

EFFECTO DE LA LIOFILIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES TÉCNICO FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETARIA Y EL CONTENIDO DE VITAMINA C PRESENTES EN LA GUAYABA PERA (*Psidium guajava L.*)

Angélica M. Serpa G.^{*}, Diana C. Castrillón Martínez^{*}, Diana C. Vásquez Osorio^{*}, Gustavo A. Hincapié Llanos^{*†}.

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

Recibido 02 Septiembre 2013; aceptado 15 Diciembre 2015
Disponible en línea: 19 Diciembre 2016

Resumen: Se caracterizó fisicoquímicamente la guayaba pera (*Psidium guajava L.*), y se liofilizó con el fin de evaluar la influencia del tiempo de congelación sobre el contenido de vitamina C y tres propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria: capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de lípidos (CAL). Las frutas fueron seleccionadas utilizando como criterio la carta de color (grado 6). Se dispusieron rodajas de 3 a 5 mm de espesor y se llevaron a congelación a -80°C, para evaluar 4 tiempos de congelación (6, 12, 18 y 24 horas), transcurrido el tiempo se liofilizaron durante 24. Al aumentar el tiempo de congelación se incrementó la cantidad de vitamina C conservada en la fruta. En cuanto a las propiedades técnico-funcionales, tanto para la CH y la CAL los tiempos de congelación no mostraron una tendencia definida y no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que la CRA disminuyó al aumentar el tiempo de congelación.

Palabras clave: Liofilización, Guayaba, Vitamina C, Propiedades técnico funcionales

EFFECT OF FREEZE DRYING ON THE TECHNICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF DIETARY FIBER AND VITAMIN C CONTENT PRESENT IN PEAR GUAVA (*Psidium guajava L.*)

Abstract: Pear guava (*Psidium guajava L.*) was physicochemical characterized and lyophilized to evaluate the influence of the freezing time on the content of vitamin C and three technical and functional properties of dietary fiber: swelling capacity (SC), water retention capacity (WRC) and lipid adsorption capacity (LAC). Fruits were selected using the color chart (grade 6). Three to five mm thickness slices were carried to the freezer (-80°C), to evaluate four freezing times (6, 12, 18 y 24 hours), passed this time the samples were lyophilized during 24. The increase of the freezing time increases the preserved vitamin C values. For the functional properties, both SH and LAC, freezing times showed no definite trend and the values were not statistically different, while the WRC decreased with the freezing time increment.

Keywords: Lyophilization, Guava, Vitamin C, Functional and technical properties

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

1. INTRODUCCIÓN

La guayaba pertenece a la familia *Myrtaceae* y al género *Psidium*, es una fruta tropical que se caracteriza por su alta capacidad de propagación. De allí que en la actualidad exista una gran cantidad de variaciones y especies dentro de las cuales se encuentra la guayaba pera o *Pisidium guajava* L. ([Gálvez, 1998](#)). En Colombia se producen más de 100,0 toneladas por año de guayaba, principalmente en los departamentos de Meta, Santander, Valle del Cauca, Boyacá y Antioquia ([Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011](#)), ocupando un lugar importante dentro de los frutales por su extensión, volumen de producción y su valor nutricional, ya que contiene vitamina C (400 a 871 mg/100 g de fruta), fibra (2,8 g/100 g), vitamina A, tiamina, riboflavina y algunos minerales como calcio y hierro ([Somarriba, 1985](#)); además es una fruta que posee azúcares que aumentan durante su proceso de maduración, mientras que se genera el ablandamiento de la piel ([Hind y Abu-Bakr, 2003](#)). Sin embargo, su alto contenido de humedad del 84% ([Cabral, et al., 2007](#)) hace de ésta una fruta altamente perecedera que sufre una reducción de su vida útil por efecto del acelerado proceso de maduración, reduciendo su calidad, por esto se hace necesario someterla a procesos de conservación.

La deshidratación es una de las técnicas de conservación de alimentos más utilizada, ya que, al disminuir el contenido de agua, se inhibe el crecimiento de los microorganismos y por tanto las reacciones bioquímicas que estos generan, prolongando la vida útil de los productos y generando la posibilidad de almacenarlos y transportarlos por mayores lapsos de tiempo. Entre los métodos de deshidratación se encuentran el secado por convección forzada y la liofilización. Sin embargo, la primera presenta la desventaja de afectar la calidad física y nutricional del producto deshidratado, generando cambios estructurales por el encostramiento durante el secado ([Achanta y Okis, 2000](#)).

