



Revista Lasallista de Investigación

ISSN: 1794-4449

marodriguez@lasallista.edu.co

Corporación Universitaria Lasallista
Colombia

Serpa Guerra, Angélica María; Vásquez Osorio, Diana Carolina; Castrillón Martínez,
Diana Carolina; Hincapié Llanos, Gustavo Adolfo
Comparación de dos técnicas de deshidratación de guayaba-pera (*Psidium guajava* L.)
sobre los efectos del contenido de vitamina C y el comportamiento de las propiedades
técnico-funcionales de la fibra dietaria
Revista Lasallista de Investigación, vol. 12, núm. 1, 2015, pp. 11-20
Corporación Universitaria Lasallista
Antioquia, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69542290002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Comparación de dos técnicas de deshidratación de guayaba-pera (*Psidium guajava L.*) sobre los efectos del contenido de vitamina C y el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria*

Angélica María Serpa Guerra**, Diana Carolina Vásquez Osorio***,
Diana Carolina Castrillón Martínez****, Gustavo Adolfo Hincapié Llanos*****

Resumen

Introducción. La guayaba-pera es una fruta de gran importancia a escala nacional, debido a sus niveles de producción y su valor nutricional. Sin embargo, su alto contenido de humedad hace de esta una fruta altamente perecedera, por lo que se hace necesario someterla a procesos de conservación. El secado y la liofilización son dos técnicas utilizadas en la actualidad para la deshidratación de frutas, gracias a que cada una de ellas presenta ciertos beneficios no solo en el producto sino también en los costos de operación. **Objetivo.** Comparar el efecto de la liofilización y el secado por convección forzada sobre las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria (FD) y el contenido de vitamina C presentes en la guayaba pera (*Psidium guajava L.*). **Materiales y métodos.** Se seleccionó la guayaba-pera en estado 6 de madurez, según la tabla de color y se realizó la deshidratación por secado por convección evaluando 5 temperaturas (30, 40, 50, 60 y 70 °C) y por liofilización, 4 tiempos de congelación (6, 12, 18 y 24 horas). Se cuantificó la vitamina C empleando el método de la 2- nitroanilina y se determinaron las propiedades técnico-funcionales de la FD: capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de lípidos (CAL). **Resultados.** La mayor pérdida de vitamina C se presentó al llevar a cabo la deshidratación por secado a 60 y 70 °C, y de manera general, los mejores resultados para el comportamiento de las propiedades técnico-

funcionales se presentaron durante la deshidratación por liofilización. **Conclusión.** A pesar de que algunas propiedades evaluadas no presentaron diferencia estadísticamente significativa en algunos tratamientos, el presente estudio permite afirmar que el proceso de deshidratación por liofilización, cuya congelación se llevó a cabo por 6 horas, permitió obtener guayaba-pera con mayores características técnico-funcionales, mientras que el tratamiento por secado a 40 °C y la liofilización con congelación por 24 h permitieron una mejor conservación de la vitamina C.

Palabras clave: guayaba, secado, liofilización, vitamina C, propiedades técnico-funcionales.

Comparison of two dehydration techniques for “pear” guava (*Psidium guajava L.*) on the effects of the vitamin C content and on the behavior of the technical and functional properties of the dietary fiber

Abstract

Introduction: “Pear” guava is, nationally, a very important fruit, given its production levels and its nutritional value. Its high humidity content makes this fruit highly perishable, so it requires conservation processes. Dehydration by drying and lyophilization are two techniques currently being used to dehydrate fruits and each one has certain benefits for the product and for its operative costs. **Objective.** Compare the

* Artículo original derivado del proyecto de investigación “Efecto de la temperatura de secado sobre el contenido y las propiedades funcionales de la fibra dietaria y los niveles de vitamina C en la guayaba”, Financiado por CIDI-UPB. Del año 2010 al 2011.

** Estudiante de Maestría en Innovación Alimentaria y Nutrición, Ingeniera Agroindustrial, Especialista en Alimentación y Nutrición. Auxiliar de investigación Universidad Pontificia Bolivariana

*** Estudiante de Maestría en Innovación Alimentaria y Nutrición, Ingeniera Agroindustrial de la Corporación Universitaria Lasallista, Auxiliar de investigación Universidad Pontificia Bolivariana

**** Ingeniera Agroindustrial, Especialista en Alimentación y Nutrición, Candidata a Magister en Diseño y Gestión de Procesos Industriales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

***** Químico, magíster en Ingeniería. Docente de la Universidad Pontificia Bolivariana

Autor para correspondencia: Gustavo Adolfo Hincapié Llanos, e-mail: gustavo.hincapie@upb.edu.co.

