

Determinación de variables de secado en lámina para la deshidratación de pulpa de maracuyá

Determination of drying variables in sheets for the dehydration of yellow passion fruit pulp

NÉSTOR ENRIQUE CERQUERA-PEÑA^{1, 3}
ALFONSO PARRA-CORONADO²
JESÚS HERNÁN CAMACHO-TAMAYO²

Frutos de maracuyá usados para el secado.

Foto: A. Parra-Coronado

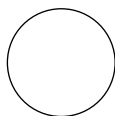


RESUMEN

El maracuyá presenta un incremento significativo en producción y consumo en Colombia en los últimos años. Las pérdidas poscosecha hacen conveniente la introducción de tecnologías que permitan su aprovechamiento más eficiente. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) y determinar las variables de secado adecuadas para la obtención de pulpas deshidratadas en lámina. Se dimensionó y construyó un equipo para pruebas de secado estático y se caracterizó la pulpa de maracuyá (contenido de humedad, sólidos solubles, pH y acidez). Se obtuvieron las curvas de secado con aire forzado para diferentes condiciones de temperatura (50, 55, 60 y 65°C) y velocidad del aire (178,3; 206,1 y 231,4 m min⁻¹), encontrándose que una temperatura del aire de secado de 65°C y una velocidad del aire de 231,4 m min⁻¹ son las condiciones más adecuadas para la deshidratación de las pulpas de maracuyá utilizadas en la fase experimental. Los productos deshidratados fueron evaluados por el panel de jueces, con buena aceptación por parte de los panelistas; esta evaluación sirvió como base para la determinación de las condiciones más adecuadas para la deshidratación desde el punto de vista sensorial. El comportamiento de los productos obtenidos con relación a sus parámetros de conservación fue satisfactorio; los recuentos microbiológicos estuvieron dentro de los rangos aceptables para productos deshidratados, lo que fue favorecido por la reducida actividad de agua alcanzada en el producto deshidratado.

Palabras clave adicionales:

curvas de secado, equipos de deshidratación, pulpas en lámina, tiempos de secado, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.



¹ Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana, Neiva (Colombia).

² Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

³ Autor para correspondencia. cerquera@usco.edu.co

ABSTRACT

The yellow passion fruit has seen a significant increase in production and consumption in Colombia in recent years. Postharvest losses have led to the introduction of technologies to increase efficiency. The aim of this study was to characterize passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) pulp and determine the appropriate drying variables to obtain dehydrated pulp sheets. A device was designed and built for static drying testing, and passion fruit pulps were characterized (moisture content, soluble solids, pH and acidity). Curves for forced air drying at different temperatures (50, 55, 60 and 65°C) and for air velocity (178.3, 206.1 and 231.4 m min⁻¹) were obtained, with a finding that a drying air temperature of 65°C and an air velocity of 231.4 m min⁻¹ are the most suitable conditions for the dehydration of the banana and passion fruit pulps used in the experimental phase. Dehydrated products were evaluated by a panel of judges, with good acceptance by the panelists; this assessment served as a basis for determining the most suitable conditions for dehydration from the sensory point of view. The behavior of the products obtained in connection with their preservation parameters was satisfactory; microbiological counts were within acceptable ranges for dehydrated products, which were favored by the low water activity achieved in the dehydrated products.

Additional key words:

drying curves, dehydration equipment, fruit pulps in sheets, drying time, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.

Fecha de recepción: 30-08-2012

Aprobado para publicación: 28-11-2012

INTRODUCCIÓN

El sector frutícola colombiano ha tenido en los últimos años un crecimiento inusual, debido principalmente a la industrialización de las frutas y a la creciente demanda de productos de origen natural, tales como pulpas de frutas, preparados de pulpas y principalmente néctares (Cerquera, 2006).

El maracuyá es una de las frutas que ha tenido mayor crecimiento en producción y consumo, siendo la variedad amarilla la que más se cultiva en Colombia. Esta variedad se caracteriza por sus frutos vistosos de color amarillo debido a la presencia de carotenoides, de forma ovoide, intenso sabor y alta acidez (Laboissière *et al.*, 2007; Abreu *et al.*, 2009). Por estas características únicas, es una fruta muy apetecida, utilizándose como base para preparar bebidas industrializadas, llegando a posicionarse en el mercado de frutas frescas exóticas, por tener una pulpa ligeramente ácida y más azucarada (Laboissière *et al.*, 2007).

La mayor parte de la producción mundial de maracuyá se destina a satisfacer el consumo interno de los países productores y el comercio exterior es relativamente bajo; en el comercio mundial, el jugo concentrado de maracuyá tiene mayor demanda que el producto en fresco (CCI, 2011).

