

Propiedades hidrodinámicas de la fibra dietaria a partir de harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) y mango (*Mangifera indica* L)

Hydrodynamic properties of dietary fiber flour from orange peel (*Citrus sinensis*) and mango (*Mangifera indica* L)

COLCIENCIAS TIPO 1. ARTÍCULO ORIGINAL

RECIBIDO: NOVIEMBRE 18, 2015; ACEPTADO: DICIEMBRE 14, 2015

Jader Martínez Girón, MSc
jader.martinez@correounivalle.edu.co

Christian Felipe Díaz Escué
christian.escue@correounivalle.edu.co

Leonel Martínez Rojas
martinez.leonel@correounivalle.edu.co

Universidad del Valle, Palmira-Colombia

Resumen

En este estudio se determinaron diversas propiedades fisicoquímicas e hidrodinámicas para la fibra obtenida a partir de cáscaras de naranja y mango, con el fin de conocer características de su capacidad de absorción, la cual se expresa como la cantidad máxima de retener agua o aceite por gramo del material seco de cada una de las muestras evaluadas. Para determinar las propiedades hidrodinámicas de las muestras se necesitó el epicarpio de dichas frutas totalmente seco y molido. El contenido de fibra fue evaluado bajo el método enzimático gravimétrico y se evaluó el efecto de la temperatura sobre las propiedades funcionales de hidratación de la fibra. Los resultados obtenidos evidencian que el contenido de fibra total y las propiedades hidrodinámicas evaluadas en las harinas obtenidas de los epicarpios del mango y la naranja no se ven afectadas a temperaturas comprendidas entre los 25°C y los 80°C, lo que permite concluir que estas harinas son una fuente alternativa que pueden ser usadas como un sustituto de fibra dietaria en la industria alimentaria.

Palabras clave

Propiedades hidrodinámicas; residuos de cáscara; harina; fibra dietaria.

Abstract

In this study various physicochemical and hydrodynamic properties for fiber obtained from orange and mango peel were determined in order to know their capacity of absorption, which is expressed as the maximum amount to hold water or oil dry gram of each of the samples tested material. To determine the hydrodynamic properties of the samples required the epicarp of the fruits completely dried and ground. The fiber content was evaluated under the gravimetric enzymatic method and the effect of temperature on the functional properties of fiber hydration was evaluated. The results show that the total fiber content and the hydrodynamic properties evaluated flour and orange handle epicarp not affected at temperatures between 25 and 80°C, which is that these flours are an alternative source use of dietary fiber as a substitute for the food industry.

Keywords

Hydrodynamic properties; husk waste; flour; dietary fiber.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al interés que existe hoy en día por los alimentos ricos en fibra, dietéticos, prebióticos, probióticos y nutraceuticos, se despierta un gran interés en darle uso a los subproductos de las industrias procesadoras de jugo a gran y pequeña escala.

Hay muchos subproductos de frutas (cáscaras) que son considerados como desperdicios, pero que aún contienen nutrientes, antioxidantes y fibra dietaria [FD] que pueden ser empleados en la industria alimentaria, para ser procesados con el fin de obtener nuevos ingredientes que se pueden integrar a matrices biológicas (Hincapié, Vasquez, Galicia, & Hincapié, 2014).

Una de las posibilidades es emplearlos como fuente de fibra dietética alterna a la de los cereales; es recomendable un incremento en la ingesta diaria de FD que permita cubrir las necesidades diarias, las cuales se encuentran, para la mayoría de las personas, entre 14 y 15 g de FD por cada 1000 Kcal (Codex Alimentarius, 2009).

La FD es una combinación de polímeros de carbohidratos tanto oligosacáridos como polisacáridos indigestibles en el intestino delgado humano, entre los cuales se encuentran componentes como la celulosa, hemicelulosas, pectinas, gomas entre otros (Elleuch et al., 2011).

La FD ha llamado la atención de los investigadores por los efectos fisiológicos asociados a su ingesta, como son el tratamiento del estreñimiento y la prevención del cáncer de colon. Los cereales fueron considerados las fuentes de fibra por excelencia, sin embargo, se requiere de cierto balance para que el efecto fisiológico se vea reflejado. Cabe precisar que las frutas y verduras aportan fibra con mejores balances.

Por otra parte, ha aumentado la tendencia de incorporación de FD proveniente de diversas fuentes alimentarias, adicionándose en la formulación de productos posicionados en el mercado, como ingrediente funcional, generando mayor tendencia en los consumidores y valor agregado al producto (Chau & Huang, 2003).