Artículo recibido: 26/08/2014; Artículo aprobado: 15/05/2015.

effects of lyophilization and forced convection drying on the technical and functional properties of the dietary fiber (DF) and on the vitamin C content of the "pear" guava (*Psidium guajava L.*). **Materials and methods.** "Pear" guavas at a 6 maturity level, according to the color table, were chosen and dehydrated by means of convection drying, evaluating five different temperatures (30, 40, 50, 60 and 70°C), and also dehydrated by means of lyophilization, evaluating four freezing times (6, 12, 18 and 24 hours). Vitamin C was quantified by the use of the 2-nitroaniline method and the following technical-functional properties of the DF were determined: swelling capacity (SC), water retention capacity (WRC) and lipid adsorption capacity (LAC). **Results.** The biggest loss of vitamin C took place in the dehydration by drying at 60 and 70 °C and -in a general way- the best results for the behavior of the technical and functional properties were obtained during the dehydration by lyophilization. **Conclusion.** Despite the fact that some of the properties evaluated had no significant differences in some of the treatments, this study concludes that in the dehydration by lyophilization, which freezing process was performed during six hours, the "pear" guava had higher technical and functional characteristics while the drying treatment at 40 °C and the lyophilization by freezing during 24 hours allowed a better conservation of the vitamin C.

Key words: guava, drying, lyophilization, vitamin C, technical and functional properties.

Comparação de duas técnicas de desidratação de goiaba pêra (*psidiumguajava L.*) sobre os efeitos do conteúdo de vitamina c e o comportamento das propriedades técnico funcionais da fibra dietária

Resumo

Introdução. A goiaba pêra é uma fruta de grande importância a nível nacional devido a seus níveis de

produção e seu valor nutricional. Contudo seu alto conteúdo de humidade faz desta uma fruta altamente perecível, por isso se faz necessário submetê-la a processos de conservação. A desidratação por secagem e liofilização, são duas técnicas utilizadas atualmente para a desidratação de frutas, graças a que cada uma delas apresenta certos benefícios não só no produto mesmo, senão também nos custos de operação. **Objetivo.** Comparar o efeito da liofilização e secagem por convenção forçada sobre as propriedades técnico funcionais da fibra dietária. (FD) e o conteúdo de vitamina C presentes na goiaba pêra (*Psidium guajava L.*) **Materiais e métodos.** Selecionou-se a goiaba pêra no estágio 6 de amadurecimento, segundo a tabela de cor e realizou-se a desidratação por secagem por convenção avaliando 5 temperaturas (30,40,50, 60 y 70° C) e por liofilização avaliando 4 tempos de congelamento (6, 12, 18 e 24 horas). Quantificou-se a vitamina C empregando o método da 2 – notroanilina e determinaram-se as propriedades técnico funcionais da FD: Capacidade de enchimento (CE), capacidade de retenção de agua (CRA) e capacidade de adsorção de lípidos (CAL) **Resultados.** A maior perda de vitamina C apresentou-se ao realizar a desidratação por secado a 60 e 70° C, e de maneira general, os melhores resultados para o comportamento das propriedades técnico-funcionais apresentaram-se durante a desidratação por liofilização. **Conclusões.** apesar de que algumas propriedades avaliadas não apresentaram diferencia estatisticamente significativa em alguns tratamentos, o presente estúdio permite afirmar que o processo de obter goiaba pêra com maiores características técnico funcionais, enquanto o tratamento por secagem a 40° C e a liofilização com congelamento por 24 h permitiram uma melhor conservação da vitamina C.

Palavras Chave: goiaba, secado, liofilização, vitamina C, propriedades técnico funcionais.

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 variedades y especies dentro de las cuales se encuentra la guayabapera o *Psidium guajava L.* (Gélvez, 1998, 27). En Colombia, durante los últimos 10 años, la

producción se ha caracterizado por presentar un comportamiento estable con 120 000 toneladas producidas anualmente en 14 000 hectáreas cosechadas (Agronet, 2014), ocupando así un lugar importante dentro de los frutales por su extensión, volumen de producción y su valor nutricional, ya que contiene entre 400 a 871 mg de vitamina C en 100 g de fruta fresca, alrededor de 2.8 % de fibra y algunos minerales como calcio y hierro (Somariba, 1985, 290).

Su contenido de humedad se encuentra alrededor del 84 % (ICBF, 2004), lo que la hace altamente perecedera, reduce su calidad y genera la necesidad de evaluar procesos de conservación que incrementen su vida útil.

Unas de las técnicas de conservación de alimentos comúnmente utilizada es la deshidratación. El agua es probablemente el factor que más contribuye en el deterioro del alimento; por tanto, al reducir el contenido de agua que estos contienen, se impide el crecimiento de los microrganismos y la generación de reacciones bioquímicas (Badui Dergal, 2006, 2); además, se prolonga su vida útil, se facilita el transporte y se posibilita su almacenamiento por más tiempo para su posterior utilización. Dentro de las técnicas de deshidratación se encuentran la liofilización y el secado por convección forzada; no obstante, este último método afecta la calidad de los productos, debido a que origina alteraciones físicas y químicas que modifican las características organolépticas y nutricionales (Hernández, 2010, 199), entre ellas la vitamina C y las propiedades técnico-funcionales de la FD. Por tal motivo, es relevante investigar el impacto de estos tratamientos sobre dichas propiedades.