Según Furlaneto *et al.* (2011), la producción mundial de maracuyá es de 640.000 t, siendo Brasil el mayor productor, con cerca del 70% de ese total, seguido por Ecuador con una participación cercana al 13% y Colombia es tercero produciendo el 5% del total mundial. Los países de la Unión Europea y los Estados Unidos son los principales importadores, con un crecimiento en la demanda de maracuyá en forma de concentrado (50° Brix) (Laboissière *et al.*, 2007). Según la CCI (2011), Colombia exporta maracuyá en estado fresco y procesado, especialmente como néctar, jalea, mermelada, jugo y concentrado, aunque la mayor proporción del comercio internacional

se realiza con jugo (14° Brix) o concentrado (50° Brix). Es de resaltar que el jugo de maracuyá es el tercer jugo exótico en importancia, después de los jugos de mango y de piña (CCI, 2011).

Los rendimientos presentados por Colombia, son mayores a los registrados por Brasil. En el año 2009 se cultivaron 50.853 ha en maracuyá en Brasil, para una producción de 718.798 t (IBRAF, 2011), con un rendimiento de 14,1 t ha⁻¹. En el año 2009 se cosecharon 5.621 ha en Colombia, para una producción de 91.312 t y un rendimiento de 16,2 t ha⁻¹, y en el año 2010, se cosecharon 5.895 ha para una producción de 92.929 t y rendimiento de 15,8 t ha⁻¹. La tasa de crecimiento promedio anual para Colombia fue de 4,8% en área cosechada, 1,8% en producción y -3,0% en rendimiento (Agronet, 2011).

Las pulpas de fruta se comercializan en estado fresco bajo refrigeración y/o congelación, concentradas o deshidratadas. Las técnicas de deshidratación que utilizan bajas temperaturas son de tipo estático y emplean aire forzado o estufas a vacío. También se emplean sistemas de deshidratación por contacto directo, como los equipos de rodillos que utilizan altas temperaturas y funcionan de manera continua. Sin embargo, este procedimiento afecta en gran medida el contenido nutricional y las características organolépticas y funcionales de las pulpas (Caparino *et al.*, 2012).

Existen estudios realizados en frutas, hortalizas y productos derivados, donde se muestra la influencia que tiene la temperatura en la degradación de las características organolépticas y nutricionales (Barbosa y Vega, 2000; Vaillant *et al.*, 2001). Castro *et al.* (2008) secaron uchuva con aire caliente, con deshidratación osmótica como pretratamiento, encontrando que la fruta que se secó con aire caliente a 60°C hasta un contenido de humedad de 2,5% bs presentó una pérdida total de β-caroteno del 98%, mientras que a 40°C mostró la menor pérdida, siendo del 28%, para tiempos de secado de 7 y 12 h respectivamente.

Giraldo *et al.* (2004) osmodeshidrataron mora de castilla con dos soluciones diferentes de sacarosa y una de miel de caña con concentración de 70° Brix a una temperatura promedio de 20°C. Posteriormente sometieron el producto a un proceso de secado por convección forzada con aire caliente a 1,5 m s⁻¹ de velocidad y 55°C de temperatura, durante 24 h, logrando contenidos de humedad que variaron entre 25,9% y 30,8% bh, haciendo más estable el producto al ataque microbiano.

Colombia tiene un gran potencial exportador por su producción de frutas tropicales, las cuales son apetecidas en el exterior. En particular, el mercado de las “pulpas deshidratadas laminadas” es un nicho que aún no está siendo cubierto por otros países, debido a que es un producto de desarrollo relativamente reciente, cuyo mercado objetivo es la exportación a países como Alemania, Estados Unidos, Canadá y en forma alternativa a España, Japón y la Comunidad Andina. Por esto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la pulpa de maracuyá y determinar las variables de secado adecuadas para la obtención de pulpas deshidratadas en lámina, como lo son el tiempo de secado, la velocidad y la temperatura del flujo de aire de secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de maracuyá amarillo utilizado para el presente estudio, fueron cultivados en el municipio de Granada (Meta, Colombia), zona que se encuentra a una altitud de 390 msnm, con temperatura media anual de 24,8°C y precipitaciones anuales que oscilan entre 2.400 y 2.800 mm. En los diferentes ensayos se utilizaron frutos en buen estado de calidad, realizando la selección con ayuda de las tablas de color de los estados de madurez, correspondientes a los estados 2 y 3, de mayor comercialización y en los cuales se alcanza la madurez organoléptica (Bahamón, 1999). Para el secado de las pulpas se dimensionó un equipo, en el cual se

consideraron las recomendaciones dadas por Perry (1986), con el cual se buscó que la velocidad del aire de secado estuviera entre 120 y 300 m min⁻¹, con el fin mejorar el coeficiente de transferencia de calor y eliminar bolsas de aire estancado. De igual manera, se tuvo en cuenta que las bandejas fueran metálicas para mejorar la transferencia de calor y su manipulación, así como que el espacio libre entre bandejas fuera superior a 38 mm (figura 1).