Se ha usado el método enzimático gravimétrico como prueba para cuantificar los constituyentes presentes en la FD. Los métodos para determinar el contenido de fibra dietética por medios enzimáticos consisten en el empleo de enzimas para eliminar: azúcares libres, almidón y proteínas;

una vez finalizada la hidrólisis enzimática, la cuantificación se puede realizar por cromatografía de gases o gravimétricamente (Cunniff, 1995).

En Colombia se producen aproximadamente 221 mil toneladas métricas de mango al año (FAOSTAD, 2011). La cáscara de mango es muy poco empleada y se utiliza, primordialmente para la fabricación de alimentos concentrados para animales. En general las cáscaras de esta fruta son un subproducto poco aprovechable, por lo que es notable valorarla para uso alimentario, debido a sus ingredientes y bioactivos que varían de acuerdo con la especie (Serna et al., 2015). Las cáscaras de mango son fuente de compuestos fitoquímicos, como polifenoles, carotenoides, vitaminas, enzimas y fibra dietaria (Alija, Bhat, & Rao, 2007).

Por otra parte, la manufactura de frutos cítricos como la naranja es significativa en zonas tropicales y subtropicales, y sobresale su calidad en el sector de los alimentos funcionales (Fernández, Sendra, Sayas, Navarro, & Pérez, 2004; Viuda, Ruiz, Fernández, & Pérez, 2008). Su proceso posterior a la elaboración del zumo, deja como restante miles de kilogramos de cáscara, una gran fuente de compuestos funcionales como la fibra dietaria (Lario et al., 2004; Mandalari et al., 2006), al mismo tiempo que otros compuestos funcionales, como los polifenoles, muy importantes por sus propiedades antioxidantes (Kang, Chawla, Jo, Kwon, & Byun, 2006; Fernández et al., 2008).

Subproductos, como el del epicarpio de la naranja, constituyen una porción de la masa del fruto cítrico que contiene flavonoides. Diferentes investigadores han hallado compuestos antioxidantes en el néctar de naranjas de diferentes orígenes y variedades (Benelli, Riehl, Smânia, Smâniac, & Ferreira, 2010).

Debido a lo anterior, las propiedades hidrodinámicas, tales como CH, CRA, CAA y CAAC, toman gran importancia al formular alimentos, proporcionando una noción del posible comportamiento durante el proceso de hidratación del producto y del papel que desempeñe la fibra en el sistema alimenticio. La FD se puede aplicar en productos de panadería, en bebidas y en la industria de los cárnicos.

II. METODOLOGÍA

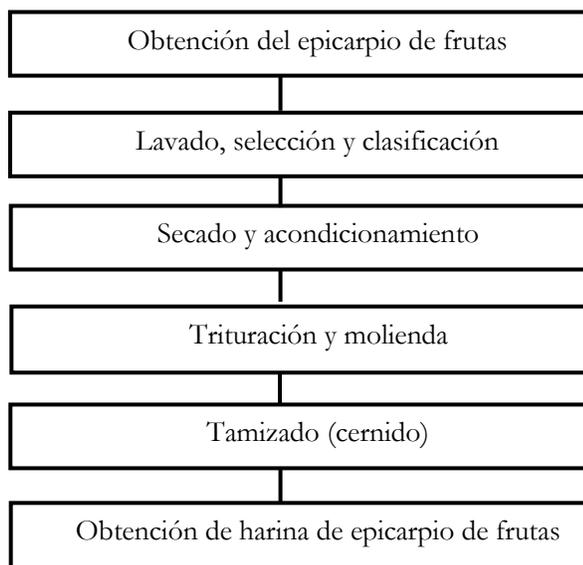
Material vegetal y preparación de las muestras

Los residuos de cáscaras de frutas de mango –variedad hilacha– y naranja –variedad común– fueron recolectados

en estado de maduración comercial de los diferentes puntos de venta de jugos naturales en la ciudad de Palmira (Valle del Cauca, Colombia) y en los centros de acopio de las zonas rurales aledañas. Las muestras fueron sometidas a un proceso de limpieza con hipoclorito a 150 ppm para eliminar cualquier tipo de suciedad, además, se retiraron las partes dañadas o alteradas.

Luego se deshidrataron por convección forzada (60 °C, y velocidad del aire 3 m/s), se realizó un proceso de molienda y se pasaron las muestras, primero por un juego de tamices malla 60 (250 mm), y posteriormente por un tamiz de malla fina, con el fin de homogenizar el tamaño de las mismas, hasta obtener la harina de cáscaras de mango y naranja.