La vitamina C es un antioxidante que comúnmente se encuentra en frutas y verduras, y debe suministrarse en la dieta, ya que el organismo humano no tiene la capacidad de sintetizarlo (Horton, 2008, 195) y lo requiere para la correcta absorción de nutrientes y el fortalecimiento del sistema inmunológico. Este compuesto puede oxidarse fácilmente cuando está en solución, en procesos catalizados por calor, pH (Ilera et al, 2000, 69), oxígeno, luz (Mazza, 1998, 321), así como durante su manipulación y almacenamiento (Coulitate, 2007, 221).

La FD está definida como los carbohidratos, análogos de carbohidratos y lignina, que no pueden ser hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal de los seres humanos; esta se divide en 2 fracciones: soluble, la que se disuelve en agua, e insoluble, la fracción que no. Para efectos de rotulado, se presenta como fibra y se expresa en términos de gramos (g). Jenkins y colaboradores (1998, 637) indican que este compuesto tiene efectos benéficos en el organismo; contribuye al buen funcionamiento del sistema digestivo, actúa

como prebiótico y puede encapsular sustancias perjudiciales para la salud. Sus propiedades técnico-funcionales están relacionadas con su estructura molecular (Figueroa et al, 2004, 2), (Raghavendra et al, 2006, 281); además, tiene propiedades antioxidantes gracias a su contenido en polifenoles (Jiménez-Escrig et al, 2001, 5489). Estas afirmaciones indican que la FD podría enriquecer nutricional y funcionalmente los productos en que se incorpore, además de aportar características organolépticas (Fricker et al, 2004, 60).

Esta investigación se plantea con el fin de comparar dos técnicas de deshidratación para la conservación de la guayaba-pera, evaluando las propiedades técnico-funcionales de la FD de la guayaba deshidratada y la conservación de la vitamina C en la fruta.

Materiales y métodos

Localización

Esta investigación se desarrolla principalmente 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 %.

Material

El material experimental fue la guayaba (*Psidium guajava L.*) variedad pera, en estado seis de madurez, que se adquirió en una cadena de supermercados de la ciudad de Medellín. La selección de la fruta se realizó mediante el método visual empleando la tabla colorimétrica (Gélvez Torres, 1998, 26) que indica el índice de madurez aparente de la fruta.

La fruta seleccionada se lavó y desinfectó, posteriormente se troceó en rodajas de 3 a 5 mm de espesor mediante corte manual con cuchillo, y esto constituyó el material de estudio.

Determinación del contenido de humedad

Después de obtener la fruta deshidratada, se procedió a determinar la humedad su final, siguiendo la metodología AOAC 925.45 b.

Secado por convección forzada

La guayaba troceada se ubicó en la bandeja del secador, y se procedió a realizar la deshidratación de la misma, evaluando 5 temperaturas del aire de secado (30°C , 40°C , 50°C , 60°C y 70°C), con una velocidad del aire constante de 2 m/s hasta alcanzar una humedad de 0,12 kg H₂O/kg BS en un secador de aire por convección forzada desarrollado en la Universidad Pontificia Bolivariana. El secado se hizo por triplicado a cada temperatura.

Liofilización

Las rodajas de guayaba 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 período se obtuvieron las guayabas deshidratadas para los análisis posteriores. Cada tiempo de congelación se evaluó por triplicado.

Contenido de vitamina C

Se analizó en la guayaba fresca y en las deshidratadas por las dos técnicas, mediante el método colorimétrico de la 2-nitroanilina (Bernal, 1998, 252). El analito se extrajo de la muestra seca y molida con ácido oxálico; se tomaban +/- 3.0000 g de muestra y se les agregaban 30 ml de ácido oxálico al 0,15 %. Pasados 3 minutos se filtraba y se leía la absorbancia con un espectrofotómetro UV- VIS Shimadzu UV – 1601PC a una longitud de onda de 540 nm.

Propiedades técnico-funcionales de la FD

Estas propiedades se midieron a las muestras deshidratadas, a partir del residuo insoluble en alcohol (RIA) siguiendo el método descrito por Femenia et al, (1997, 635) y Garau et al, (2006, 1016). Para obtener el RIA, se tomaban +/- 10 gramos de la muestra seca y se tamizaban para asegurar un tamaño de partícula de 0.180 mm; se adicionaban 50 mL de etanol con una

concentración del 85.00 % v/v, y se calentaba hasta ebullición por 10 minutos. La muestra se recolectaba y se filtraba al vacío con un papel de microfibra de vidrio marca MUNKTELL. El residuo se secaba a temperatura ambiente durante 24 horas. Según Nuñez (2009, 1096) el material seco constituye el residuo insoluble en alcohol (RIA).

Capacidad de hinchamiento (CH)

En una probeta de 10 mL previamente pesada se adicionaron +/- 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.

Capacidad de retención de agua (CRA)

En un tubo de centrífuga previamente pesado se adicionaron +/- 0.2500 g de muestra de RIA seca y se agregaron 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.

Capacidad de adsorción de lípidos (CAL)

En un tubo de centrífuga previamente pesado se adicionaron +/- 0.2500 g de muestra de RIA seca, se adicionaron 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.

