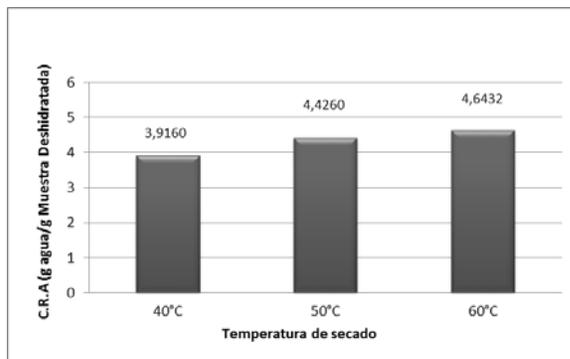


Fig. 5. Capacidad de Retención de Agua de la guayaba manzana deshidrata a 40, 50 y 60°C.

El aumento de los valores con la temperatura, podría deberse al alto contenido de fibra dietaria soluble presente en la guayaba y que permite que haya mayor retención de agua por la gelificación de sus componentes ([Agustiniano-Osorio et al., 2005](#)). Se ha demostrado que las fibras de las frutas con valores de CRA entre 4-5 g de agua/g de muestra deshidratada son útiles como

emulsionantes para productos cárnicos y agentes espesantes ([Ferguson y Fox, 1978](#)).

### 3.5 Capacidad de adsorción de Lípidos (C.A.L)

La C.A.L de la guayaba manzana presentó un fenómeno contrario a la C.R.A; ver [Fig. 6](#), mientras los valores fueron similares cuando el producto fue deshidratado a 40 y 50 °C, tuvo una disminución cuando el producto se secó a 60°C. Éstos valores son similares a los medidos por [Vergara-Valencia et al \(2005\)](#) quienes obtuvieron entre 1.0 y 1.5 g aceite/g de muestra deshidratada para 40°C, 60°C y 80°C a partir de rebanadas de mango con piel; pero fueron inferiores a otros valores reportados para la C.A.L en otros productos deshidratados; para la piel de mango 2.7 g de aceite/g de muestra deshidratada ([Larrauri et al., 1996](#)) y en fibra de piel cítrica valores de 2.35-5.09 g del aceite/g de muestra deshidratada ([Chau Huang, 2003](#)), este último estudio presentó una disminución de la C.A.L a medida que aumentaba la temperatura de secado. [Hincapié y otros \(2010\)](#) en su estudio de cáscara de naranja, mostraron valores de C.A.L similares a temperaturas de secado de 40 y 50°C y una disminución a 60°C.

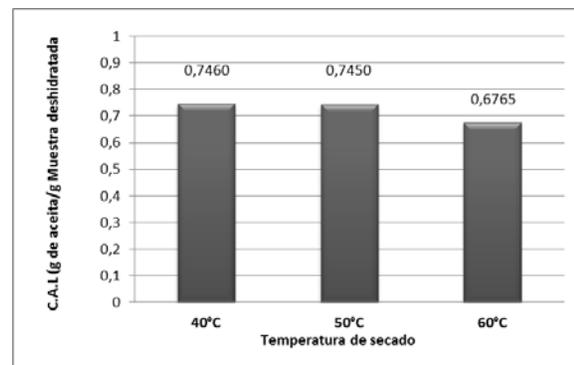


Fig. 6. Capacidad de Adsorción Lípidos de la guayaba manzana deshidrata a 40, 50 y 60°C.

### 3.6 Contenido de vitamina C

Se pudo observar que el contenido de vitamina C, 832.7 mg/100 g de M.S., en la guayaba fresca disminuye significativamente con el aumento de la temperatura de secado ya que acelera la degradación de vitamina C en los frutos secos; se presentó una disminución de 64.02%, 64,64% y

74.98% para 40, 50 y 60°C, respectivamente. Entre 40 y 50°C el contenido vitamina C no varía mucho por lo que el efecto de la temperatura en estos rangos es muy similar. Ver [Fig. 7](#).

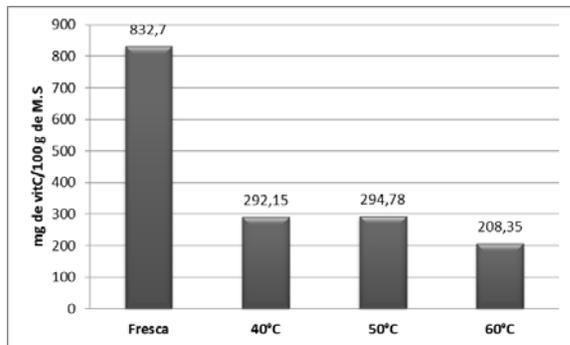


Fig. 7. Influencia de las temperaturas de secado en el contenido de vitamina C, expresado como mg de vitamina C/100 g de M.S.

