

# PROPIEDADES TÉCNICO-FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETARIA DE CÁSCARAS DE MANGO VARIEDAD HILACHA (*Mangifera indica* L.): EFECTO DEL SECADO POR CONVECCIÓN

## TECHNOLOGICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF DIETARY FIBER FROM MANGO PEEL VAR. HILACHA (*Mangifera indica* L.): EFFECT OF CONVECTION DRYING

## PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FIBRA DIETÉTICA DA CASCA DE MANGA VAR. HILACHA (*Mangifera indica* L.): EFEITO DA SECAGEM POR CONVECÇÃO

GUSTAVO ADOLFO HINCAPIÉ LL.<sup>1\*</sup>, DIANA CAROLINA VÁSQUEZ O.<sup>2</sup>, VALERIA SOFÍA GALICIA M.<sup>3</sup>, CARLOS AUGUSTO HINCAPIÉ LL.<sup>4</sup>

### RESUMEN

*Un subproducto de la obtención del jugo de mango es su cáscara; la cual contiene niveles considerables de fibra dietaria que podrían ser utilizados en la elaboración de productos alimenticios, sin embargo, actualmente no es muy aprovechado. El proceso de secado prolonga la vida útil de la cascara y permite que pueda ser adicionada a otros alimentos. En este estudio, se caracterizó fisicoquímicamente la Cáscara de Mango Hilacha (CMH) y se evaluó el efecto de cinco temperaturas de secado sobre las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria; Capa-*

**Recibido para evaluación:** 28 de noviembre de 2011. **Aprobado para publicación:** 28 de abril de 2014

- 1 Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Químico, Msc. Docente-Investigador. Medellín, Colombia.
- 2 Universidad Pontificia Bolivariana. Ingeniero Agroindustrial. Joven Investigador, Grupo de Investigaciones Agroindustriales. Medellín, Colombia.
- 3 Universidad Pontificia Bolivariana. Ingeniero Agroindustrial. Medellín, Colombia.
- 4 Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Ingeniero Agroindustrial, Ph.D. Docente-Investigador. Medellín, Colombia.

**Correspondencia:** gustavo.hincapie@upb.edu.co.

cidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Retención de Agua (CRA) y Capacidad de Adsorción de Lípidos (CAL), características que determinan en gran medida la calidad de la fibra dietaria (FD). Los resultados obtenidos indican que la CMH tiene un contenido de fibra dietaria total, proteína, extracto etéreo, carbohidratos y fibra cruda similar al de otras variedades de mango. La cáscara de mango hilacha seca y molida (CSMH) obtenida, es una promisorio fuente de FD, ya que su calidad no se vio afectada significativamente por el proceso de secado empleado en este trabajo.

## ABSTRACT

A byproduct from juice extraction of mango is the peel, which contains significant levels of dietary fiber that could be used in food processing, however, is not currently utilized. The drying process extends the useful life of the peel and allows it to be added to other foods. In This work, we made a chemical characterization of HMP and evaluated the drying temperature effect over functional properties of dietary fiber; Swelling Capacity (SC), Water Retention Capacity (WRC) and Lipid Adsorption Capacity (LAC), features that define, in high degree, dietary fiber (DF) quality. Results showed that the HMP is similar to other mangoes varieties, because have a similar content of total dietary fiber, protein, ether extract, carbohydrates and crude fiber. The dry peel of Hilacha mango (MDPHM) obtained, is a promising source of DF because their quality didn't affected significantly for the drying process used in this work.

## RESUMO

Um subproduto da produção de sumo de manga é a sua casca, que contém níveis significativos de fibra dietética que pode ser utilizado no processamento de alimentos, no entanto, não é actualmente utilizada. O processo de secagem prolonga-se a vida útil da casca e permite que seja adicionada a outros alimentos. Neste estudo, CMH foi caracterizado quimicamente e avaliado o efeito da temperatura de secagem nas propriedades funcionais da fibra dietética; Capacidade inchaço (CI), capacidade de Reter Água (CRA) e Capacidade de Adsorção de Lipídeos (CAL), características determinam em grande parte a qualidade da fibra dietética (FD). Os resultados mostraram que o HMP é semelhante a outras variedades de manga, porque tem um conteúdo similar de fibra dietética total, proteína, extrato etéreo, carbohidratos e fibra bruta. A casca seca da manga Hilacha (CSMH) obtido, é uma fonte promissora de DF porque a sua qualidade não afetou de forma significativa para o processo de secagem utilizado neste trabalho.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés en la nutrición y la prevención de enfermedades por parte de la población, lo cual se ve reflejado en el incremento de la demanda de alimentos funcionales con altos niveles de antioxidantes y fibra dietaria [1]. En respuesta a este comportamiento del mercado se han estudiado y desarrollado productos ricos en

### PALABRAS CLAVE:

Capacidad de hinchamiento, Capacidad de retención de agua, Capacidad de adsorción de lípidos.