La liofilización permite remover el agua por sublimación desde su estado sólido; para esto se congela el alimento y luego se lleva a una cámara de alto vacío donde se logra la sublimación del agua a bajas temperaturas y la concentración de los solutos ([Kasper y Friess, 2011](#)), lo que contribuye a la preservación de constituyentes

nutricionales como vitaminas y minerales, al igual que conserva cualidades como sabor y aroma ([Marques et al., 2006](#)). De allí, que actualmente la liofilización se presente como uno de los mejores métodos de deshidratación de alimentos, ya que permite obtener productos deshidratados con buena calidad, gracias a que el estado sólido del agua durante la liofilización protege la estructura primaria y minimiza cambios estructurales del producto ([Ratti, 2010](#)).

Debido a que se ha identificado a la fibra dietaria (FD) como un componente saludable gracias a su efecto prebiótico ([García y Velasco, 2007](#)) y a que se asocia con el buen mantenimiento del tracto gastrointestinal, este concepto toma relevancia a la hora de la caracterización de productos alimenticios y aunque en la actualidad no existe una definición concreta sobre el significado de la FD, se le puede considerar como todos los polisacáridos vegetales y la lignina que son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del ser humano ([Trowell et al., 1976](#)). Dentro de los principales componentes de la FD se encuentran los polisacáridos, oligosacáridos, ligninas y otras sustancias asociadas a la planta ([Escudero y Gonzáles, 2006](#)). El uso de la fibra dietaria en formulación de alimentos, depende en gran medida de las propiedades técnico funcionales que posea, de allí que, durante los procesos de conservación, se busca, no solo minimizar las pérdidas de las características organolépticas, si no también obtener buenas propiedades técnico funcionales de la fibra dietaria, como CH, CAL y CRA.

Otras sustancias que han incrementado su importancia en la dieta saludable son los antioxidantes, los cuales se caracterizan por reaccionar con los radicales libres presentes en el organismo que generan la oxidación de macromoléculas fundamentales en las células como fosfolípidos, proteínas y ADN, causando daños y alteraciones celulares que se pueden expresar en patologías como enfermedades cardíacas, vasculares y enfermedades crónicas no transmisibles ([Palomo et al., 2009](#)). La vitamina C o ácido ascórbico es un antioxidante no enzimático o exógeno, que se debe suministrar en la dieta ya que el organismo del ser humano no tiene la capacidad de sintetizarlo ([Horton, 2008](#)).

Debido a la importancia actual del contenido de fibra y de antioxidantes en la industria

alimentaria, este estudio buscó establecer la liofilización como una nueva metodología de conservación de la guayaba pera (*Psidium guajava L.*), teniendo en cuenta el efecto del tiempo de congelación sobre la CH, la CAL, la CRA, y el contenido de vitamina C.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, a una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa alrededor de 58%.

2.1. Material

La guayaba (*Psidium guajava L.*) variedad pera se adquirió en una cadena reconocida de supermercados del país, y se seleccionó la que se encontraba en el último estado de madurez (6), según la tabla colorimétrica presentada por ([Gálvez Torres, 1998](#)).

2.2. Análisis fisicoquímico de la guayaba variedad pera

Se midió el contenido de humedad, proteína, grasa total, cenizas, calorías, fibra dietaria total, fibra dietaria soluble, fibra dietaria insoluble, fibra cruda y contenido de vitamina C. Estas pruebas se realizaron utilizando las metodologías descritas en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Metodologías del análisis fisicoquímico

Análisis Fisicoquímico	Método
Humedad	AOAC 925 45
Cenizas	AOAC 923 03
Proteína	AOAC 988 05
Grasa Total	AOAC 2000 18
Fibra cruda	AOAC 2006 06
Carbohidratos	Cálculo por diferencia
Fibra dietaria total	AOAC 985 29
Fibra dietaria soluble	AOAC 993 19
Fibra dietaria insoluble	Cálculo a partir de la fibra soluble y la fibra total
Vitamina C	Colorimétrico de la 2-nitroanilina *