La degradación de la vitamina C al aumentar la temperatura se puede observar en papas ([McMinn et al., 1997](#)), en tomates ([Marfil et al., 2008](#)), en guayaba y papaya ([Hawllader, 2006](#)), y en kiwi ([Kaya et al. 2010](#)). Para explicar la pérdida de vitamina C en el proceso de secado se tienen en cuenta varios factores como los “efectos de dilución” ([Villota y Karel 1980](#)) que pueden, en parte, proporcionar una explicación a este comportamiento. Cuando las muestras tienen un alto contenido de humedad (como la guayaba manzana 85.52%), el nivel de agua presente diluye la concentración de ácido ascórbico, lo que induce un ritmo relativamente lento de la reacción.

Durante las primeras etapas de secado los tejidos celulares conservan un alto grado de integridad de la membrana y por tanto imparten cierto grado de protección a los componentes degradables de la célula. Sin embargo, con el secado del producto, la compactación celular se debilita, esto induce a una aceleración de la cinética de reacción, y por lo tanto, a una mayor degradación de ácido ascórbico ([McMinn et al., 1997](#)).

#### 4. CONCLUSIONES

La cinética de secado permitió determinar que ha 60°C la pérdida de agua en la guayaba manzana es más rápida que a 40 y 50°C, en la cual el producto llega a una humedad de equilibrio en

menor tiempo (0.08 g de agua/g muestra seca). La incidencia de la temperatura en la C.R y en la C.R.A es directamente proporcional, ya que a medida que se aumentó la temperatura, éstas se incrementaron, siendo 60°C la temperatura en la que el producto seco presentó los valores más altos.

A medida que aumenta la temperatura de inmersión para la C.R, ésta aumenta; con la excepción de la guayaba sometida a secado a 50 y 60°C cuando se rehidrató con una temperatura de inmersión de 80°C, en estos casos se evidenció pérdida de peso por desmoronamiento de la estructura por efecto de la temperatura de secado y de rehidratación. Esto se debe a la incidencia de la temperatura sobre las características estructurales y la composición química de la fibra de la fruta.

A mayor temperatura de secado por convección con aire caliente el contenido de vitamina C en la guayaba manzana tiende a degradarse, porque la compactación celular se debilita y se rompen los tejidos. Así a 40, 50 y 60°C, los porcentajes de pérdida de vitamina C son de 64.02%, 64.64% y 74.98%, siendo a 60°C el más alto.

Para conservar las características medidas en este estudio se recomienda deshidratar a temperaturas bajas, pero los tiempos de secado aumentarían. La guayaba manzana deshidratada a 50 °C alcanzó valores de C.R con un medio de inmersión de 60°C de 3.5 g agua/ g de b.s. después de 120 minutos; la C.R.A fue de 4.4260 g de agua/ g de muestra deshidratada; la C.R.L presentó valores de 0.745 g de aceite/g de muestra deshidratada y el contenido de vitamina C fue de cerca de 300 mg/100 g de M.S., además de tener un alto contenido de fibra, todo esto clasifica a la guayaba manzana como un alimento con buenas propiedades funcionales.

#### REFERENCIAS

- Agustiniano, J., R. González, E. Flores, N. Manrique, L. Sánchez, & L. A. Bello (2005). Resistant starch production from mango starch using a single screw extruder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**: 2105-2110.