Figura 1. Obtención de harina de epicarpio de mango y naranja



A. Determinaciones físicoquímicas

Se realizaron mediciones de: pH, cenizas, humedad por secado de estufa, extracto etéreo y carbohidratos por método gravimétrico, y proteína total por el método Kjeldahl. Todos estos análisis siguiendo la metodología descrita por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos [AOAC] (Cunniff, 1995).

La actividad de agua de las muestras se determinó usando un Aqualab (Decagon Devices, Modelo 4 TE, EE.UU.) a 25°C. El porcentaje de vitamina C fue determinado usando el método colorimétrico reportado por Oboh (2006), usando una solución valorante de 2,6-diclorofenolindofenol, marca Sigma-Aldrich.

Determinación de la fibra dietaria

Las fibras dietéticas se cuantificaron por el método enzimático gravimétrico 985,29 de la AOAC, con modificaciones de hidrólisis enzimática, de acuerdo con lo reportado por Kalla, Jong Kayem, Sreekumar y Nisha (2015). Se partió de 5 g de muestra desengrasada en 50 mL de agua, se esterilizó en autoclave a 121 °C y el pH fue ajustado a 1.5 con HCl 5M, después del enfriamiento. 50 mg de enzima pepsina y 200 µL de cloroformo fueron adicionados, y la mezcla se incubó a 37 °C durante 20 h.

Después de ajustar el pH a 6 con NaOH 3 N y 25 mL de solución buffer de fosfato (pH 6), se añadieron a la mezcla 35 mg de enzima amilasa, proteasa, y lipasa junto con cristales de timol. A continuación, se incubó durante 18 h a 37 °C.

Las muestras se centrifugaron a 3.000 x g, a 25 °C, durante 30 minutos. Los residuos fueron lavados tres veces, y el agua lavada se añadió al sobrenadante anterior. La FD se cuantificó pesando el residuo seco después de ser lavado con acetona y éter dietílico. El residuo insoluble en etanol [RIA] se precipitó tres veces, usando etanol (3:1 ración de sobrenadante a etanol). El residuo obtenido después de la centrifugación, se lavó con acetona y se secó hasta obtener un peso constante.

La fibra dietaria soluble (FDS) fue determinada por el cálculo de la diferencia entre la fibra dietaria total y la fibra dietaria insoluble (Ec.1).

$$FDS = FDT - FDI \text{ (Ec. 1)}$$

Las propiedades funcionales de la FD fueron determinadas de acuerdo con la metodología propuesta por Sowbhagya, Suma, Mahadevamma, & Tharanathan (2007).

Capacidad de retención de agua [CRA]

Para determinarla, se pesó 1 g de muestra (W_i), se adicionaron 30 mL de agua destilada y se ajustó el pH a 7.00 con una solución buffer de Na_2HPO_4 . Las mediciones de pH fueron tomadas con un pH-metro (Mettler Toledo MP 220 Basic). La muestra se agitó durante 30 minutos; posteriormente se dejó reposar durante 18 horas; pasado este tiempo se centrifugó a 3000 rpm, usando una centrífuga (Thermo Heraeus Megafuge 16) durante 20 minutos; inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (W_f) (g). La CRA se calculó mediante la ecuación 2.

$$CRA = (Wf - Wi)/Wi \quad \text{Ec. 2}$$

Capacidad de absorción de agua [CAA]

1 g de muestra (W_i) (g) se hidrató y se mezcló en 10 mL de agua por 18 horas, y se ajustó el pH a 7.00 con una solución buffer de Na_2HPO_4 . Las mediciones de pH fueron tomadas con un pH-metro (Mettler Toledo MP 220 Basic). Posteriormente, la muestra se centrifugó a 3000 rpm, usando una centrifuga (Thermo Heraeus Megafuge 16) durante 20 minutos; inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (W_f) (g). La CAA se calculó mediante la ecuación 3.

$$CAA = (Wf - Wi)/Wi \quad \text{Ec.3}$$

Capacidad de absorción de aceite (CAAC)

1 g de muestra (W_i) se mezcló con 10 mL de aceite de soya comercial, se agitó y se dejó por 18 horas. Posteriormente se centrifugó a 3.000 rpm usando una centrifuga (Thermo Heraeus Megafuge 16), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (W_f) (g). La CAAC se calculó mediante la ecuación 4.

$$CAAC = Wf - Wi / Wi \quad \text{Ec. (4)}$$

Capacidad de hinchamiento (CH)

Se determinó midiendo el volumen que gana la muestra después de alcanzar un equilibrio con un exceso de disolvente. Se pesaron 0.30 g de muestra de RIA y se hidrató con 10 mL de agua destilada. Pasadas 18 horas se midió el volumen de la muestra. El valor de CH se expresó como mL de agua/g RIA.