*(Bernal, 1998)

2.3. Liofilización

La guayaba seleccionada se lavó y se cortó en rodajas de 3 a 5 mm de espesor, las cuales se ubicaron en las paredes internas de los recipientes del liofilizador fast-freeze de 900 mL. Los recipientes con la guayaba, se sometieron a congelación en un congelador SANYO modelo MDF-C8V1, a una temperatura de -80 °C, variando el tiempo de congelación en 6, 12, 18 y 24 horas. Terminado este tiempo los recipientes se llevaron al liofilizador LABCONCO cuya presión de operación fue de 0.023 mBar, donde se dejaron por 24 horas; transcurrido este periodo se obtuvieron las guayabas deshidratadas para los análisis posteriores. Cada tratamiento se evaluó por triplicado.

2.4. Análisis del producto deshidratado obtenido

La muestra liofilizada se procesó en un molino de disco manual marca CORONA con el fin de reducir su tamaño a 0.180 mm, pasándolo por un tamiz marca PYSIS N° 80 de la serie standard.

2.4.1. Vitamina C

Se determinó mediante el método colorimétrico de la 2-nitroanilina ([Bernal, 1998](#)). Se empleó ácido oxálico al 0.15% para extraer el ácido ascórbico de la muestra de guayaba. La absorbancia se leyó con un espectrofotómetro UV- VIS Shimadzu UV – 1601PC a una longitud de onda de 540 nm.

2.4.2. Propiedades técnico funcionales de la fibra dietaria

Las propiedades técnico funcionales analizadas fueron: capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de lípidos (CAL). Estas propiedades se midieron a partir del residuo insoluble en alcohol (RIA), según el método descrito por ([Femenia et al., 1997](#)) y ([Nuñez, 2009](#)), para el cual se tomaron 50 g de la muestra seca tamizada, se adicionaron 200 ml de etanol con una concentración final del 85% v/v, y se calentaron hasta ebullición por 10 min. La mezcla se recolectó y se filtró a través de un papel de filtro de fibra de vidrio (WhatmanGF/C). El

material seco constituyó el residuo insoluble en alcohol (RIA).

2.4.2.1. Capacidad de hinchamiento

En una probeta de 10 mL previamente pesada se adicionó +/-0.2500 g de muestra de RIA seca, se midió el volumen ocupado y luego se hidrató con 10 mL de agua destilada. Pasadas 24 horas se midió el volumen de la muestra, la CH es la diferencia de volumen y se expresa como mL de agua/g de RIA.

2.4.2.2. Capacidad de retención de agua

En un tubo de centrifuga previamente pesado se adicionó +/- 0.2500 g de muestra de RIA seca y se agregó 10 mL de agua destilada. Pasadas 24 horas se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos, el sobrenadante se decantó y el tubo se pesó. La CRA se expresa como g de agua/g de RIA.

2.4.2.3. Capacidad de adsorción de lípidos

En un tubo de centrifuga previamente pesado se adicionó +/- 0.2500 g de muestra de RIA seca, se adicionó 10 mL de aceite de girasol. Pasadas 24 horas se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos, el sobrenadante se decantó y el tubo se pesó. La CAL se expresa como g de aceite/g de RIA.

2.5. Diseño de experimentos y tratamiento estadístico

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con los cuatro (4) tiempos de congelación como tratamientos (6h, 12h, 18h, 24h) con tres (3) repeticiones por tratamiento. Las variables respuesta fueron la cantidad de vitamina C y las propiedades técnico funcionales de la fibra dietaria: CH, CRA y CAL. A los resultados se les realizó el análisis de varianza (one-way ANOVA), utilizando statgraphics 5.1, con el fin de determinar la diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos para cada variable respuesta (vitamina C, CH, CRA y CAL) con respecto a los tiempos de congelación.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1. Selección del material

La guayaba pera (*Psidium guajava L.*) empleada en el presente estudio se encontraba en el último estado de madurez (6), ya que este tipo de producto presenta bajo aprovechamiento industrial, ocasionando grandes pérdidas que perjudican a los productores y generan un impacto negativo en el medio ambiente.

3.2. Análisis fisicoquímico

En la [Tabla 2](#), se observan los valores obtenidos para el análisis fisicoquímico de la guayaba pera.