### KEYWORDS:

Swelling capacity, Water retention capacity, Lipid adsorption capacity.

### PALAVRAS-CHAVE:

Capacidade de inchaço, Retenção de água, Capacidade de adsorção de lipídios.

estos compuestos como pasabocas [2], cárnicos y de panadería [3, 4]. También se ha incrementado la incorporación de fibra dietaria proveniente de diversas fuentes alimentarias, estas se adicionan en la formulación de productos posicionados en el mercado como ingrediente funcional, generando mayor interés en el consumidor y valor agregado al producto [5].

Generalmente, en la industria de alimentos se emplea la fibra dietaria proveniente de cereales, sin embargo el uso de fibra proveniente de frutas y verduras se ha ido incrementando, ya que los estudios realizados la consideran de mayor calidad debido a la proporción de fibra dietaria soluble e insoluble que contiene, además presenta mejores propiedades técnicas como la capacidad de retención de agua y de lípidos [6].

Se ha identificado que algunos subproductos de la transformación de frutas como las cáscaras de naranja [7, 8], mango [3] y manzana [8, 9], que actualmente son considerados residuos, aún contienen nutrientes, antioxidantes y fibra dietaria que pueden ser aprovechados en la industria de alimentos. Estos subproductos pueden ser procesados con el fin de obtener nuevos ingredientes que puedan ser incorporados a las matrices alimentarias.

Actualmente se están desarrollando investigaciones a nivel mundial en torno al uso de subproductos de frutas y verduras con el fin de aprovechar las propiedades fisicoquímicas y técnico-funcionales que estos contienen. Uno de los procesos estudiados es el secado por convección, ya que, al reducir el contenido de humedad se contribuye a la disminución o inhibición del crecimiento microbiano y de las reacciones enzimáticas, lo que lleva a una reducción del volumen y del peso final, facilitando y economizando el transporte y el almacenamiento, también permite incrementar la vida en anaquel [10].

Investigaciones han demostrado que el secado de vegetales empleando altas temperaturas puede ocasionar cambios en los compuestos de la fruta [11], afectando la textura, color, densidad, porosidad, absorción de materiales [12], además posibilita el endurecimiento y encogimiento general del fruto [13]. Debido a estos cambios se hace necesario estudiar temperaturas y tiempos de secado, al igual que las velocidades del aire empleadas; la literatura reporta estudios en el secado de aloe vera [14], brócoli [15], naranja [7], tomate, calabaza, zanahoria, entre otros [16]. Además se han evaluado las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria

[4, 6, 7, 14, 15, 16 y 17], ya que estas podrían sufrir modificaciones debido al secado; estas propiedades dependen de las estructuras químicas de los polisacáridos de la planta, que son sensibles a las condiciones de operación, principalmente la temperatura [15].

El mango es originario del continente asiático, a Colombia fue introducido por los españoles, la variedad hilacha tiene un sabor agradable y buena aceptación en el mercado, en la industria se emplea principalmente la pulpa para la elaboración de congelados, dulces, jugos y compotas [18]. La CMH puede constituir entre el 15 y 18% del peso del fruto fresco y es un subproducto agroindustrial que en ocasiones es aprovechado para la alimentación animal y extracción de pectina [19], sin embargo, este subproducto es de uso potencial en la industria alimentaria para humanos por su contenido de fibra dietaria [6].

En la presente investigación se estableció la cinética de secado de la CMH (*Mangifera Indica* L.) y se evaluó el efecto de la temperatura sobre la cantidad de fibra dietaria y sus propiedades técnico-funcionales (CH, CRA y CAL) que se conservan en el subproducto, luego de ser sometido a secado por convección forzada con aire caliente a diferentes temperaturas (40, 45, 50, 55 y 60°C) y a una velocidad constante de 3 m/s.