B. Análisis estadístico

Los resultados fueron expresados como promedio \pm desviación estándar. Bajo un diseño estadístico completamente al azar, en un análisis de varianza en donde se evaluaron como muestras independientes dos matrices biológicas (epicarpio de mango y epicarpio de naranja), en tres tratamientos a diferentes temperaturas, contando con temperaturas baja, media y alta (T1, T2 y T3).

Las variables de respuesta correspondieron a los propiedades funcionales (FDT, FDS, FDI, CRA, CAA, CRAC, CH) de la fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de la harina de cáscara de mango y naranja. Cada

tratamiento conto con cinco repeticiones. Se realizó un análisis ANOVA y prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 95% (P. 0,05). El tratamiento de datos fue evaluado bajo el paquete estadístico SAS. La ecuación 5 refleja el modelo estadístico aplicado por matriz biológica independiente.

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon \quad (\text{Ec. 5})$$

donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ (repeticiones).

$j = 1, 2, 3$ (tratamientos: medición de las propiedades funcionales a 25, 40 y 80°C).

Y_{ij} = respuesta en la i -ésima repetición del j -ésimo tratamiento.

μ = promedio poblacional de las variables de respuesta.

τ = efecto del j -ésimo tratamiento sobre las variables de respuesta.

ε_{ij} = error experimental en la i -ésima repetición del j -ésimo tratamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se relacionan las propiedades fisicoquímicas evaluadas en cada una de las muestras de epicarpio de mango y de naranja respectivamente. El análisis de ANOVA indica que existe un efecto significativo de la fibra dietaria total en las variables de interés que fueron analizadas.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de las cáscaras de mango y naranja en fresco¹

Parámetro fisicoquímico	Mango	Naranja
% Humedad	79,45 \pm 0,89 ^a	71,52 \pm 0,30 ^b
pH	4,05 \pm 0,12 ^a	3,97 \pm 0,14 ^a
Aw	0,794 \pm 0,1 ^a	0,763 \pm 0,1 ^a
%Extracto etéreo	1,14 \pm 0,34 ^a	0,76 \pm 0,13 ^b
% Proteína	4,97 \pm 0,76 ^a	1,12 \pm 0,08 ^b
% Cenizas	0,96 \pm 0,34 ^a	0,46 \pm 0,17 ^b
% Carbohidratos	18,43 \pm 2,21 ^a	15,54 \pm 1,25 ^b
% Fibra dietaria total (FDT)	14,45 \pm 4,48 ^a	9,58 \pm 2,23 ^b
% Fibra dietaria soluble (FDS)	1,17 \pm 1,13 ^b	2,13 \pm 1,12 ^a
% Fibra dietaria insoluble (FDI)	13,28 \pm 1,07 ^a	7,45 \pm 0,35 ^b

Los resultados fisicoquímicos obtenidos en este estudio para la cáscara de mango (CM) son similares a los

¹ Valores promedio \pm DS (n= 5) expresados con base humedad. Nivel de significancia estadística: letras diferentes en los superíndices de una misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con la comparación de medias de Tukey.

reportados por Hincapié et al. (2014) quienes informaron un porcentaje de humedad de 75.38 %, 0.91% de extracto etéreo, 1.23 de proteína, 0.67 % de cenizas, 17.30% de carbohidratos, 14.98 % de FDT, 1.2% de FDS y 13.85% de FDI.

Por otra parte, los resultados obtenidos con la cáscara de naranja (CN) fueron muy cercanos a los que consiguieron Garua, Simal, Rossello, y Femenia (2007), quienes informaron un porcentaje de humedad de 86,3, un contenido de grasa de 0.23%, proteína de 1.08%, cenizas de 0,52%; sin embargo, los resultados son lejanos a los reportados por Macagnan et al., (2015) quienes reportaron porcentajes de FDT de 76.84, 54.82 y 62.65; porcentajes de FDI de 57.87, 29.65, 43.43; y porcentajes de FDS de 18.97, 25.17, y 19.22, en orujo de manzana, bagazo de naranja y cáscara de piña respetivamente. Las anteriores diferencias se presentan debido a la variedad de las frutas y a las condiciones climáticas de cultivo.

Las propiedades fisicoquímicas que fueron evaluadas en este estudio son muy importantes en relación con el control de calidad de los residuos agroalimentarios. Por ejemplo, la inspección del pH es fundamental en la producción de alimentos funcionales, ya que sirve como indicador de las características asépticas para el control en el proceso de transformación. El pH, como la temperatura y la humedad, es relevante para la preservación de alimentos: disminuyendo el valor del pH de un producto se puede prolongar su tiempo de conservación.