Tabla 2. Composición química de la guayaba pera

Componente	Base Húmeda (B.H)	Base Seca (B.S)
% Humedad	85,35	-
% Cenizas	0,80	5,46
% Grasa	0,11	0,75
% Proteína	1,02	6,96
% Fibra cruda	5,57	38,02
% Carbohidratos	7,15	48,81
% Fibra dietaria total	6,13	41,84
% Fibra dietaria soluble	1,26	8,60
% Fibra dietaria insoluble	4,87	33,24
Vitamina C mg/100g	78,43	553,5

La guayaba pera es una fruta rica en agua (85,38%), que puede ser aprovechada por los microorganismos para su colonización y futura descomposición, debido a su intervención en los procesos físicos y químicos que generan alteraciones en las sustancias que componen el alimento ([Badui Dergal, 2006](#)), generándose la necesidad de eliminarle cerca del 80% de humedad por liofilización para asegurar su conservación por este método. El valor obtenido es comparable con los datos reportados para la misma fruta entre 84% y 85% ([Cabral et al., 2007](#)), ([Medina y Pagano, 2003](#)).

Las frutas se reconocen por ser buena fuente de fibra y la guayaba se caracteriza por ser una de las que presenta mayor contenido, al igual que el zapote ([Ramulu y Udayasekhara, 2003](#)), mostrando ambas frutas, mayores valores de fibra

insoluble que de fibra soluble, debido a la presencia de celulosa, hemicelulosa y lignina (Jain, Dhawan, Malhotra, & Singh, 2003), además se debe tener en cuenta que la guayaba se consume con la piel, que también es buena fuente de fibra dietaria insoluble (Jiménez Escrig, Rincón, Pulido, & Saura Calixto, 2001). Comparando el valor obtenido de fibra dietaria total (6,13%), se observa que esta presenta mayor contenido que el reportado para otras frutas como la pera (4,3%), la manzana (2,8%) y la piña (2,8%) (Ramulu y Udayasekhara, 2003), lo que la convierte en una buena fuente de fibra, apta para el consumo y desarrollo de nuevos alimentos, gracias a la asociación que existe entre la fibra dietaria y el buen funcionamiento del sistema digestivo (Olagnero et al., 2007).

La guayaba se caracteriza, por presentar mayores contenidos de vitamina C que las frutas cítricas (Kamath et al., 2008), lo que se confirma al comparar el valor experimental obtenido (78.43 mg/100g) con los reportados en las tablas de composición de alimentos Colombianos del ICBF, para la mandarina (24mg/100g), la naranja (39,65mg/100g) y la toronja (40mg/100g) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2005). Además al comparar el valor obtenido, 553 mg/100 g en base seca (B.S.), con el expresado en la bibliografía de 641mg /100 g B.S., (Rojas y Narváez, 2008), se observa una diferencia, debido a que el contenido de vitamina C en un alimento puede presentar altos rangos de variación, gracias a que la vitamina C puede ser degradada por el oxígeno, la luz y el calor (Mazza, 1998) durante los diferentes procesos de manipulación y almacenamiento (Coultrate, 2007). También se sabe que el contenido de vitamina C presente en la guayaba varía sustancialmente en las diferentes partes de esta, teniendo su porcentaje más alto en la piel, seguido por la pulpa firme y disminuyendo en la pulpa central donde se encuentran las semillas (Pérez et al., 2008) y depende también del tamaño de los frutos, las prácticas de post-cosecha e inclusive de su ubicación en el árbol (Luanda et al., 2006).

3.3. Deshidratación

3.3.1 Contenido de Vitamina C.

Se presentó un efecto directamente proporcional entre el tiempo de congelación y el contenido de vitamina C que se preservó en la guayaba pera

después del proceso de liofilización. Ver Fig. 1. Sin embargo, en la Tabla 3 se puede observar que los resultados obtenidos para los tratamientos de 6 y 12 horas no presentan diferencia estadísticamente significativa, al igual que los tratamientos a 18 y 24 horas.