Caracterización de las pulpas. La caracterización de la pulpa fresca de maracuyá se hizo previa a los ensayos de secado. Para ello se realizaron tres repeticiones, cada una con 10 frutos, a las cuales se les determinó el contenido de humedad utilizando una estufa de vacío y aplicando la norma AOAC OM934.06 (1984); la acidez total titulable se determinó por titulación de acuerdo a la norma AOAC OM942.15 (1984); la determinación de sólidos solubles totales se realizó utilizando un refractómetro análogo portátil marca KIKUCHI (Kikuchi Precision Optics, Osaka, Japan) con escala de 0 a 30° Brix ± 0,2° Brix; la viscosidad se determinó de acuerdo con la meto-

dología presentada por Castro (1990); el pH se determinó utilizando el método modificado de Pearson (1986).

Obtención de curvas de secado. Se evaluaron las siguientes condiciones de secado de las pulpas de fruta en capa estática, de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial: temperaturas de 50, 55, 60 y 65°C, en combinación con tres velocidades del aire caliente: 178,3 m min⁻¹ (flujo de aire de 0,151 m³ s⁻¹), 206,1 m min⁻¹ (0,175 m³ s⁻¹) y 234,1 m min⁻¹ (0,198 m³ s⁻¹); se realizaron doce tratamientos con cuatro repeticiones, para un total de 48 ensayos. El tratamiento correspondiente a la temperatura de 60°C y 206,1 m min⁻¹ de velocidad del aire de secado fue excluido, dadas dificultades técnicas en la recuperación electrónica de los datos, por lo cual se presentan los resultados de once tratamientos, a partir de 44 ensayos (tabla 2). Se colocaron aproximadamente 500 g de pulpa en cada una de las bandejas, recubiertas previamente con vinipel, con el fin de poder retirar fácilmente el producto una vez deshidratado.

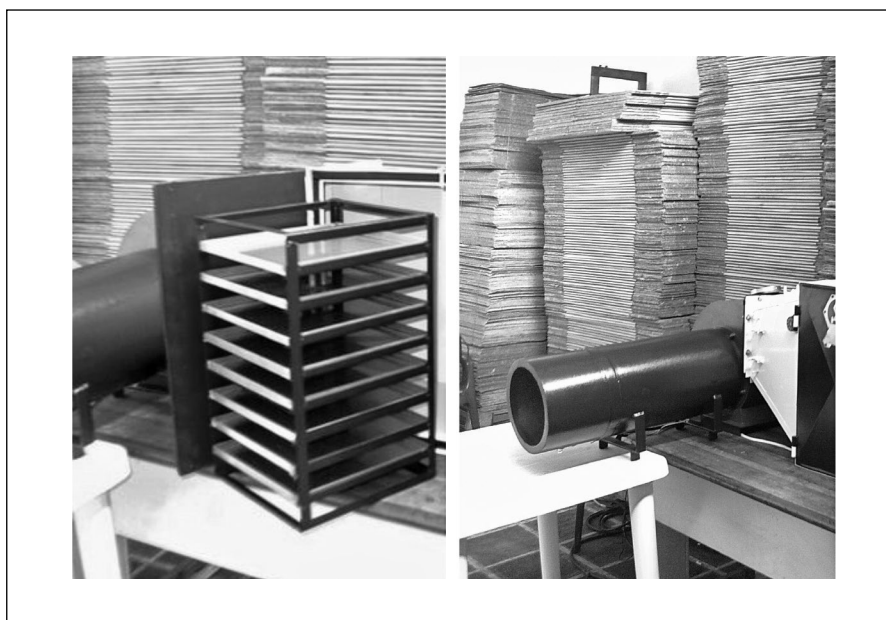


Figura 1. Equipo de secado estático construido para las pruebas de deshidratación de pulpas de fruta en lámina.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de la pulpa de maracuyá amarillo.

Parámetro	Valor
Rendimiento en pulpa (%)	32,0 ± 8,03
Agua de la pulpa (%)	84,0 ± 9,71
Viscosidad (mPa s)	1,79 ± 0,07
Densidad (g cm ⁻³)	1,09 ± 0,16
pH	2,9 ± 0,15
Sólidos solubles totales (°Brix)	15,0 ± 1,78
Acidez total titulable (% ácido cítrico)	4,42 ± 0,89

Tabla 2. Tiempos de secado (h) para llevar las pulpas de maracuyá a un contenido de humedad final del 11% bh (0,123 bs).