El porcentaje de extracto etéreo o porcentaje de grasa que se observa en la harina de cáscara de mango presentó un promedio de 1.14 %, con una desviación estándar de 0.34, un poco mayor a la que presentó la cáscara de naranja, lo cual se debe a la naturaleza propia del fruto, respecto de las interacciones lipofílicas.

El extracto etéreo es significativo, a su vez, en el análisis bromatológico, porque determinar la grasa de un alimento facilita saber el valor nutricional verdadero de un producto alimentario. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que, tanto la cáscara de naranja, como la cáscara de mango, presentan un bajo contenido de grasa, lo que significa que no sería necesario saponificar los extractos de fibra.

Por otra parte, cabe anotar que, tanto la cáscara de mango, como la cáscara de naranja, presentaron un alto contenido de humedad, con valores de 79,45% y 71.52%, respectivamente, y de actividad de agua, con 0,794 y 0,763,

respectivamente, lo que ligado con su contenido de hidratos de carbono y proteína hace que sean productos fácilmente susceptible al ataque microbiano y a la presencia de reacciones enzimáticas, las cuales incrementan el deterioro. Por esta razón, fue necesario usar tratamientos tecnológicos dirigidos a alargar su vida útil y explotar sus propiedades funcionales.

Teniendo en cuenta lo anterior, las muestras de epicarpio de CM y CN fueron sometidas a un proceso de secado convectivo, con el fin de disminuir el agua libre de las muestras y lograr un producto estable.

En la Tabla 2 se relacionan las propiedades fisicoquímicas evaluadas a cada una de las muestras de harina de epicarpio de mango y de naranja respectivamente. El análisis de ANOVA indica que existe un efecto significativo, en cuanto al contenido de proteína y el porcentaje de vitamina C, en las muestras de interés que fueron analizadas.

Tabla 2. Composición fisicoquímica de las harinas obtenidas a partir de cáscaras de mango y naranja¹

Parámetro Fisicoquímico	Mango	Naranja
% Humedad	8,43±0,14 ^a	8,65±0,18 ^a
Aw	0,32±0,1 ^a	0,33±0,1 ^a
pH	5,12±0,21 ^a	4,86±0,13 ^a
% Cenizas	2,13±0,16 ^a	1,91±0,11 ^a
% Extracto etéreo	1,84±0,24 ^a	1,73±0,17 ^a
% Proteína	6,34±1,21 ^a	5,11±0,97 ^b
% Vitamina C	10,54±2,23 ^a	14,76±1,86 ^b

El porcentaje de humedad en la harina obtenida a partir de la cáscara de mango (HCM) fue de 8,43 y en la de naranja (HCN) 8,65; estos resultados fueron muy similares a los reportados por Gil et al., (2011), quienes informaron un valor de humedad de 9.02 en su investigación con cáscara de banano verde.

La actividad de agua fue de 0,32 en la harina de cáscara de mango y de 0,33 en la harina de cáscara de naranja, resultados similares a los obtenidos por Serna, Torres, y Ayala (2015) con la harina de cáscara de mango, en sus variedades: criollo, Keitt y Tommy y Atkins, quienes encontraron resultados de 0,31, 0,34 y 0,34, respetivamente.

El pH en la HCM fue de 5,12 y en la HCN de 4,86; estos dos valores fueron muy cercanos a los reportados por Jiménez, Corona, González, y Magaña (2010) quienes obtuvieron un pH de 4,29 para la harina de cáscara de naranja.

El porcentaje de cenizas en la HCM fue de 2,13 y de 1,91 en la HCN; estos valores son comparables con los obtenidos por Jibaja (2014) quien reportó un valor de 2,84 en harina de cáscara de mango, y por Sáenz, Estévez, y Sanhueza (2007), quienes reportaron un valor de 2,8 en harina de cáscara de naranja.

El porcentaje de extracto etéreo (grasa) en la harina de cáscara de mango fue de 1,84 y de 1,73 en la harina de cáscara de naranja, resultados similares a los reportados por Serna et al., (2015) en HCM de las variedades criollo, Keitt, y Tommy y Atkins, esto es: 1,44, 1,87 y 1,78, respectivamente.

El porcentaje de proteína en la HCM fue 6,34 y 5,11 en la HCN. Estos resultados presentan relación con los reportados por Flórez, Román, Martínez. Gutierrez, y Medina (2006), quienes encontraron un porcentaje de 5 para HCN.