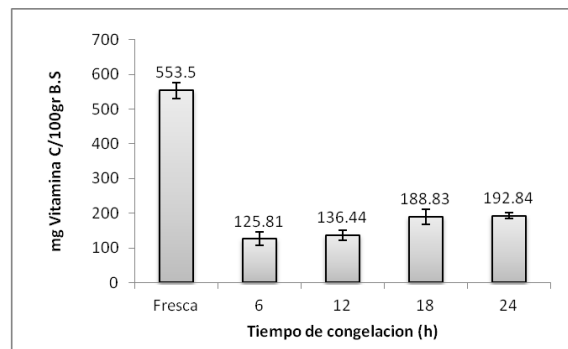


Fig. 1. Comportamiento de la vitamina C presente en la guayaba pera liofilizada.

De acuerdo al conocimiento de los autores, no existe información en la literatura de la influencia del tiempo de congelación en la cantidad de vitamina C conservada después de la liofilización de la guayaba pera, que permita realizar la comparación con los valores obtenidos experimentalmente. Sin embargo en estudios realizados previamente sobre liofilización de alimentos, se concluye que la fase principal es la congelación, ya que entre más rápido se desarrolla el proceso, menor es el tamaño de los cristales formados y por lo tanto hay mayor cantidad de ellos, los cuales después del proceso de sublimación permiten obtener una matriz con gran cantidad de poros (Ceballos et al., 2012) de allí que en gran parte de las investigaciones se utilizaron métodos de congelación rápidos con la ayuda de nitrógeno líquido (Luanda et al., 2006), (Marques et al., 2008). Sin embargo, en la deshidratación de guanábana los procesos de congelación lenta, favorecieron la retención de vitamina C (Ceballos et al., 2012); en el caso de frambuesas españolas, se reporta que la congelación no presentó efecto significativo en la cantidad de vitamina C presente (Ancos et al., 2000), mientras que en la liofilización de moras, a mayor velocidad de congelación, mayor contenido de vitamina C preservado (Randelovic et al., 2008), es decir en el caso de la liofilización de frutas no se cuenta con un comportamiento establecido para la cantidad de este componente y en el caso de la guayaba pera, un incremento en el tiempo de congelación se traduce en el aumento

Tabla 3. Resultados obtenidos para los diferentes tiempos de congelación.

Tiempo (h)	Vitamina C (mg/100g BS)	CH (ml H ₂ O/g RIA)*	CRA (g H ₂ O/g RIA)	CAL (g Aceite/ g RIA)*
6	125,81	a	7,89	12,09
12	136,44	a	6,69	9,409
18	188,84	b	6,6	9,344
24	192,84	b	7,13	8,662

Las medias con la misma letra dentro de cada columna no son diferentes significativamente según la prueba de Duncan (Valor $P \leq 0.05$)

*No hay diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos

de la conservación de entre el 22% y 35% del contenido de vitamina C. Finalmente, es importante resaltar, que si bien el proceso de liofilización también genera la pérdida de vitamina C en la guayaba, es importante destacar que diversos estudios y autores han demostrado la importancia de la liofilización, como una de las técnicas de deshidratación que permite obtener productos con características similares a los observados en la fruta original, dado que se conservan en mayor proporción compuestos termolábiles como la vitamina estudiada (Marques et al., 2006).

3.3.2 Capacidad de hinchamiento

Como se observa en la Fig. 2. y en la Tabla 3 el proceso de congelación no generó una tendencia definida en la CH para la guayaba pera y no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores encontrados, es decir, la variación en el tiempo de congelación no afecta la capacidad de hinchamiento de la guayaba pera liofilizada. En la actualidad de acuerdo con el conocimiento de los autores, no se cuenta con información disponible sobre la evaluación de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria a partir de frutas liofilizadas. Sin embargo, se sabe que las propiedades de hinchamiento dependen de la estructura química y física, incluyendo el área de superficie y el tamaño de partícula del material a evaluar (Tosh y Yada, 2009), al igual que de su porosidad (Aufret et al., 1994) por lo que en el caso de la guayaba pera se puede decir que el cambio en el tiempo de congelación no genera disminución o aumento en la cantidad de poros totales generados durante el proceso.