## MÉTODO

### Material

El mango hilacha (*M. indica*) fresco se adquirió en la Central Mayorista de Antioquia, se seleccionaron frutos en estado de madurez comercial y se llevaron al laboratorio. Los frutos fueron lavados, desinfectados y pesados. Posteriormente, se separó la pulpa de la piel y de la semilla por medio de una despulpadora marca Indutorno, y se recogió la cáscara para ser estudiada.

### Métodos

Caracterización fisicoquímica de las cáscaras de mango. A las CMH se les analizó; humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína total y carbohidratos según metodología AOAC; a las CSMH y a las CMH se les determinó Fibra Dietaria Total (FDT), según metodología AOAC 985.29 enzimático [20], Fibra Dietaria Soluble (FDS) según metodología AOAC 993.19 [20] y la Fibra Dietaria Insoluble (FDI) se calculó a partir de la resta de FDT menos la FDS.

**Cinética de secado.** Para definir las temperaturas de operación se tuvo en cuenta la bibliografía consultada y los resultados obtenidos por otros autores. La cinética de secado se obtuvo siguiendo la metodología descrita por Isaza [21]; la CMH fresca se dispuso en una bandeja y se sometió a secado por convección con aire forzado a cinco (5) temperaturas diferentes: 40, 45, 50, 55 y 60°C con velocidad del aire constante de 3 m/s. El secador está conectado a un ordenador que permite controlar y registrar el tiempo, el peso y la temperatura de secado. El proceso se realizó hasta que el producto alcanzó una humedad alrededor de 0,12 g de H<sub>2</sub>O/g de Base Seca (B.S.).

**Reducción de tamaño.** Las CSMH se procesaron en un molino de cuchillas Retsch SM100, con el fin de reducir su tamaño a 0,180 mm, luego se refinó utilizando una tamizadora eléctrica tipo excéntrica vertical SUELOS e ING y pasándolo por un tamiz N°80, PYSIS de la serie standard. El material resultante se empacó en bolsas de polietileno hasta el momento de su análisis.

**Determinación de las Propiedades funcionales de la fibra dietaria.** Se siguió el método descrito por Femenia *et al.* [17], para tal fin fue necesario extraer el residuo insoluble en alcohol (RIA) a la muestra seca; se tomaron 50 g de CSMH con tamaño de partícula de 0,180 mm y se adicionaron a 200 mL de etanol al 85% v/v. Esta mezcla se calentó hasta ebullición por 10 minutos, luego se recolectó y se filtró empleando papel filtro de fibra de vidrio Whatman GF/C. El material resultante se lavó con dietil éter y se secó a temperatura ambiente durante 24 horas. El material resultante constituye el RIA.

**Determinación de la Capacidad de Hinchamiento.** Se determinó midiendo el volumen que gana la muestra después de alcanzar un equilibrio con un exceso de disolvente. Se pesaron 0,25 g de muestra de RIA en una probeta, luego se hidrató con 10 mL de agua destilada. Pasadas 16 horas se midió el volumen de la muestra. El valor se expresa como ml de agua/g RIA.

**Determinación de la Capacidad de Retención de Agua.** Se determinó después de centrifugar el RIA previamente hidratado. Se tomaron 0,25 g de muestra de RIA seco. Se adicionaron 10 mL de agua destilada en un tubo de centrifuga, después de 24 horas se centrifugó a 3000 rpm/10 minutos y el sobrenadante se decantó. La retención de agua se expresa como g agua/g RIA.

**Determinación de la Capacidad de Adsorción de Lípidos (CAL).** Se determinó después de centrifugar el RIA después de estar en contacto con aceite. Se pesaron 0,25 g de muestra de RIA seco y se adicionaron 10 mL de aceite de girasol en un tubo de centrifuga, después de 24 horas se centrifugó a 3000 rpm/10 minutos y el sobrenadante se decantó. La adsorción de lípidos se expresa como g aceite/g RIA.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar; el análisis estadístico correspondió a un análisis de una vía con cinco (5) tratamientos y tres (3) repeticiones. Las variables respuestas a medir fueron; el contenido de FD (FDT, FDS y FDI) y las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria (CH, CRA y CAL). A los resultados se les realizó un análisis de varianza, y cuando se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, se determinaron a través de la prueba de Duncan, empleando el programa estadístico SAS V 8.0.