El porcentaje de vitamina C en la harina de cáscara de mango fue de 10,54 y de 14,76 en la harina de cáscara de naranjo; estos valores son cercanos a los reportados por Rincón, Vásquez, y Padilla (2005) quienes registraron un porcentaje de Vitamina C en la harina de cáscara de naranja de 16.25, y de 12.32 en la harina de cáscara de mandarina.

Tabla 3. Propiedades hidrodinámicas de la fibra dietaria obtenida a partir de harinas de cáscara de mango y naranja en diferentes tratamientos¹

Tratamiento	Variable	Mango	Naranja
25°C	FDT	59,24±1,12 ^a	49,8±1,24 ^b
	FDS	3,11±0,2 ^a	2,13±0,34 ^b
	FDI	56,13±2,21 ^a	47,67±1,78 ^b
	CRA	6,34±0,21 ^b	7,12±0,27 ^a
	CAA	5,11±0,37 ^a	4,23±0,45 ^b
	CAAC	1,45±0,11 ^b	1,79±0,17 ^a
	CH	4,76±0,16 ^b	5,21±0,21 ^a
40°C	FDT	61,76±2,36 ^a	51,32±2,09 ^b
	FDS	3,56±0,67 ^a	2,56±0,78 ^b
	FDI	58,2±0,24 ^a	48,76±0,15 ^b
	CRA	6,52±0,12 ^b	7,35±0,24 ^a
	CAA	5,35±0,31 ^a	4,41±0,37 ^b
	CAAC	1,77±0,14 ^b	1,98±0,20 ^a
	CH	4,81±0,13 ^a	4,32±0,19 ^b
80°C	FDT	57,35±1,26 ^a	47,28±1,77 ^b
	FDS	3,23±0,18 ^a	1,97±0,21 ^b
	FDI	54,12±1,45 ^a	45,31±1,13 ^b
	CRA	6,09±0,18 ^b	6,67±0,23 ^a
	CAA	4,67±0,16 ^a	4,34±0,12 ^b
	CAAC	1,39±0,28 ^a	1,34±0,27 ^b
	CH	4,55±0,15 ^a	4,09±0,34 ^b

En la Tabla 3 se relacionan las propiedades hidrodinámicas evaluadas en cada una de las muestras de harina de epicarpio de mango y epicarpio de naranja, respectivamente.

El análisis estadístico indica que el efecto de la temperatura no afecta significativamente a las propiedades hidrodinámicas de estas dos harinas. Sin embargo si se encontraron diferencias significativas en relación con la cantidad de fibra dietética total [FDI] presente en ambas muestras de harina.

Los resultados que se obtuvieron; en la harina de cáscara de mango, de FDT 59.24, FDS 3.11, FDI 53.13, CRA 6.34, CAA 5.11, CAAC 1.45, CH 4.76; y en la harina de cáscara de naranja, de FDT 49.8, FDS 2.13, FDI 47.67, CRA 7.12, CAA 4.23, CAAC 1.79, CH 5.21 presentan relación con los resultados reportados por Sáenz et al., (2007) con harina de cáscara de naranja: FDT 63.4, FDS 10.01 y FDI 53.4.

Por otra parte, Ramírez y Pacheco (2009), adelantaron estudios en: harina de piña, obteniendo valores de FDT 13.65, FDS 2.08, FDI 11.57; y en harina de guayaba FDT 65.64, FDS 10.99, FDI 54.65; en harina de guanábana, obteniendo FDT 49.34, FDS 8.91 y FDS 40.43.

Chau y Huang (2003), por su parte, indagaron el contenido de fibra dietética de la cáscara de naranja (Liucheng), y encontraron un valor de 57% de fibra dietaria total, con un 47,6% para la fracción insoluble y un 9,41% para la fracción soluble. La fracción insoluble es el fragmento dominante, lo que representa beneficios para la salud, tales como la regulación intestinal y el aumento del tamaño de las heces.

En relación con los tratamientos aplicados, la CH para la HCM a una temperatura de 40°C, fue de 4.81 y de 4.55 a 80°C. Estos resultados presentan gran similitud con los obtenidos por Hincapié et al., (2014), quienes reportaron, a 40°C, una CH de 4.85, y a 60°C, una CH de 6.40, en harina de cáscara de mango.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se evidencia que, a una temperatura de 40°C, las propiedades hidrodinámicas presentan gran similitud en relación con los que se obtienen a 80°C, frente al rango de control estudiado a temperatura ambiente (25°C). Sin embargo, todas las propiedades funcionales de fibra (i.e., FDT, FDS y FDI) y las propiedades hidrodinámicas (i.e., CRA, CAA, CAAC y CH), mostraron un comportamiento creciente respecto del aumento de temperatura en el rango

de 25°C a 40°C, y ligeramente decreciente en el rango de 40°C a 80°C.