Temperatura de secado (°C)	Velocidad del aire (m min ⁻¹)			Media
	178,3	206,1	234,1	
50	17,5 d	11,5 c	11,0 bc	13,33 C
55	11,0 bc	10,0 abc	9,5 abc	10,17 B
60	10,0 abc		8,5 abc	9,25 AB
65	8,0 abc	7,0 a	7,5 ab	7,50 A
Media	11,63 B	9,50 A	9,13 A	

Promedios con letras minúsculas distintas indican diferencia significativa entre tratamientos según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Promedios con letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa entre temperaturas de secado (media última columna) o entre velocidades del aire (media última fila) según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Se realizó seguimiento de la pérdida de humedad de las pulpas a través del tiempo. A partir de esta información se elaboraron las diferentes curvas de secado y de régimen de secado.

En cada prueba se deshidrataron en forma simultánea cuatro bandejas, tomando cada hora el peso de dos, hasta obtener el peso correspondiente a un contenido de humedad final del 11% bh (12,3% bs). A la pulpa deshidratada (lamina) se le determinó el contenido de humedad utilizando una estufa de vacío; la actividad de agua se determinó directamente con el equipo Novasina BSK (Novasina AG, Lachen, Suiza); para la acidez titulable se aplicó la norma AOAC OM942.15 (1984) y para determinar el espesor de la lámina de fruta se utilizó un micrómetro.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de medias a través del test de Duncan, usando el programa SPSS v.20, para ver el efecto de la temperatura y la velocidad del aire en el tiempo de secado.

Análisis proximal y microbiológico. Con el fin de caracterizar el producto final se realizó el análisis proximal y microbiológico, de acuerdo con lo establecido por la AOAC (1984). En el análisis proximal se determinó la humedad (AOAC OM934.06), grasa (AOAC OM920.39), fibra cruda (AOAC OM96209), proteína (AOAC OM954.01), minerales (AOAC OM942.05), carbohidratos por cálculo de diferencia y kcal en 100 g utilizando el cálculo indirecto Factor Atwater. Los análisis microbiológicos realizados a las muestras fueron: coliformes totales (NMP),

recuento de mesófilos aerobios (ufc/g) y recuento de hongos y levaduras (ufc/g).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica de la pulpa

La pulpa correspondió al 32% del peso fresco del fruto de maracuyá, valor que se encuentra dentro de los rangos reportados por Nascimento *et al.* (1999) para maracuyá amarillo, quienes indican que el fruto tiene un contenido de pulpa que varía entre 15,1% y 44,6%. Sin embargo, existen reportes en Brasil que presentan un rendimiento menor al encontrado en el presente estudio, tales como los presentados por Abreu *et al.* (2009), estos autores encontraron valores de contenido de pulpa entre 17% y 24% para cinco genotipos evaluados y Negreiros *et al.* (2007), quienes reportan un valor promedio de 26,5% de rendimiento en pulpa para maracuyá amarillo. Estas diferencias de rendimiento en pulpa se pueden explicar por las condiciones edafoclimáticas diferentes, dadas las condiciones tropicales de las zonas de cultivo en Colombia, donde se tiene mayor luminosidad y mejor distribución de las precipitaciones a lo largo del año, factores que inciden marcadamente en la producción del cultivo, así como en el rendimiento de pulpa (Cavichioli *et al.*, 2008).

En la tabla 1 se presenta el contenido de agua, la viscosidad, densidad, pH, sólidos solubles totales y acidez total titulable, los cuales son semejantes a los reportados para la pulpa de maracuyá amarillo por otros autores (Vaillant *et al.*, 2001; Vera *et al.*, 2009). En relación con el pH, se encontró un valor promedio de 2,9 el cual se encuentra dentro de los valores reportados por Fortaleza (2002) y Abreu *et al.* (2009), correspondientes al intervalo comprendido entre 2,5 y 3,1. En cuanto a los sólidos solubles totales, el valor promedio encontrado de 15° Brix es superior al reportado por Abreu *et al.* (2009), quienes indican una variación entre 12,68 y 13,57° Brix para los cinco genotipos evaluados. La acidez total titulable

(% ácido cítrico) presenta un valor promedio de 4,42%, el cual se encuentra dentro del intervalo 2,9% a 5,9% reportado por Fortaleza (2002); sin embargo, Abreu *et al.* (2009) mencionan que la acidez total titulable para los cinco genotipos evaluados oscila entre 6,46% y 7,24%, valores superiores a los encontrados en este estudio (4,42%). Tales variaciones en los valores posiblemente se explican por las diferencias en latitud, condiciones edafoclimáticas, estado de madurez de los frutos y origen de las semillas (Oliveira, 2001). Se puede concluir que el maracuyá del estudio presenta un buen rendimiento en pulpa con alto contenido de sólidos solubles totales y bajo contenido de acidez total titulable, constituyéndose en una excelente materia prima para industrialización, requiriéndose posiblemente la adición de acidificantes al jugo para su procesamiento industrial (Nascimento *et al.*, 1999).