Análisis estadístico

Se hizo un diseño de experimentos completamente al azar con las cinco temperaturas del aire de secado; 30 , 40 , 50 , 60 y 70°C , y los cuatro tiempos de congelación; 6, 12, 18 y 24 h como tratamientos, con 3 repeticiones por cada uno. Las variables respuesta fueron la cantidad de vitamina C y las propiedades técnico-funcionales de la FD para cada tratamiento.

Una vez obtenidos los resultados para cada tratamiento, se aplicó el análisis de varianza ANOVA, utilizando Statgraphics Centurion

XVI.I, con el fin de determinar la existencia de diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos para cada variable respuesta.

Resultados

Humedad de las muestras deshidratadas

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos después de determinar la humedad alcanzada en las muestras de guayaba deshidratada por las dos técnicas evaluadas. Para el caso de la deshidratación por secado, se expresan también los tiempos requeridos para alcanzar la humedad establecida en la metodología.

En el caso de la guayaba deshidratada por secado, como se observa en la tabla 1, los tratamientos llevados a cabo permitieron obtener guayaba deshidratada con una humedad

cercana al valor establecido previamente en la metodología ($0,12 \text{ kg H}_2\text{O/kg BS}$); sin embargo, para el tratamiento a 30°C , el proceso de deshidratación para alcanzar la humedad establecida tardó más tiempo.

Evaluación del Comportamiento de la vitamina C en las dos técnicas evaluadas

En la figura 1a, se presentan los resultados obtenidos para el comportamiento de la vitamina C durante el proceso de secado, mientras que en la figura 1b se observan los resultados de la influencia del tiempo de congelación sobre el contenido de vitamina C, durante el proceso de liofilización.

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza que permitió establecer las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 1. Resultados de la humedad final de la guayaba

	Secado por convección					Liofilización			
	Temperatura °C					Tiempo de congelación (h)			
	30	40	50	60	70	6	12	18	24
Humedad ($\text{kg H}_2\text{O/kg BS}$)	0,124	0,121	0,119	0,115	0,118	0,050	0,050	0,090	0,046
Tiempo (h)	27,2	21,038	13,58	8,97	7,86	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A: No Aplica; porque el tiempo de liofilización fue de 24 h en todos los tratamientos

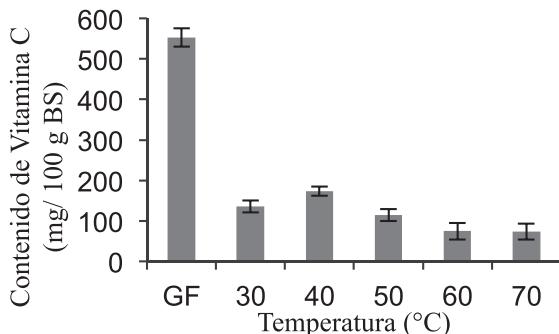


Figura 1a. Comportamiento de la vitamina C presente en la guayaba respecto a las temperaturas evaluadas en la deshidratación por secado

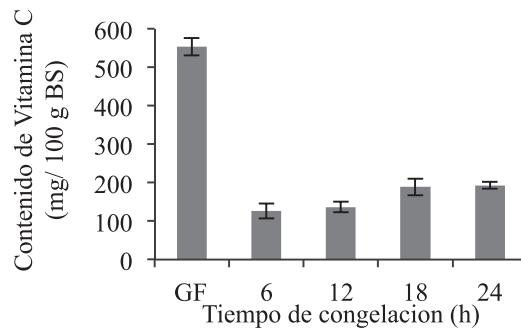


Figura 1b. Comportamiento de la vitamina C presente en la guayaba respecto a los tiempos de congelación evaluados en la liofilización

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza para el contenido de vitamina C

Guayaba fresca	Secado por convección					Liofilización				
	Temperatura (°C)					Tiempo de congelación(h)				
	30	40	50	60	70	6	12	18	24	
Vita- mina C (mg/ 100g BS)	553,50 ± 22,95	135,69± 15,39	173,07± 10,95	114,27± 15,01	74,68± 20,79	73,03± 19,51	125,81± 12,23	136,44± 13,644	188,83± 21,63	192,84± 8,95
	d	b	a	b	c	c	b	b	a	a

Para la vitamina C no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores que comparten una misma letra (Prueba Fisher 95 % de confianza).

Para el comportamiento de la cantidad de vitamina C en la guayaba deshidratada por secado, los mejores resultados se obtuvieron al trabajar con el aire de secado a 40 °C. En el caso de la liofilización, los mejores resultados para la conservación de la vitamina C se presentaron cuando la congelación se realizó durante 18 y 24 h; sin embargo, en la tabla 2, se observa que los tratamientos mencionados anteriormente, secado a 40 °C y liofilización a

18 y 24 h, no presentan diferencia estadística significativa, y es donde se conserva más este compuesto. Finalmente, al comparar las dos técnicas de deshidratación, los secados a 60 y 70 °C presentaron la mayor pérdida de vitamina C.

Evaluación del comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la FD respecto a las dos técnicas evaluadas

En las figuras 2a y 2b se muestran los resultados obtenidos para las propiedades técnico-funcionales de la FD en las muestras sometidas a las dos técnicas de deshidratación.