De acuerdo con lo anterior, las propiedades hidrodinámicas representan el comportamiento reológico de absorción e interacción molecular del alimento con agua y/o aceite. Por ejemplo, la capacidad de hinchamiento (CH) se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua. En esta característica tiene influencia la cantidad de los componentes polisacáridos, la porosidad y el tamaño de partícula de la fibra. Por otra parte, la capacidad de retención de agua, denominada por muchos autores como la CRA, está ligada al contenido de celulosa y hemicelulosa, cuyos beneficios en el intestino, tras su ingesta equilibrada, incluyen el aumento de volumen de las heces, la reducción del tiempo de tránsito y el aumento de la motilidad (Zuleta & Araya, 2009).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 3, la harina de cáscara de mango tiene un potencial de aprovechamiento en el sector alimentario por la CAAC, que es superior a la de los cereales presentes en el comercio actual (Falade, Semon, Fadaïro, Oladunjoye, & Orou, 2014); igualmente, puede ser aprovechada como aditivo en emulsiones, productos cárnicos y de panificación, gracias a su FDT.

Según Vergara et al., (2007), los valores de CRA y CAAC se incrementan al crecer la temperatura, esta conducta es de ganancia en el manejo de productos que demanden propiedades emulsificantes, propias de las fibras vegetales, que estén ligadas a incrementos de temperatura para su cambio.

Por otra parte, las harinas alimentarias con estas propiedades de retención de aceites podrían ser utilizadas en la elaboración de alimentos funcionales con efectos saludables para la sociedad. De acuerdo con Elleuch et al., (2011), harinas alimentarias con estas características tiene el potencial de disminuir el colesterol sérico.

A su vez, la capacidad de adsorción de aceite o capacidad de retención de aceite [CAAC] es una propiedad funcional de la fibra muy relacionada con la CRA, ya que la grasa es atrapada en la superficie de la fibra, principalmente por medios mecánicos.

Lo anterior puede ser explicado por la composición de la fibra presente en la muestra, ya que los componentes de la fibra dietaria pueden clasificarse, con base en su solubilidad en el agua o aceite, en solubles o insolubles.

En la presente investigación, el aceite usado fue de grado comercial (marca Oleosoya), un aceite con una mayor proporción de grasa saturada que insaturada; las grasas saturadas son ácidos grasos alifáticos de menor reactividad y solubilidad que las grasas insaturadas y en su estructura presentan una o más insaturaciones o dobles enlaces.

Figura 2. Sedimento de fibra de mango



Figura 3. Sedimento de fibra de naranja



La naranja, por su aroma característico y baja CRA se podría utilizar en productos de baja viscosidad y aromas característicos. La fibra de la misma se puede utilizar en productos cuando se requiera disminuir la absorción de grasa o cuando la apariencia externa aceitosa no sea deseada, como por ejemplo en el caso de algunos productos fritos.

Los resultados de CH fueron muy similares en ambos tipos de fibra, esto quiere decir que las dos muestras evaluadas se podrían utilizar en productos de panadería o extruidos (*snacks*), donde se necesita efectos de expansión tras la adición de agua.

Las propiedades funcionales de hidratación de las diferentes fuentes de fibra fueron estudiadas en esta investigación con el fin de obtener sus características individuales y tener una visión de su posible aplicación en la industria alimenticia, y de los efectos fisiológicos probables en organismo humano, ya que estas están determinadas por su composición, la cantidad de fibra dietaria (soluble e insoluble), la naturaleza química y la estructura de la fibra y de los procesos a los que fueron sometidas para su obtención.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio evidencian que los epicarpios de naranja y mango secos contienen mayores cantidades de fibra dietaria, y demostraron su alta resistencia a los diferentes tratamientos térmicos aplicados (25°C, 40°C y 80°C).

Además, ambos tipos de muestras mostraron valores adecuados de fibra dietaria –soluble e insoluble–, para ser usadas como suplementos de fibra.

La fibra dietaria total de la harina de cáscara de mango y de la harina de cáscara de naranja no presentan cambios significativos al ser sometidos en un rango de temperatura entre 25°C y 80°C, lo que quiere decir que sus propiedades hidrodinámicas no se ven afectadas considerablemente ante el aumento de la temperatura, por lo que podrían ser aplicadas en procesos agroalimentarios que incluyan tratamientos térmicos como cocción y escaldado.