Curvas de secado

Con la información experimental se obtuvieron las curvas y los tiempos de secado para los diferentes tratamientos (Figuras 2 a 4). Estas curvas de secado presentan la tendencia normal de todos los productos, con una región de alta velocidad de secado y una de tasa decreciente, donde la primera región presenta una pendiente acentuada, teniendo como punto aproximado de inflexión el correspondiente a la humedad de 0,5 bs (33% bh). En la segunda zona la velocidad de secado disminuye rápidamente, comportamiento que es semejante con lo reportado para productos agrícolas por Brooker *et al.* (1992).

Para la pulpa de maracuyá el punto de inflexión se alcanza para la temperatura del aire de 50°C entre las 5 y 6 h de secado, para 55°C entre las 4,5 y las 5 h, para 60°C a las 4,5 h y para 65°C a las 4 h, concluyéndose que el tiempo en el cual se presenta el punto de inflexión disminuye a medida que se incrementa la temperatura y la velocidad del flujo de aire de secado. Después de este punto de inflexión se observan diferencias en el tiempo de secado, encontrándose que al au-

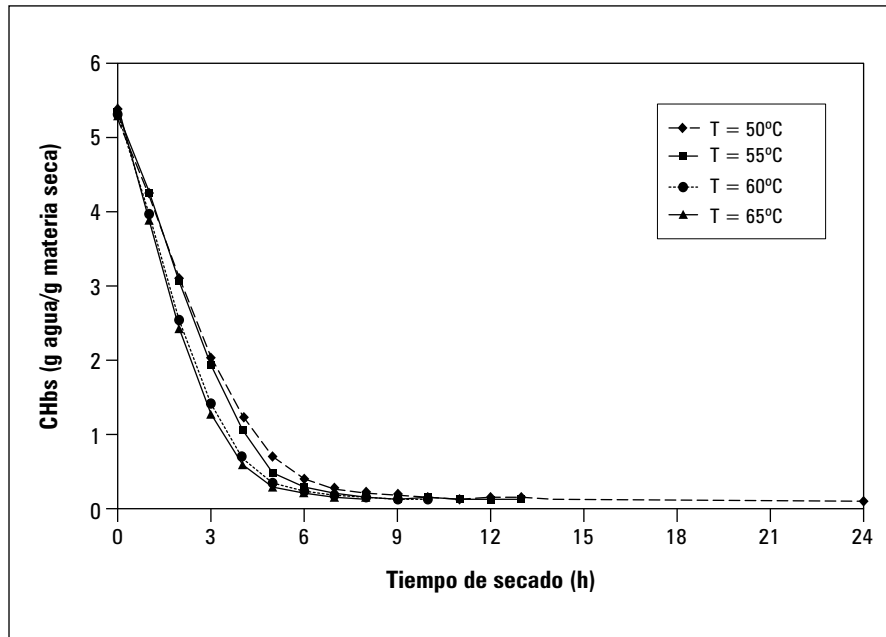


Figura 2. Curva de secado para la pulpa de maracuyá con una velocidad de $178,3 \text{ m min}^{-1}$ y diferentes temperaturas de secado del aire.