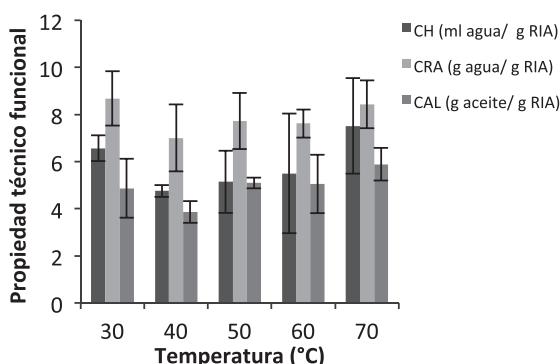


Figura 2a. Comportamiento de las propiedades técnico-funcionales con respecto a las temperaturas evaluadas en la deshidratación por secado

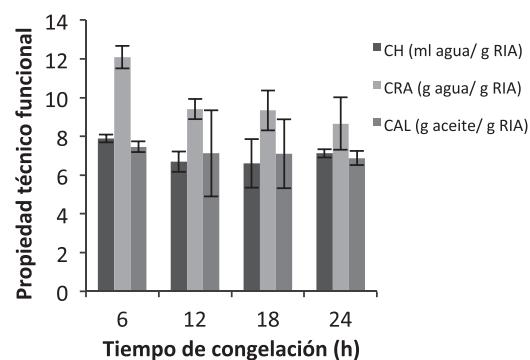


Figura 2b. Comportamiento de las propiedades técnico-funcionales respecto a los tiempos de congelación evaluados en la liofilización

Capacidad de hincharimiento

En general el proceso de secado, con excepción del secado a 30 °C, presenta una tendencia a aumentar la CH a medida que aumenta

la temperatura, como se observa en la figura 2a. En cuanto a la deshidratación por liofilización, de manera general, se puede ver que el proceso de congelación no generó una tendencia definida en la CH para la guayaba-pera, es

decir, los tiempos de congelación trabajados no afectaron esta propiedad, lo que se pudo

confirmar con el análisis de varianza que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza para las propiedades funcionales

Método	T	CH		CRA		CAL	
	(°C)	(ml H ₂ O / g RIA)		(g H ₂ O / g RIA)		(g Aceite/ g RIA)	
Secado por convección forzada	30	6,57±0,55	a,b,c,d	8,69±1,16	a,b,c	4,87±1,25	a,b
	40	4,76±0,25	a	7,01±1,43	a	3,86±0,46	a
	50	5,15±1,32	a,b	7,72±1,20	a,b,c	5,10±0,22	a,b,c,d
	60	5,50±2,54	a,b,c	7,62±0,60	a,b	5,06±1,25	a,b,c
	70	7,51±2,03	c,d	8,43±1,01	a,b,c	5,89±0,70	b,c,d,e
Método	Tiempo (h)						
Liofilización	6	7,89±0,19	d	12,09±0,48	d	7,45±0,29	e
	12	6,69±0,52	a,b,c,d	9,41±0,43	c	7,12±2,22	e
	18	6,60±1,27	a,b,c,d	9,34±0,85	b,c	7,09±1,78	d,e
	24	7,13±0,22	b,c,d	8,66±1,10	a,b,c	6,88±0,35	c,d,e

Para cada columna no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores que comparten una misma letra (Prueba Fisher 95 % de confianza).

En el proceso de secado por convección forzada, tampoco existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos realizados. Finalmente, se observó que la mejor capacidad de hinchamiento se presentó para la guayaba deshidratada por liofilización con una congelación de 6 horas; sin embargo, este tratamiento presenta diferencia estadísticamente significativa, solo con respecto a 3 de los tratamientos evaluados (secado a 40, 50 y 60 °C).

De igual manera, la tabla 2 permite observar que la tendencia de los valores obtenidos para la CH durante los procesos de liofilización es mayor que la alcanzada en el secado.

Capacidad de retención de agua

En la figura 2a se puede observar que, de manera general, el proceso de secado no generó una tendencia definida en la CRA para la guayaba-pera, es decir, las temperaturas del aire de secado trabajadas no afectaron esta propiedad. En cuanto al proceso de liofilización, en la figura 2b se observa que el tiempo de congelación generó la disminución de la CRA, y presenta diferencia estadística significativa el proceso de congelación durante 6 horas, como

se observa en el análisis de varianza que se encuentra en la tabla 3.

Con la técnica de liofilización, se alcanzó el único valor estadística diferente con respecto a todos los tratamientos evaluados; además, al igual que lo expresado para la CH, los valores obtenidos para la CRA durante los procesos de liofilización fueron mayores a los alcanzados en el secado.

Capacidad de adsorción de lípidos

La CAL, después de los procesos de secado por convección, no presenta una tendencia lineal respecto al incremento de la temperatura, como se observa en la figura 2a.

En el proceso de congelación previo a la liofilización, se generó una tendencia mínima a disminuir y, aunque la CAL no es tan definida para la guayaba-pera, el mejor comportamiento se presentó para la congelación durante 6 horas.