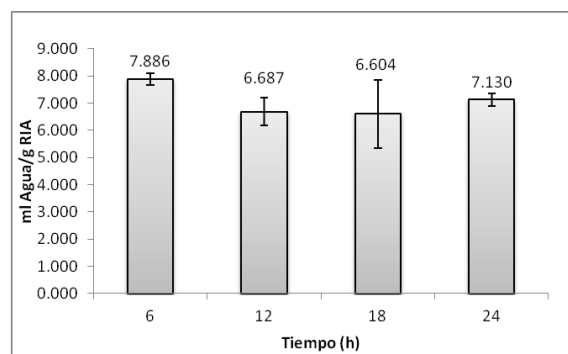


Fig. 2. Comportamiento de la capacidad de hinchamiento de la guayaba pera liofilizada, para cada tiempo de congelación.

La CH, al establecer la capacidad que posee la fibra de aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua, representa una característica importante a nivel alimentario, ya que su consumo estaría relacionado con su capacidad para producir saciedad, haciendo de la guayaba liofilizada una buena materia prima para la formulación de alimentos de regímenes especiales para mantener un peso saludable.

3.3.3 Capacidad de retención de agua

La CRA para la guayaba pera liofilizada, disminuyó a medida que se incrementó el tiempo de congelación, ver Fig. 3. En la Tabla 3, se observa que para esta propiedad existe diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento durante 6 horas y los tratamientos de 21, 18 y 24 horas. Como se mencionó anteriormente, las propiedades de hidratación dependen en gran medida de la estructura física del material a evaluar, y la CRA, no es una excepción. Ésta determina la capacidad de retener agua en la

matriz insoluble después de la aplicación de una fuerza externa, por lo que depende en gran medida de la capacidad y estabilidad que presenta la estructura, ya que si ésta, es muy débil, se presentarán daños después de la aplicación de la fuerza centrífuga y la CRA disminuirá. En estudios sobre liofilización de frutas, se ha encontrado que las condiciones del proceso, afectan la densidad, porosidad y en general la estructura del material (Oikonomopoulou et al., 2011), sin embargo, no se habla sobre la influencia del tiempo de congelación en los cambios estructurales del material deshidratado. No obstante, teniendo en cuenta los resultados obtenidos para la deshidratación de la guayaba pera (*Psidium guajava* L.), se puede decir, que el aumento en el tiempo de congelación, genera la debilidad de la estructura interna, por lo que, al aplicar una fuerza externa, la matriz insoluble va perdiendo la capacidad de retener el agua en su interior.

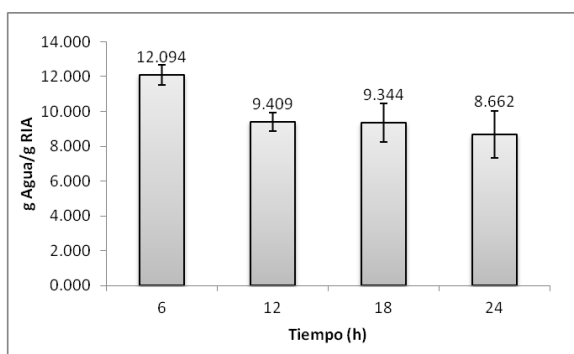


Fig. 3. Comportamiento de la capacidad de retención de agua de la guayaba pera liofilizada, para cada tiempo de congelación.

Sin embargo, al comparar los valores obtenidos para CRA con los establecidos en la bibliografía para harinas de piña y guanábana obtenidas por secado por convección forzada, se observa que la guayaba liofilizada presenta mejores valores, gracias a que este proceso no deteriora la estructura interna de la fibra insoluble como sucede en el proceso de secado por el encogimiento y colapso estructural (Rahman et al., 1996), que se traduce en una disminución de la CRA.

A nivel de procesamiento de alimentos, la CRA, es de gran importancia, ya que está relacionada con propiedades sensoriales como textura y

jugosidad de productos de panadería, cárnicos galletería entre otros.

3.3.4 Capacidad de adsorción de lípidos

En la Fig. 4, y la Tabla 3, se logra observar que el aumento en los tiempos de congelación generó una tendencia de reducción de la CAL de la guayaba pera (*Psidium guajava* L.). Sin embargo, entre estos valores no existe diferencia estadísticamente significativa, lo cual indica que el tiempo de congelación no afecta ampliamente esta propiedad técnico funcional.

Al igual que las 2 propiedades anteriores, no existen investigaciones previas que evalúen su comportamiento con respecto a los tiempos de congelación, sin embargo se sabe que la CAL se relaciona con la composición química, así como el tamaño y área superficial de las partículas de fibra, específicamente de la fibra insoluble (Villarroel et al., 2003), es decir, que para el caso específico de la guayaba pera, el tiempo de congelación no afecta la estructura de la fibra insoluble, por lo que la capacidad de adsorción de aceite no se ve afectada.