## RESULTADOS

### Caracterización fisicoquímica de las cáscaras de mango

Los valores resultantes de la caracterización de la muestra se pueden ver en el cuadro 1. La CMH tiene contenidos en B.S. alrededor de 60,83% de FDT,

**Cuadro 1.** Composición química de la cáscara de mango hilacha.

Parámetro	Base seca	Base húmeda
% humedad	N.A.	75,38±1,38
% extracto etéreo	3,68±0,50	0,91±0,12
% fibra cruda	18,35±2,80	4,51±0,69
% proteína	4,98±1,40	1,23±0,34
% cenizas	2,72±0,90	0,67±0,22
% carbohidratos	70,27±8,10	17,30±1,99
% fibra dietaria total (FDT)	60,83±4,90	14,98±1,21
% fibra dietaria soluble (FDS)	4,56±1,20	1,12±0,28
% fibra dietaria insoluble (FDI)	56,27±4,50	13,85±1,11

N.A. No Aplica

56,27% de FDI y 4,56% de FDS; más de la mitad de la cáscara es FD, siendo en su mayoría FDI, la relación de FDS/FDI es baja. El contenido de FDT en CMH es similar al reportado por Ajila para la variedad Raspuri (63,80) e inferior al de la variedad Badami (78,40) [3], el contenido de proteína, fibra cruda y extracto etéreo a pesar de ser bajos, que no llegan al 5% en B.S. cada uno, son superiores a los reportados por Ajila en su investigación [3], lo que indica que la CMH contiene mayor valor nutricional que las cáscaras procedente de otras variedades de mango y que puede ser aprovechado en la industria de alimentos. Sin embargo las CMH presentan un alto contenido de humedad (75,38%), que en conjunto con su alto contenido de carbohidratos hace al producto altamente perecedero y susceptible al deterioro enzimático y el ataque microbiano, motivo que hace indispensable el uso de tratamientos tecnológicos que permitan obtener un producto con una humedad igual o inferior al 0,12 g de H<sub>2</sub>O/g B.S. para prolongar su vida útil y aprovechar sus propiedades nutricionales.

### Cinética de secado

En la figura 1 se presenta la cinética de secado para los 5 tratamientos empleados.

En la Figura 1 se puede observar como la temperatura del aire de secado tuvo una influencia importante en el tiempo de operación, los periodos de secado más largo obedecen a tratamientos con las temperaturas más bajas.

El secado a 40°C de operación necesitó 27,61 h para alcanzar un contenido de humedad de 0,12 g/g B.S., mientras que a 60°C solo requirió 13,8 h. Para la tem-

peratura de 45°C, el producto demoró 19,66 h para llegar a una humedad de 0,119 g/g B.S. En las temperaturas de 50 y 55°C, los tiempos de secado para obtener valores de humedad cercanos a los 0,12 g/g B.S., fueron muy similares, con 16,78 h y 16,45 h, respectivamente, esto también es notable en la figura 1. Este comportamiento es similar al obtenido en el secado de guayaba [22] y de la naranja, que requirieron cerca de 8,3 h a 30°C y solo 1,75 h a 70°C para alcanzar el mismo contenido de humedad [7]; este comportamiento se presenta por el incremento en la velocidad de evaporación del agua de la superficie de la muestra, y se debe a la rápida distribución y migración de la humedad en la superficie durante el período de adaptación en los 5 tratamientos ya que se genera mayor sensibilidad al calor como respuesta al incremento de la temperatura.

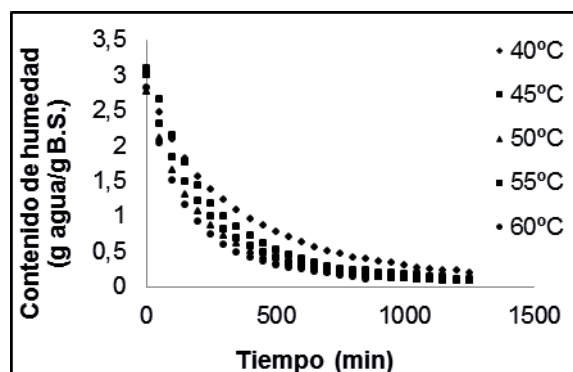
### Evaluación del comportamiento de la FDT, FDS, FDI, CH, CRA y CAL en la CSMH

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para la FDT, FDS, FDI y las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria en las muestras sometidas a los 5 tratamientos. Puede observarse que la temperatura de secado no influye en el contenido de FDT presente en la CSMH ya que los productos obtenidos en los 5 tratamientos no presentan diferencia estadísticamente significativa entre ellos y tampoco en el contenido obtenido para la CMH (60,83%), también se aprecia que la temperatura de secado tiene poca influencia sobre la FDI y la CAL.