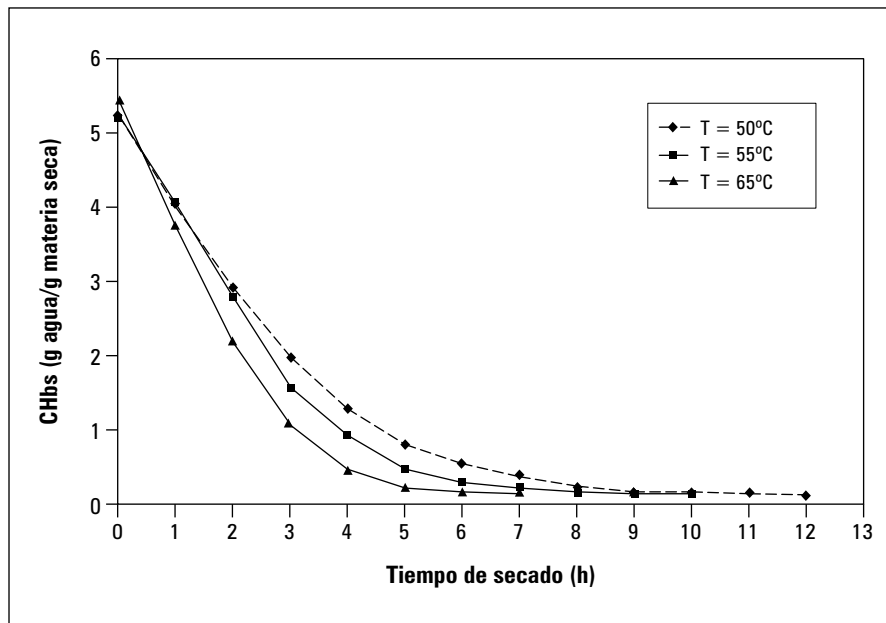


Figura 3. Curva de secado para la pulpa de maracuyá con una velocidad de $206,1 \text{ m min}^{-1}$ y diferentes temperaturas de secado del aire.

mentar la temperatura del aire (manteniendo su velocidad constante), el tiempo de secado disminuye, obteniéndose los menores tiempos de secado con la mayor temperatura (65°C) y la mayor velocidad del aire de secado utilizada (234,1 m min⁻¹), lo cual concuerda con lo encontrado por diferentes investigadores para otros productos agrícolas (Brooker *et al.*, 1992; Parra-Coronado *et al.*, 2008).

Caracterización de la pulpa deshidratada

El pH de la pulpa deshidratada presentó un valor similar al producto fresco, mientras que la acidez titulable presentó un incremento del 500% respecto a la acidez de la pulpa fresca. De acuerdo con Vaillant *et al.* (2001), este comportamiento es el esperado para los procesos de deshidratación de la pulpa de maracuyá amarillo. La actividad de agua de la pulpa deshidratada presentó rangos entre 0,45 y 0,59, lo que permite considerar que los productos deshidratados, obtenidos con este procedimiento, tienen un buen comportamiento de conservación en almacén y muy baja probabilidad de ataque de microorganismos patógenos. Al analizar estadísticamente los resultados finales de contenido de humedad, actividad de agua y acidez, se encontró que no hay diferencias significativas.

Las láminas de las pulpas deshidratadas presentaron un espesor promedio de 0,8 mm para el maracuyá, siendo el espesor inicial de la pulpa fresca de aproximadamente 10 mm. Los rendimientos obtenidos para el maracuyá fueron del 17,5% respecto a la pulpa y del 5,5% con respecto al producto fresco (incluyendo la corteza).

El análisis proximal de la pulpa de maracuyá presentó valores medios de contenido de humedad del 85,8%, grasa 0,0%, fibra cruda 0,17%, proteína 0,0%, minerales 0,6%, carbohidratos 13,4% y 53,5 kcal. Las pulpas deshidratadas de maracuyá presentaron valores de contenido de hume-

dad que variaron entre 9,4% y 12,0% bh, grasa 0,0%, fibra cruda entre 0,7% y 0,9%, proteína entre 5,2% y 6,0%, minerales entre 2,7% y 4,0%, carbohidratos entre 78,5% y 81,2% y entre 338 y 341 kcal. Como se aprecia, el contenido de humedad final se encuentra por debajo del 12% bh (0,136 bs), el cual corresponde al contenido de humedad esperado para garantizar la conservación del producto en almacenamiento prolongado. Por otra parte, se verificó un aumento en el contenido de carbohidratos, debido a la concentración de los sólidos solubles totales, lo que resulta en un producto con mayor contenido calórico.

Análisis microbiológico

Se realizaron las pruebas microbiológicas de recuento de coliformes (totales y fecales), recuento de mesófilos y recuento de hongos y levaduras, tanto a las pulpas frescas (dos muestras de cada pulpa) como al producto deshidratado (cuatro muestras) (tablas 3 y 4). De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC – 404 (Icontec, 1998), la cual establece los requisitos microbiológicos para los jugos y pulpas de frutas congelados o no, el recuento de coliformes totales y de mesófilos está dentro de los rangos permitidos (NMP <3 y 20.000 ufc/g, respectivamente), así como la presencia de hongos y levaduras (1000 ufc/g). Por lo anterior se puede inferir que el procedimiento utilizado para la obtención de las pulpas fue adecuado y está dentro de los estándares para pulpas frescas sin pasteurizar.