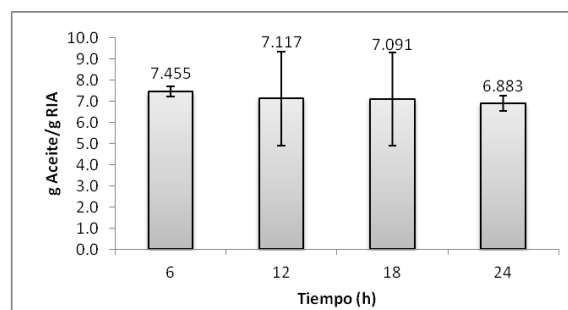


Fig. 4. Comportamiento de la capacidad de adsorción de lípidos de la guayaba pera liofilizada, para cada tiempo de congelación.

La CAL es de gran importancia a nivel nutricional, ya que esta determina cuanto aceite puede adsorber una fibra determinada y permite la relación de su comportamiento a nivel intestinal (Villarroel et al., 2003), donde la absorción de los nutrientes grasos depende de la formación de micelas. Gracias a esta propiedad y al efecto esponja que posee la fibra, esta puede ligarse a colesterol, compuestos tóxicos o carcinogénicos y excretarlos por medio de las heces (Escudero y Gonzáles, 2006), disminuyendo su acción en el organismo.

4. CONCLUSIONES

En el proceso de liofilización de guayaba pera (*Psidium guajava L.*), se observó que, a tiempos mayores de congelación, se conserva en mayor proporción el contenido de vitamina C. En cuanto a las propiedades técnico funcionales, los tiempos de congelación no generaron una tendencia definida en la CH, mientras que el aumento en el tiempo generó la disminución para la CRA y CAL.

En la industria de alimentos no se puede concluir que, a mayores propiedades técnico funcionales, la FD tendrá mayor potencial de uso en las matrices alimentarias donde se puedan incorporar; por esto se hace necesario evaluar en cada caso específico, su uso, para poder escoger el tiempo de congelación a emplear en la liofilización de esta fruta.

REFERENCIAS

- Achanta, S. y M. Okos (2000). "Quality changes during drying of food polymers" en A.S. Mujumdar (Ed.), *Drying technology in agriculture and food sciences* (pp. 133-147), USA: Science Publishers.
- Ancos, B., E. Gonzáles y M. Cano (2000). Ellagic acid, vitamin C and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**(10):4565-4570.
- Aufret, A., M. Ralet, F. Guillon, J. Barry & J. Thibault (1994). Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres. *LWT-Food Science and Technology*, **108**(2):166-172.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson, Mexico.
- Bernal de Ramírez, I. (1998). *Análisis de alimentos*. Editorial Guadalupe LTDA, Bogotá.
- Cabral, R., J. Telis-Romero, V. Telis, A. Gabas y J. Finzer (2007). Effect of apparent viscosity on fluidized bed drying process parameters of guava pulp. *Journal of Food Engineering*, **80**(4):1096-1106.
- Ceballos, A., G. Giraldo y C. Orrego (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of food engineering*, **111**(2):360-365.
- Coulter, T. (2007). *Manual de Química y Bioquímica de los alimentos*. Acribia S.A., Londres.
- Escudero Álvarez, E. y P. González Sánchez (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, **21**(2):21-72.
- Femenia, A., A. Lefebvre, J. Thebaudin, J. Robertson y C. Bourgeois (1997). Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fibre. *Journal of food science*, **62**(4):635-639.
- García Peris P. y C. Velasco (2007). Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición Hospitalaria*, **22**(2):20-25.
- Gálvez Torres, C. (1998). *Manejo de post-cosecha y comercialización de la guayaba pera (Psidium guajava L.)*. Magnitud Ltda., Bogotá.
- Hind A. y A. Abu-Bakr (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, **80**(4):557-563.
- Horton, H., R. Moran, L. Scrimgeour, G. Perry, M. Rawn (2008). *Principios de Bioquímica*. 4 ed. Pearson, Mexico.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2005). Tabla de composición de alimentos Colombianos. En línea, [http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/], consultado en 2013-08-21.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, y R. Singh (2003). Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava L.*): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, **58**: 309-315.
- Jiménez Escrig, A., M. Rincón, R. Pulido, y F. Saura Calixto (2001). Guava fruit (*Psidium guajava L.*) as new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5489-5493.
- Kamath, J. V., N. Rahul, C.K. Ashok Kumar y S. Mohana Lakshmi (2008). *Psidium guajava L.: a review*. *International Journal of Green Pharmacy*, **2** (1): 9-12.
- Kasper C. y W. Friess (2011). The freezing step in lyophilization: Physico-chemical fundamentals, freezing methods and consequences on precess performance and quality attributes of biopharmaceuticals. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, **78**(2): 248-263.