Finalmente, esta propiedad técnico-funcional, como se muestra en la tabla 2, no varía sustancialmente entre los tratamientos evaluados; sin embargo, los resultados obtenidos para la

metodología de liofilización presentan más diferencias estadística significativas que las observadas para la deshidratación por secado.

Discusión

Durante los procesos de secado de alimentos, la temperatura juega un papel indispensable, puesto que se ha demostrado la dependencia de esta variable en la degradación de diferentes vitaminas y atributos químicos que marcan la diferencia entre los alimentos en su estado natural y su estado deshidratado. Por otro lado, al llevar a cabo procesos de deshidratación por liofilización, se ha establecido que la congelación constituye la fase principal de todo el proceso, ya que es determinante en la formación de los cristales cuya cantidad y forma influyen directamente en las fases de deshidratación primaria y secundaria. Por lo anterior, en el caso del secado por convección se analizó la influencia de la temperatura del aire de secado en la degradación de la vitamina C, mientras que en la liofilización se evaluó la influencia del tiempo de congelación.

Al comparar los resultados sobre la humedad final de los productos obtenidos por ambas técnicas de dehidratación, la liofilización permitió alcanzar valores de humedad más bajos que el secado por convección forzada, corroborando lo expresado en la bibliografía, donde se reporta que la liofilización permite obtener productos con humedades entre 1,00 % y 15,00 % (Ceballos et al, 2012, 363); (Zeki, 2009, 568); (Alvarado, 1996, 50).

En cuanto a los resultados para la determinación de vitamina C en la guayaba fresca, las altas desviaciones estándar obtenidas se presentaron debido a que la cantidad de vitamina C presente en la guayaba varía sustancialmente según la procedencia del fruto, ubicación en el árbol (Luanda et al, 2006, 454), condiciones de poscosecha de la fruta y las actividades de manipulación a las cuales se somete el producto durante la investigación (Coulitate, 2007, 221). Para la técnica de deshidratación por secado, los resultados obtenidos permiten establecer que tanto la temperatura del aire de secado como el tiempo de proceso afectan la degradación de la vitamina C; es así como el tratamiento realizado

a 30 °C generó una mayor pérdida de esta vitamina que el calculado a 40 °C; esto, debido al largo período de exposición (27,2 h) que generaron el encostramiento y la caramelización de los azúcares presentes en la superficie de las rodajas, dificultando la eliminación del agua interna (Nijhuis et al, 1998, 16). Por otro lado, el incremento de la temperatura produce la disminución del contenido de vitamina C presente; este comportamiento es similar al presentado en el kiwi (Kaya et al, 2010, 1) y en la guayaba (Chua et al, 2000, 72), donde el incremento de la temperatura generó el aumento en la degradación de la vitamina C. De igual manera, se ha demostrado en estudios sobre la degradación de la actividad antioxidante de jugos cítricos, que la vitamina C es altamente sensible a los procesos térmicos de pasteurización (Acevedo et al, 2004, 93), lo que ocasiona una disminución en la calidad del producto final. En cuanto a la deshidratación por liofilización, los resultados evidencian que el tiempo de congelación presentó un efecto directo respecto de la cantidad de vitamina C presente en la guayaba pera deshidratada. Estudios previos realizados sobre liofilización indican que la principal fase es la congelación, donde las variables a controlar deben ser la velocidad de congelación, la temperatura mínima permitida y la temperatura de congelación, puesto que entre más rápido se desarrolle 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, 360). 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, 451); (Marques et al, 2008, 1232) o por inmersión en una mezcla de refrigerantes (Ceballos et al, 2012, 1). Sin embargo, con esta investigación, se muestra que para la deshidratación de guayaba pera, el tiempo de congelación juega un papel importante en el proceso de liofilización, ya que a mayores tiempos de congelación, mayor es la cantidad de vitamina C que permanece en la fruta. Efecto similar se presentó en la liofilización de la guanábana (Ceballos et al, 2012, 362); sin embargo, este comportamiento no puede generalizarse, ya que en la deshidratación de fresas españolas, se reporta que la

congelación no presentó efecto significativo en la cantidad de vitamina C presente (Ancos et al, 2000, 4565), y en el caso de las moras, la velocidad de congelación presentó efecto directo en el contenido final de vitamina presente en esta, ya que entre más rápida la congelación, mayor el contenido de vitamina C que se conservó en la muestra (Randelovic et al, 2008, 65).

Respecto a las propiedades técnico-funcionales de la guayaba deshidratada, específicamente para la CH, no se encontraron resultados previos sobre el tema; sin embargo, en procesos de secado de cáscaras de mango hilacha (Galicia Milanés, 2011, 158) y naranja (Garau et al, 2007, 1021) el comportamiento de la CH fue similar al logrado con la guayaba-pera, ya que el aumento de la temperatura de secado generó un incremento en la CH. No obstante, al comparar los valores obtenidos para las 3 frutas, presenta mayor capacidad de hinchamiento la naranja con 22-23 mL agua/g RIA, y similar a las cáscaras de mango hilacha con 4,84-7,75 mL agua/g RIA. Finalmente, al comparar los resultados obtenidos para la guayaba-pera deshidratada por las dos técnicas evaluadas, es posible establecer que las muestras liofilizadas presentaron un mayor comportamiento, debido a que durante el proceso de liofilización el estado sólido del agua protege la estructura primaria y genera menor cambio (Ratti, 2001, 312), lo que contribuye a que el producto deshidratado tenga la capacidad de absorber mayor cantidad de agua en su matriz y, por lo tanto, de hincharse.