En la Figura 2 se presenta el comportamiento de la FDT, FDS, FDI con las diferentes temperaturas de secado.

La FDT y la FDI presentan un comportamiento similar, con una tendencia a aumentar a medida que aumenta la temperatura de secado, excepto a 55°C, donde ambos componentes disminuyen. La FDS también presenta una leve tendencia a aumentar, pero a diferencia de los otros dos tipos de fibra estudiados, disminuye al tratamiento de 50°C, la temperatura donde se presentó el mayor contenido de FDS es a 60°C con un 8,06% en B.S, el cual supera en un 77% el contenido de esta fibra en la CMH; esto se puede deber a procesos de hidrólisis de compuestos que son susceptibles de ser detectados en el método de la AOAC para FDS. No se observa una tendencia definida en la FDT, FDS y FDI a las cinco temperaturas empleadas, debido al rango que se estudió (40–60°C).

Figura 1. Cinética de secado de las CMH



B.S.: Base Seca

**Cuadro 2.** FDT, FDS, FDI, CH, CRA y CAL en la CSMH a los diferentes tratamientos.

T (°C)	FDT* (%BS)	FDS (%BS)	FDI (%BS)	CH (mL agua/g RIA)	CRA (g agua/g RIA)	CH (g aceite/g RIA)
40	60,59	3,50 <sup>c</sup>	57,14 <sup>a</sup>	4,85 <sup>c</sup>	6,46 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>
45	62,92	4,99 <sup>b</sup>	57,93 <sup>a</sup>	6,07 <sup>b</sup>	4,76 <sup>b</sup>	1,08 <sup>b</sup>
50	62,24	3,22 <sup>c</sup>	59,02 <sup>a</sup>	6,56 <sup>b</sup>	6,08 <sup>a</sup>	0,99 <sup>b</sup>
55	53,63	5,85 <sup>b</sup>	47,78 <sup>b</sup>	7,75 <sup>a</sup>	4,95 <sup>b</sup>	1,45 <sup>ab</sup>
60	64,43	8,06 <sup>a</sup>	56,37 <sup>a</sup>	6,40 <sup>b</sup>	6,42 <sup>a</sup>	1,03 <sup>b</sup>

B.S.: Base Seca

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.

En la figura 3 se presenta el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria a las diferentes temperaturas de secado.

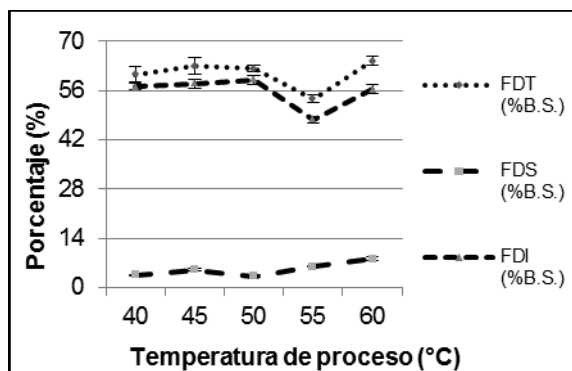
Las propiedades técnico-funcionales de la CSMH no presentan un comportamiento definido respecto al incremento de la temperatura de operación. Se evidencia que la CAL fue la propiedad que presentó menor desviación estándar entre repeticiones y la CRA presentó la mayor.