- Anderson, J., B. Smith, & N. Guftanson (1994). Health benefit and practical aspects of high-fibre diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, **59**: 1242-1247.
- Arriola, E., T. García, G. Guatemala, J. Nungaray, O. González y J. Ruiz (2006). Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación. *Revista mexicana de ingeniería química*, **5**: 51-56.
- Borchani, C., S. Besbes, C. Blecker, M. Masmoudi, R. Baati & H. Attia (2010). Chemical properties of 11 date cultivars and their corresponding fibre extracts. *African Journal of Biotechnology*, **9** (26): 4096-4105.
- Borchani, C., S. Besbes, M. Masmoudi, C. Blecker, M. Paquot & H. Attia (2011). Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. *Food Chemistry*, **125**: 1194-1201.
- Bravo, L. & F. Saura-Calixto (1998). Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace. *American Journal of Enology and Viticulture*, **49**: 135-141.
- Chan, H. & C. Cavaletto, (1986). Effects of deaeration and storage temperature on quality of aseptically packaged guava puree. *Journal Food Science*, **51** (1): 165-168.
- Chau, C. & Y. Huang (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fiber prepared from de peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 2615-2618.
- Chua, K., S. Chou, J. Ho, A. Mujumdar & M. Hawlader (2000). Cyclic air temperature drying of guava pieces: effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioprocess Processing*, **78** (2): 72-78.
- Corrêa J., L. Pereira, G. Vieira & M. Hubinger (2010). Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. *Journal of Food Engineering*, **96**: 498-504.
- Demian, J. (1990). *Principles of Food Chemistry*. Aspen Publishers. New York.
- Doymaz, I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, **78**: 1291-1297.
- Femenia, A., C. Garau, S. Simal, & C. Rosselló (1997). Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fibre. *Journal of Food Science*, **62**: 635-639.
- Fennema, O. (1977). Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Technology*, **31** (12): 32-36.
- Ferguson, R. & K. Fox (1978). Dietary citrus fibres. *Transactions of the ASME Citrus Engineering Conference*, **24**: 23-26.
- Figuerola, F., M. Hurtado, A. Estévez, I. Chiffelle & F. Asenjo (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, **91**: 395-401.
- Flórez, J.S., G. Giraldo Giraldo y A.L. Duque Cifuentes (2008). Isotermas de sorción modeladas a partir de la determinación de la humedad y la aw en trozos de frutas tropicales. *Revista de investigación Universidad Quindío*, **18**: 81-86.
- Gallaher, D. & B. Schneeman (2001). Dietary fiber. *Present knowledge in nutrition*. In B. Bowman, R. Russel (Eds.). Washington, DC.
- Garau, C., S. Simal, C. Rossello & A. Femenia (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry*, **104**: 1014-1024.
- Gökmen, V., N. Kahraman, N. Demir & J. Acar (2000). Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A*, **881**(1-2): 309-316.

- Gorinstein, S., Z. Zachwieja, M. Folta, H. Barton, J. Piotrowicz, M. Zember, M. Weisz, S. Trakhtenberg & O. Martín-Belloso (2001). Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 952-957.
- Govindarajan, V. (1985). "Capsicum-production, technology, chemistry, and quality: Part I. History, botany, cultivation and primary processing", CRC Critical Reviews. *Food Science and Nutrition*, **22**(2):109-176.
- Guevara, E., T. García, G. Guatemala, J. Nungaray, O. González y J.Ruiz (2006) Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*; **5**: 51-56.
- Hawladar, M., C. Perera, M. Tian & K. Yeo (2006). Drying of guava and papaya: Impact of different drying methods. *Dry Technol*, **24**(1): 77-87.
- Hincapié, G., M. Omaña; C. Hincapié; Z. Arias y L. Vélez. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Revista Lasallista de Investigación*, **7**(2): 85-93.
- Jiménez-Escrig, A., M. Rincón, R. Pulido & F. Saura-Calixto (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 5489-5493.
- Kaya, A., O. Aydın & S. Kolayl (2010). Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa* Planch). *Food and bioproducts processing*, **88**: 165-173.
- Laguado, N., O. Briceño, R. Rojo, M. Marín, D. Esparza, L. de Moreno, J. Mora, y H. Ferrer (1995). Efecto de la fertilización y del estado de madurez sobre la calidad de frutos de guayaba (*Psidium guajava*. L). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, **12**(4): 437-449.
- Larrauri, J., P. Ruperez; L. Bravo & F. Saura-Calixto (1996). High dietary fibre powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity. *Food Research International*, **29**(8): 757-762.
- López, G., G. Ros, F. Rincón, M. J. Periago, M. C. Martínez & J. Ortuño (1996). Relationship between physical and hydration properties of soluble and insoluble fiber of artichoke. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**: 2773-2778.
- Machado de Sousa, P., M. Arraes, M. Moreira de Souza, R. Wilane de Figueiredo y A. Rodruyges de Souza (2003). Goiabas deshidratadas osmóticamente seguidas de secagem em estufa. *Frutic*, 25(3): 414-416.
- Marfil, P.H.M., E.M. Santos & V.R.N. Telis (2008). Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *Food Science and Technology*, **41**: 1642-1647.
- Marín, B., M. Lemus, M. Flores, y G. Vega (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición*, **33**(3): 83-86.
- McMinn, W. A. M., & T. R. A. Magee (1997). Kinetics of ascorbic acid degradation and non-enzymic browning in potatoes, IChemE Transactions. *Food Bioprod Proc*, **75**(C4): 223-231.
- Medina, M. y F. Pagano (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, **20**: 72-86.
- Mendez, M., y A. Orejuela (2007). Reseña histórica de la guayaba manzana. En línea. Disponible en: [<http://onlyguayabas.blogspot.com/2007/04/res-ea-historica.html>]. Consultado: 01/11/10.
- Mercadante, A. Z., A. Steck, & H. Pfander (1999). Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): Isolation and structure elucidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**(1): 145-151.
- Narváez, C. (2009). Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad

- antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Quim. Nova*, **32** (9): 2336-2340.
- Parra Inzunza, M.A., J.L. Cristerna González, I. Calderón Ayala, M.F. Cásares Pérez, J.R. Ortiz del Castillo, G. Madrigal Beltrán, A. Ahumada López y R.I. Castillo López (2010). Efecto del vacío sobre la deshidratación osmótica de rodajas de guayaba (*Psidium guajava*). *Memorias del VII Congreso del Noroeste y III Nacional de Ciencias Alimentarias y Biotecnología*, 1-15.
- Patthamakanokporn, O., P. Puwastien, A. Nitithamyong & P. P. Sirichakwal (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storages of selected fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, **21**: 241-248.
- Pérez Gutiérrez, R. M., S. Mitchell, & R. Vargas Solis (2008). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, **117**(1): 1-27.
- Piñera, R. M., R. de Hombre, P. Cerezal y A. Batista (1997). Influencia de la variedad en la calidad de la pulpa de guayaba. *Alimentaria: Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos*, **280**: 19-20.
- Saura-Calixto, F. (1998). Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potential food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**: 4303-4306.
- Simal, S., A. Femenia, M.C. Garau & C. Roselló (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering*, **43**: 109-114.
- Singh, R. K. & B. Lund (1984). Kinetics of ascorbic acid degradation in stored intermediate moisture apples. In B. M. McKenna (Ed.). *Proceedings of the third International Congress on Engineering and food, Vol. 1: Engineering Sciences in the Food Industry*. Amsterdam: Elsevier.
- Steinhaus, M., D. Sinuco, C. Polster, C. Osorio & P. Schieberle (2009). Characterization of the key aroma compounds in pink guava (*Psidium guajava* L.) by means of aroma re-engineering experiments and omission tests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**(7): 2882-2888.
- Somarriba, E. (1985). Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. 1. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Turrialba (IICA)*, **35**(3): 289-295
- Surel, O. & B. Couplet (2005). Influence of the dehydration process on active compounds of okara during the fractionation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**: 1343-1349.
- Thebaudin, J. & A. C. Lefebvre (1997). Dietary fibre: Natural and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, **8**: 41-48.
- Ubando, J., A. Navarro & M. A. Valdivia (2005). Mexican lime peel: Comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. *Food Chemistry*, **89**: 57-61.
- Vega, A., y R. Lemus (2006). Modeling of Drying Kinetic of Chilean Papaya (*Vasconcellea pubescens*). *Información Tecnológica*, **17**(3): 23-31.
- Vergara, N., E. Granados, E. Agama, J. Tovar, J. Ruales & L. Bello (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *Food science and technology*, **40**(4): 722-729.
- Villanueva, M. J., A. Redondo, M. D. Rodríguez & M. de las Heras (2003). Characterization of nonstarch polysaccharides content from different edible organs of some vegetables, determined by GC and HPLC: Comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 5950-5955.
- Villota, R. & M. Karel (1980). Prediction of ascorbic acid retention during drying. II.

Simulation of retention in a model system.  
*Journal of Food Processing and Preservation*,  
**4(3)**: 141-159.

Wilson, Ch. W. (1980). Tropical and Subtropical Fruits. Composition, properties and uses. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut. 279 – 299

#### SOBRE LOS AUTORES

##### **Gustavo Adolfo Hincapié Llanos**

Químico, Magíster en ingeniería Ambiental. Docente – Investigador, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios, determinación de propiedades funcionales de alimentos.

##### **Jaime Alejandro Barajas Gamboa**

Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.

##### **Zuleyma Arias Gómez**

Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.