Los resultados para la CRA de la guayaba deshidratada por secado son comparables con los hallados en estudios previos realizados, que permitieron confirmar que la CRA es mayor para esta fruta que para la guanábana (4,57 g agua/ g RIA), la piña (4,58 g agua/ g RIA) y un producto de fibra comercial (4,25 g agua/ g RIA) (Ramírez et al, 2009, 296). Finalmente, se compararon los valores de CRA obtenidos para la guayaba-pera, con los reportados para los residuos de mango hilacha de 4,76-6,58 entre 40 y 60°C (Galicia Milanés, 2011, 158), y nuevamente se confirma que la CRA de la guayaba-pera es mayor, por lo que este producto se podría utilizar como complemento en productos de panadería, ya que una buena retención

de agua favorece la textura de los productos finales (Pacheco, 1992, 108).

Las propiedades de hidratación dependen en gran medida de la estructura física del material a evaluar. En el caso específico de la CRA, esta 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 esta es muy débil, se presentarán daños después de la aplicación de la fuerza centrífuga, y la CRA disminuirá. En estudios realizados sobre la liofilización de frutas, se ha encontrado que las condiciones del proceso afectan la densidad, la porosidad y en general la estructura del material (Oikonomopoulou et al, 2011, 647); sin embargo, no se habla sobre la influencia del tiempo de congelación en los cambios estructurales del material deshidratado, aunque, teniendo en cuenta los resultados obtenidos para la deshidratación de la guayaba-pera, se puede afirmar 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. Los mejores resultados alcanzados para esta propiedad en las muestras obtenidas por liofilización se explican debido a que la liofilización ayuda a conservar la estructura de la fruta deshidratada, puesto que durante este proceso primero se realiza una congelación que permite la formación de pequeños cristales, cuya agua es eliminada por sublimación de manera tal que la guayaba deshidratada por este método queda colmada de orificios con aire sin daño de la estructura. Además, en este proceso, a diferencia del secado por convección forzada, no hay alteraciones de las paredes celulares por reacciones no deseadas como resultado de las altas temperaturas de trabajo y debido a las interacciones líquido/gas que generan el colapso de las cavidades entre las estructuras durante el secado (Karelovic, 2012, 10).

En cuanto a la adsorción de lípidos, la guayaba-pera presenta mayor valor de esta propiedad que la encontrada para los residuos de mango hilacha deshidratados, cuyo mayor valor fue de 1,92 g aceite/ g RIA (Galicia Milanés, 2011, 158). Lo anterior permite confirmar lo determinado en estudios previos para la ca-

pacidad de adsorción de lípidos de la harina de guayaba, que presentó mayores valores (1,95 g aceite/ g RIA) que los establecidos para harinas de guanábana (1,81 g aceite /g RIA) y piña (1,56 g aceite/ g RIA) (Ramírez et al, 2009, 296), lo que se traduce en que la guayaba-pera presenta mayor cantidad de fibra insoluble que soluble, premisa corroborada con los reportes en la bibliografía que establecen para la guayaba-pera valores de fibra insoluble de 54,65 g/100g BS y fibra soluble de 10,99 g/100 g BS (Ramírez et al, 2009, 296). Esta propiedad se relaciona con la composición química, con el tamaño y con el área superficial de las partículas de fibra, (Villarroel et al, 2003, 401), específicamente la fibra insoluble, por lo que, con los resultados obtenidos a partir de la liofilización de la guayaba-pera, se podría decir, que el tiempo de congelación no afecta la estructura de la fibra insoluble, por lo cual la capacidad de retención de aceite no se ve afectada.