La CH presentó un comportamiento ascendente conforme al incremento de temperatura en el rango entre 40 y 55°C; el mayor valor se presenta a 55°C, los resultados obtenidos a 45, 50 y 60°C no presentan diferencia estadísticamente significativa entre ellos, sin embargo, se presenta una disminución del 17% de 7,75 mL/g RIA a 6,40 mL/g RIA a las temperaturas de secado de 55 y 60°C respectivamente. El menor valor se presentó a 40°C, debido a la baja temperatu-

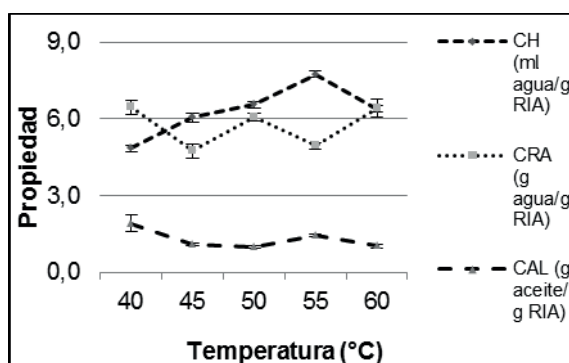
ra empleada y a los periodos prolongados de tiempo para lograr la humedad deseada. No se encontraron otras investigaciones que reportaran el valor de la CH para CSMH, sin embargo, en un estudio realizado con cáscaras de naranja [7] la CH no se vio afectada por las diferentes temperaturas de operación.

La CRA de la CSMH no presenta diferencia estadísticamente significativa cuando se somete a secado a 40, 50 y 60°C, pero es menor cuando se somete a secado a 45 y 55°C, sin haber diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos. La CSMH presenta una menor CRA que la reportada para la variedad Hyden (11,4% B.S.) [6] debido a la diferencia taxonómica del fruto y las diferencias agronómicas del cultivo. No se presenta una tendencia definida en esta propiedad.

La mayor CAL se presentó a 40°C, de allí la tendencia fue a disminuir a medida que aumentaba la temperatura del tratamiento. Este comportamiento coincide

**Figura 2.** Contenido de FDT, FDS, FDI a los diferentes tratamientos.

B.S.: Base Seca

**Figura 3.** Propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de las CSMH a los diferentes tratamientos.

B.S.: Base Seca

con el observado en cáscara de naranja donde la CAL decreció respecto a la temperatura empleada [7]. La CSMH presenta menor CAL que las halladas por Larrauri et al, en su estudio de cáscaras variedad Hyden (2,7% B.S.) [6].

En general, las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria no presentan un comportamiento definido conforme al incremento de la temperatura de operación, este mismo fenómeno se presenta en el aloe [14] y puede deberse a la composición química del material de estudio y a la variación de sus compuestos, ocurrida a las diferentes temperaturas [11]. En la búsqueda bibliográfica no se encontró que hubiese cambios de los compuestos de la FD en los rangos de temperatura empleados en este estudio, por ello se debe analizar las reacciones químicas que pueden suceder en la matriz alimenticia. En el caso de la cáscara y pulpa de naranja estudiadas por Garau [7], se empleó un rango de temperatura más amplio (30-90°C) y se observó que el RIA tampoco presenta una tendencia definida respecto a la temperatura, lo que influye directamente en el comportamiento de sus propiedades técnico-funcionales. Estas observaciones permiten afirmar que la FDT, FDS, FDI y las propiedades técnico-funcionales no dependen exclusivamente de la temperatura de secado.

## CONCLUSIONES

La CMH es una buena fuente nutricional que puede ser aprovechada por la industria alimentaria.

El secado por convección es una alternativa para la conservación y posterior aprovechamiento de la CMH en la industria alimentaria.

La fibra dietaria total de la CMH no presenta variación estadísticamente significativa al ser sometida al proceso de secado por convección en el rango de temperatura entre 40 y 60°C.

La temperatura y los tiempos prolongados de exposición en el proceso de secado de la CMH contribuyen a la variación del contenido de fibra dietaria soluble e insoluble presente en la CSMH.

El secado de la CMH a 60°C permite incrementar el contenido de fibra dietaria soluble en la CSMH.

Las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria no presentan una tendencia definida bajo las condiciones de operación empleadas en esta investigación.

La CSMH es una materia prima promisoría para la industria de alimentos enriquecidos con fibra, gracias a sus propiedades técnico-funcionales.