Para el caso de las pulpas de fruta deshidratada no existe una normatividad escrita en la legislación colombiana, razón por la cual, los resultados de esta investigación se compararon con la Norma Técnica Colombiana NTC – 404 (Icontec, 1998), la cual establece también los requisitos microbiológicos para los jugos y pulpas de frutas pasteurizados o no. De acuerdo con esta norma el recuento de coliformes totales y de mesófilos está dentro de los rangos permitidos

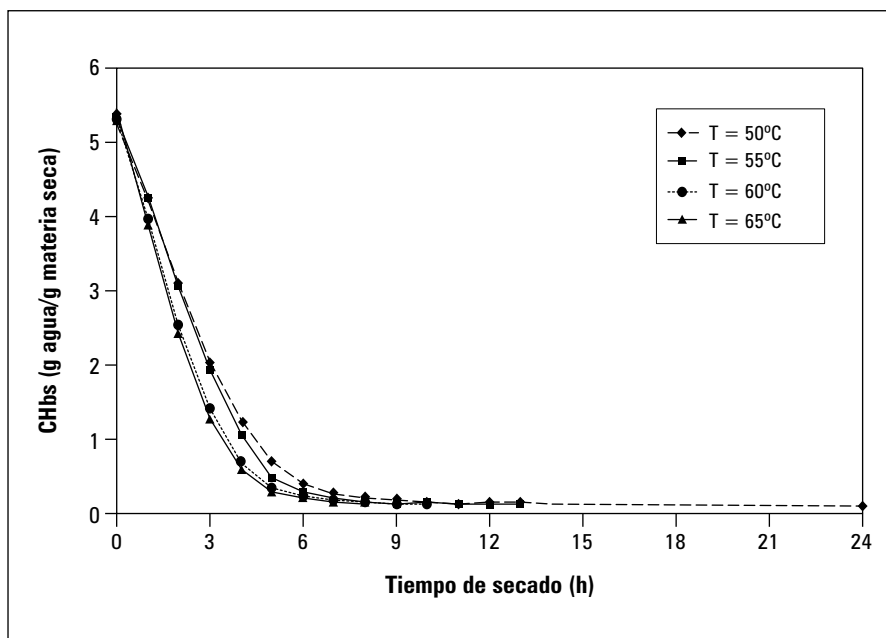


Figura 4. Curva de secado para la pulpa de maracuyá con una velocidad de $234,1 \text{ m min}^{-1}$ y diferentes temperaturas de secado del aire.

Tabla 3. Resultados de la caracterización microbiológica de las pulpas frescas de maracuyá sin pasterizar.

Análisis microbiológico	Muestra 1	Muestra 2
NMP coliformes totales por g	< 3	< 3
Recuento mesófilos aerobios UFC/g	20	90
Recuento hongos y levaduras UFC/g	75×10^1	35×10^1

NMP/g = número más probable por gramo; UFC/g = unidades formadoras de colonias por gramo.

Tabla 4. Resultados microbiológicos de las pulpas deshidratadas de maracuyá.

Análisis microbiológico	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
NMP coliformes totales por g	< 3	< 3	< 3	< 3
Recuento mesófilos aerobios UFC/g	10	90	90	80
Recuento hongos y levaduras UFC/g	< 10	< 10	< 10	50

NMP/g = número más probable por gramo; UFC/g = unidades formadoras de colonias por gramo.

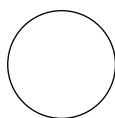
(NMP <3 y 1.000 ufc/g , respectivamente), así como la presencia de hongos y levaduras (100 ufc/g). A partir de lo anterior, se puede deducir que las muestras de las pulpas deshidratadas de maracuyá están dentro de los rangos permitidos para alimentos de consumo humano. Estos

resultados son congruentes con las condiciones de baja actividad de agua obtenida en estos productos, lo que permite controlar el desarrollo de la mayoría de los microorganismos patógenos y hacer un buen manejo en almacenamiento del producto deshidratado.

CONCLUSIONES

Las curvas de secado obtenidas para maracuyá presentan la tendencia normal de todos los productos, observándose que el tiempo de secado disminuye al incrementar la temperatura y/o la velocidad del aire de secado, variables que son muy importantes para el diseño y operación de sistemas de secado mecánico, encontrándose que una temperatura del aire de secado de 65°C y una velocidad del aire de 231,4 m min⁻¹ son las condiciones más adecuadas para la deshidratación de las pulpas de maracuyá utilizadas en la fase experimental.