Conclusiones

Los tratamientos de deshidratación evaluados disminuyen significativamente el contenido de vitamina C presente en la guayaba (*Psidium guajava L.*) variedad pera; sin embargo, la liofilización la preserva en mayor porcentaje. De manera general, el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria no presenta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos de secado por convección forzada estudiados. En cuanto a los tratamientos de liofilización, solo presenta diferencia estadísticamente significativa el tratamiento de 6 h de congelación.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, B.; Montiel, M. y Avanza, J. (2004). Estudio cinético de la degradación de la actividad antioxidante hidrosoluble de jugos cítricos por tratamiento térmico. *FACENA*, 20, 91-95.
- Agronet. (2014). Sistema de estadísticas agropecuarias: *Cifras Agropecuarias*. Recuperado de http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16_2011.aspx?cod=16
- Alvarado, J. de D. (1996). *Principios de ingeniería aplicados a alimentos*. Quito, Ecuador: Radio Comunicaciones OEA.
- Ancos, B.; Gonzales, E. y Cano, M. (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(19), 4565-4570.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson.
- Bernal de Ramírez, I. (1998). *Análisis de alimentos*. 3 ed. Bogotá, Colombia: Guadalupe LTDA.
- Ceballos, A. M. Giraldo, G. I. y Orrego, C. E. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit. *Journal of food engineering*, 111(2), 1-6.
- Chua, K. J.; Chou, S. K.; Ho, J. C.; Mujumdar, A. S. y Hawlader, M. (2000). Cyclic air temperature drying of guava pieces: effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioproducts Processing*, 78(2), 72-78.
- Coulitate, T. (2007). *Manual de química y bioquímica de los alimentos*. Londres: Acribia S.A.
- Femenia, A.; Lefebvre, A.; Thebaudin, J.; Robertson, J. y Bourgeois, C. (1997). Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fibre. *Journal of food science*, 62(4), 635-639.
- Figueroa, F.; Hurtado, M. L.; Estévez, A. M.; Chiffelle, I. y Asenjo, F. (2004). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3), 1-7.
- Fricker, J.; Dartois, A.-M. y Du Fraysseix, M. (2004). *Guía de la alimentación de niño. De la concepción a la adolescencia*. Madrid, España: Ediciones Tursen S.A./H. Blume.
- Galicia Milanes, V. S. (2011). *Estudio de la cinética de secado de cascarras de mango hilacha y evaluacion del efecto de la temperatura sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente* (Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Garau, M. C.; Simal, S.; Rosselló, C. y Femenia, A. (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(3), 1-11.
- Gélvez Torres, C. J. (1998). *Manejo, poscosecha y comercialización de la guayaba-pera (*Psidium guajava L.*)*. Bogotá: SENA, DFID, NRI.

- Hernández, A. G. (2010). *Tratado de nutricion / Nutrition Treatise: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Horton, H. R.; Moran, L.; Scrimgeour, G.; Perry, M. y Rawn (2008). *Principios de bioquímica*. 4 ed. México: Pearson.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2004). Tabla de composición de alimentos colombianos. Recuperado de http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/consulta_alimento.asp
- Illera Martín, M.; Illera del portal, J. y Illera del portal, J. C. (2000). *Vitaminas y minerales*. Madrid: Editorial Complutense S. A.
- Jenkins, D. J.; Kendall, C. W. y Ransom, T. P. (1998). Dietary fiber, the evolution of the human diet and coronary heart disease. *Nutrition Research*, 18(4), 633–652.
- Jiménez-Escríg, A.; Rincón, M.; Pulido, R. y Saura-Calixto, F. (2001). Guava Fruit (*Psidium guajava L.*) as a New Source of Antioxidant Dietary Fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5489-5493.
- Karelovic Martínez, F. I. (2012). *Influencia del método de congelamiento en el daño microestructural de arándanos liofilizados* (Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil Mecánico). Universidad de Chile, Santia- go de Chile, Chile.
- Kaya, A.; Aydin, O. y Kolayli, S. (2008). Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of hayward kiwifruit (Actinidia deliciosa plant). *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3), 1-9.
- Luanda, G.; Marques, M. C. y Ferreira, J. T. (2006). Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra L.*). *Chemical Engineering and Processing*, 46(5), 451-461.
- Marques, L. G.; Prado, M. M. y Freire, J. T. (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*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Nijhuis, H. H.; Torringa, H. M.; Muresan, S.; Yuksel, D.; Leguijt, C. y Kloek, W. (1998). Approaches to improving the quality of dried fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 13- 20.
- Nuñes, C.; Santos, C.; Pinto, G.; Silva, S.; Lopes-Da-Silva, J. A.; Saraiva, J. A. y Coimbra, M. A. (2009). Effects of ripening on microstructure and texture of "Ameixa d'Elvas" candied plums. *Food Chemistry*, 115(3), 1094-1101.
- Oikonomopoulou, V. P.; Krokida, M. K. y Karathanos, V. T. (2011). The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. *Procedia food science*, 647-645.
- Pacheco E, R. N. (1992). Efecto de la hidrolisis con tripsina y pepsina sobre las propiedades funcionales de la harina de ajonjolí. *Revista Facultad de Agonomía (Maracay)*, 18(1), 107-117.
- Raghavendra, S.; Ramachandra, S.; Rastogi, N.; Racghavarao, K. y Kumar, S. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Food Engineering*, 72(3), 281-286.
- Ramírez, A. y Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 24(4), 1-6.
- Randelovic, D.; Vrancar, L. y Tepic, A. (2008). Colour changes of blackberry as affected by freezing rate. *Acta periodica tecnologica*, 39, 63-68.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 1-8.
- Somarriba, E. (1985). Árboles de guayaba (*Psidium guajava L.*) en pastizales. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Tesis doctoral (IICA)*, 35(3), 289-295.
- Villarroel, M.; Acevedo, C.; Yañez, E.; Bioley, E. (2003). Propiedades funcionales de la fibra de musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 400-407.
- Zeki, B. (2009). Chapter 23. Freeze drying (lyophilization) and freeze concentration. *Food process engineering and technology*, 511-523.