- Luanda, G., M. Marques, y J. Ferreira (2006). Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). *Chemical Engineering and Processing*, **46**(5):451-461.
- Marques L., A. Silveira y J. Freire (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, **24**(4):457-463
- Marques, L., M. Prado y J. Freire (2008). Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *Food Science and Technology*, **42**(7):1232-1238.
- Mazza, G. (1998). Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesado. Acribia S.A., Zaragoza.
- Medina, M. y F. Pagano (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "criolla roja". *Revista de la Facultad de Agronomía*, **20**:72-76.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2011). *Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y sus calendarios de siembras y cosecha*. Dirección de Política Sectorial, Bogotá.
- Núñez, C., C. Santos, G. Pinto y S. Silva (2009). Effects of ripening on microstructure and texture of "ameixa d'Elvas" candied plums. *Food Chemistry*, **115**(3):1-8.
- Oikonomopoulou, V., M. Krokida y V. Karathanos (2011). The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. *Procedia food science*, **1**:647-645.
- Olagnero, G., A. Abad, S. Bendersky, C. Genevois, L. Granzella, y M. Montonati (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA*, **25**(121): 20-33.
- Palomo G., I., M. Gutierrez, L. Astudillo, C. Rivera, C. Torres, L. Gusmán, R. Moore-Carrasco, G. Carrasco y M. Alarcón (2009). Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, **36**(2):152-158.
- Pérez Gutierrez, R. M., Mitchell, S., & Vargas Solis, R. (2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology*, **117**(1), 1-27.
- Rahman, M. S., M.S. Perera, C.X. Chen, R.H. Driscoll y P.L. Potruri (1996). Density shrinkage and porosity of calamari mentle meat during air drying in a cabinet dryer as a function of water content. *Journal of Food Engineering*, **30**: 135-145.
- Ramulu, P. y R. Udayasekhara (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and analysis*, **16**(6):677-685.
- Randelovic, D., L. Vracar y A. Tepic (2008). Colour changes of blackberry as affected by freezing rate. *Acta periodica tecnologica*, **39**(1)63-68.
- Ratti C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-values foods: a review. *Journal of Engineering*, **49**(4): 311-319
- Rojas Barquera, D., E. Narváez Cuenca & L. Restrepo Sánchez (2008). Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en la pulpa de guayaba de las variedades pera, regional roja y regional blanca. *Memorias Red-alfa Lagrotech Cartagena*, 49-60.
- Somarriba, E. (1985). Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Turrialba (IICA)*, **35**(3): 289-295.
- Tosh, S. M. y S. Yada (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, **43**(2):1-11.
- Trowell, H., D. Southgate, T. Wolever, A. Leeds, M. Gassull y D. Jenkins (1976). Dietary fibre redefined. *The Lancet*, **307**(7966): 967
- Villarreal, M., C. Acevedo, E. Yañes y E. Bioley (2003). Propiedades funcionales de la fibra de musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, **54**(4):400-407.

SOBRE LOS AUTORES

Angélica M. Serpa G.

Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Alimentación y Nutrición de la Corporación Universitaria Lasallista. Joven Investigador del grupo de Investigaciones Agroindustriales GRAIN de la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.

Diana C. Castrillón Martínez

Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Alimentación y Nutrición de la Corporación Universitaria Lasallista. Principales áreas de

interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.

Diana C. Vásquez Osorio

Ingeniero Agroindustrial. Joven Investigador del grupo de Investigaciones Agroindustriales GRAIN de la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios

Gustavo A. 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