## REFERENCIAS

- [1] DE ROOS, N.M. The potential and limits of functional foods in preventing cardiovascular disease. En: Functional foods, cardiovascular disease and diabetes. Boca Raton (United States): Woodhead Publishing, 2004, p.1-9.
- [2] LARREA, M.A., CHANG, Y.K. and MARTINEZ-BUSTOS, F. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. Food Chemistry, 89(2), 2005, p. 301–308.
- [3] AJILA, C.M., BHAT, U.J.S. and PRASADA, R. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. Food Chemistry, 102(4), 2007, p.1006–1011.
- [4] VERGARA-VALENCIA, N, GRANADOS-PÉREZ, E., AGAMA-ACEVEDO, E. TOVAR, J., RUALES, J. and BELLO-PÉREZ, L. Fiber concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. LWT, 40(4), 2007, p.722–729.
- [5] CHAU, C.F and HUANG, Y.L. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(9), 2003. p. 2615–2618.
- [6] LARRAURI, J.A., RUPÉREZ, P, BORROTO, B. and SAURA-CALIXTO, F. Mango peels as a new tropical fiber: Preparation and characterization. LWT-Food Science and Technology, 29(8), 1996, p. 729–733.
- [7] GARAU, M, SIMAL, S., ROSELLÓ, C. and FEMENIA, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fiber and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. Food Chemistry, 104(3), 2007, p. 1014–1024.
- [8] FIGUEROLA, F., HURTADO, M.L., ESTÉVEZ, A.M., CHIFFELLE, I. and ASENJO, F. Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. Food Chemistry, 91(3), 2005, p. 395-401.

- [9] VASANTHA-RUPASINGHE, H.P, WANG, L., HUBER, G.M. and PITTS, N.L. Effect of baking on dietary fiber and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107(3), 2008, p. 1217-1224.
- [10] GONZÁLEZ-DÍAZ, E.E. Análisis comparativo de las propiedades organolépticas de zanahoria deshidratada con y sin pretratamiento osmótico [Tesis Ingeniera Química]. Guatemala (Guatemala): Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenierías, 2007, 53 p.
- [11] FEMENIA, A. High-value co-products from plant foods: cosmetics and pharmaceuticals. En: *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing*. Cambridge (England): Woodhead Publishing Ltd, Vol. 1, 2007, p. 470-501.
- [12] KROKIDA, M.K. and MAROULIS, Z.B. Structural properties of dehydrated products during rehydration, *International Journal of Food Science and Technology*, 36(5), p. 529-538.
- [13] ZARTHA-SOSSA, J.W. Operaciones unitarias aplicadas a la agroindustria. Medellín (Colombia): Universidad Pontificia Bolivariana, 2001, 223 p.
- [14] SIMAL, S., FEMENIA, A., LLULL, P. and ROSELLÓ, C. Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 2000, p.109-114.
- [15] FEMENIA, A., BESTARD, M.J., SANJUAN, N., ROSELLÓ, C. and MULET, A. Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea* L. italica) plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 46(3), 2000, p.157-163.
- [16] KROKIDA, M.K., KARATHANOS, V.T., MAROULIS, Z.B. and MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59 (4), 2003, p. 391-403.
- [17] FEMENIA, A., LEFEBVRE, A.C., THEBADUDIN, J.Y., ROBERTSON, J.A and BOURGEOIS, C.M. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Food Science*, 62(4), 1997, p. 635-639.
- [18] LÓPEZ-CIRO, J.H. Manejo poscosecha y comercialización del mango. Armenia (Colombia): Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 2000.
- [19] SUMAYA-MARTÍNEZ, M.T., SANCHEZ-HERRERA, L.M., TORRES-GARCÍA, G. y GARCÍA PAREDES D. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 30, 2012, p. 826-833.
- [20] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. *Official Methods of Analysis of AOAC*. 18 ed. Washington D.C (United States): AOAC, 2005.
- [21] ISAZA-ROLDAN, C.A., OVIEDO-LOPERA, J.C, GARCÍA-ZAPATA, A.M. y ARRIETA BURGOS, A.E. Desarrollo de un modelo matemático para el diseño de un secador solar híbrido para tratamiento poscosecha de productos agrícolas. *Memorias XIV Congreso Ibérico y IX Iberoamericano de energía solar*. Vigo (España): Volumen 1, 2008, p. 575-580.
- [22] CHUA, K.J., CHOU, S.K., HO, J.C., MUJUMDAR, A.S. and HAWLADER, M.N. A. Cyclic Air Temperature Drying of Guava Pieces: Effects on Moisture and Ascorbic Acid Contents. *Food and Bioproducts Processing*, 2000, 78(2), p. 72-78.