La actividad de agua en el producto deshidratado permite prever un buen comportamiento de conservación en almacén y muy baja probabilidad de ataque de microorganismos patógenos. A su vez, el comportamiento de los productos obtenidos en cuanto a sus parámetros de conservación fue satisfactorio, por cuanto los recuentos microbiológicos estuvieron dentro de los rangos aceptables para productos deshidratados, debido principalmente a la reducida actividad de agua alcanzada en el producto deshidratado.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, S.P.M., J.R., Peixoto, N.T.V. Junqueira y M.A.F. Sousa. 2009. Características físico-químicas de cinco genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no distrito federal. *Rev. Bras. Frutic.* 31(2), 487-491.
- Agronet. 2011. Área cosechada, producción y rendimiento de maracuyá 2009-2010. En: <http://www.agronet.gov.co>; consulta: noviembre de 2011.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis of official analytical chemists international. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bahamón, N.A. 1999. Determinación del estado adecuado de proceso y evaluación de métodos de conservación de las pulpas de piña y maracuyá. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- Barbosa, G. y H. Vega. 2000. Deshidratación de alimentos. Editorial Acirbia, Zaragoza.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema y C.W. Hall. 1992. Drying and storage of grains and oilseeds. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Caparino, O.A., J. Tang, C.I. Nindo, S.S. Sablani, J.R. Powers, J.K. Fellman. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *J. Food Eng.* 111(1), 135-148.
- Castro, A.M., L. Rodríguez y E.M. Vargas. 2008. Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación. *Vitae* 15(2), 226-231.
- Castro, M.L. 1990. Estudio de la viscosidad en el proceso de la concentración de la curuba. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cavichioli, J.C., C. Ruggiero y C.A. Volpe. 2008. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro-amarelo submetidos à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. *Rev. Bras. Frutic.* 30(3), 649-656.
- CCI. 2004. Perfil de producto No. 19. Maracuyá. Sistema de Inteligencia de Mercado. Corporación Colombia Internacional, Bogotá.
- Cerquera, N.E. 2006. Determinación de variables de secado y diseño de un prototipo para deshidratación de pulpa de fruta en lámina. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fortaleza, J.M. 2002. Influência da adubação potássica e da época de colheita sobre as características físicoquímicas dos frutos de nove genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

- Furlaneto, F.P.B., M.S.T. Esperancini, A.N. Martins y A.A. Vidal. 2010. Características técnicas e económicas do cultivo de maracujazeiros. En: Infobibos, <http://www.infobibos.com>; consulta: diciembre de 2011.
- Giraldo, D.P., L.M. Arango y C.J. Márquez. 2004. Osmo-deshidratación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) con tres agentes edulcorantes. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 57(1), 2257-2274.
- IBRAF. 2010. Produção brasileira de frutas 2009. Em: Instituto Brasileiro de Frutas, <http://www.ibraf.org.br>; consulta: noviembre de 2011.
- Icontec, 1998. Norma técnica colombiana. Frutas procesadas. Jugos y pulpas de frutas. NTC 404. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá.
- Laboissière, L.H.E.S., R. Deliza, A.M. Barros-Marcellini, A. Rosenthal, L.M.A.Q. Camargo y R.G. Junqueira. 2007. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of yellow passion fruit juice. Innov. Food Sci. Emerg. Tech. 8(4), 469-477.
- Nascimento, T.B., J.D. Ramos y J.B. Menezes. 1999. Características físicas do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas. Pesq. Agropec. Bras. 34(12), 2353-2358.
- Negreiros, J.R.S., V.S. Álvares, C.H. Bruckner, M.A.D. Morgado y C.D. Cruz. 2007. Relação entre características físicas e o rendimento de polpa de maracujá-amarelo. Rev. Bras. Frutic. 29(3), 546-549.
- Oliveira, A.T. 2001. Produtividade e avaliação da incidência e severidade de doenças em frutos de nove genótipos de maracujazeiro azedo cultivados sob influencia de adubação potássica no Distrito Federal. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.
- Parra-Coronado, A., G. Roa-Mejia y C.E. Oliveros-Tascón. 2008. SECAFÉ Parte II: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. 12(4), 428-434.
- Pearson, D. 1986. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Perry, R.H. 1986. Perry's chemical engineering handbook. 6th ed. McGraw Hill, New York, NY.
- Vaillant, F., E. Jeanton, M. Dornier, G.M. O'Brien, M. Reynes y M.; Decloux. 2001. Concentration of passion fruit juice on an industrial pilot scale using osmotic evaporation. J. Food Eng. 47(3), 195-202.
- Vera, E., J. Sandeaux, F. Persin, G. Pourcelly, M. Dornier y J. Ruales. 2009. Deacidification of passion fruit juice by electro dialysis with bipolar membrane after different pretreatments. J. Food Eng. 90(1), 67-73.