V. REFERENCIAS

- Ajila, C., Bhat, S., & Rao, P. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006-1011.
- Benelli, P., Riehl, C., Smânia, Jr A., Smâniac, E., & Ferreira, S. (2010). Bioactive extracts of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) pomace obtained by SFE and low pressure techniques: mathematical modeling and extract composition. *J. of Supercritical Fluids*, 55, 132-141.
- Chau, C.F and Huang, Y.L. (2003). 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), 2615-2618.
- Codex Alimentarius Commission. (2009). Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses [Appendix II, p. 46]. Bonn, Alemania: Codex Alimentarius Commission.
- P. Cunniff [Ed.]. (1995). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 16th ed. Washington, DC: AOAC.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fiber-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
- Falade, K., Semon, M., Fadairo, O., Oladunjoye, A., & Orou, K. (2014). Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 39, 41-50.
- Fernández, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., & Pérez, J. (2008). Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science*, 80(2), 410-417.
- Florez, O., Roman, O., Martínez, O., Gutierrez, L., & Medina, G. (2006). Optimización de un preparado sólido de fibra dietaria a partir de diferentes residuos de frutas. *Vitae*, 13(1), 10-15.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2011). *Faostat: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division* [portal]. Recuperado de: <http://faostat3.fao.org>.
- Garau, M., Simal, S., Rossello, C., Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canonica*) by-products. *Food Chemistry*, 104, 1014-1024.
- Gil, M., Vélez, L., Millán, L., Acosta, M., Díez, A., Cardona, N., Rocha, L., & Villa, G. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación. *Producción + Limpia*, 6(1), 96-107.
- Hincapié, G., Vasquez, D., Galicia, V., & Hincapié, C. (2014). Propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (*Mangifera indica* L.): efecto del secado por convección. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 153-160.
- Jibaja, L. (2014). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, mangífera indica, variedad “criollo”. *Cientifi-k*, 2(1), 62-69.
- Jiménez, R., Corona, A., González, N., & Magaña, A. (2010). Propiedades funcionales de la fibra de naranja. Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.
- Kalla M. L., Jong E. N, Kayem J. G., Sreekumar M.M., & Nisha P. (2015). Effect of re-extraction parameters and drying temperature on the antioxidant properties and dietary fiber of Red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces residues. *Industrial Crops and Products*, 74, 680-688.
- Kang, H., Chawla, S., Jo, C., Kwon J., & Byun, M. (2006). Studies on the development of functional powder from citrus peel. *Bioresearch Technology*, 97(4), 614-620.
- Lario, Y., Sendra, E., García, J., Fuentes, C., Sayas, E., Fernández, J., Pérez, J. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(1), 113-117.
- Macagnan, F., de Santos, L., Roberto, B., de Moura, F., Bizzani M., da Silva, L. (2015). Biological properties of apple pomace, orange

- bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6, 1-6.
- Mandalari, G., Bennet, R., Bisignoso, G., Saija, A., Dugo, G., ... & Waldron, K. (2006). Characterization of flavonoids and pectins from bergamot (*Citrus bergamia* Risso) peel, a major by-product of essential oil extraction. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54(1), 197-203.
- Oboh, G. (2006). Antioxidant properties of some commonly consumed and underutilized tropical legumes. *Eur Food Res Technol*, 224, 61-65.
- Ramírez, A. & Pacheco, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298.
- Rincón, A., Vásquez, M., & Padilla, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3). Recuperado de: http://www.alanrevista.org/ediciones/2005-3/composicion_quimica_bioactivos_harinas_naranja_mandarina_toronja.asp
- Sáenz, C., Estevez, A. & Sanhueza, S. (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(2), 186.
- Serna, L., Torres, C. & Ayala A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41-50.
- Sowbhagya, H. B., Suma, P. F., Mahadevamma, S., & Tharanathan, R. N. (2007). Spent residue from cumin – A potential source of dietary fiber. *Food Chemistry*, 104(3), 1220-1225.
- Vergara, N., Granados, E., Agama, E., Tovar, J., Ruales, J., & Bello, L. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *Food Science and Technology*, 40(4), 722-729.
- Viuda, M., Ruiz, Y., Fernández, J., & Pérez, J. (2008). Activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control*, 19(12), 1130-1138.
- Zuleta, A. & Araya, H. (2009). Hidratos de carbono como ingredientes funcionales. En: M. Lutz, & A. León (Eds.), *Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación*. Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso.
- sede Palmira. Es docente de la Universidad del Valle, sede Palmira.
- Christian Felipe Díaz Escué*. Joven Investigador del Programa de Tecnología en Alimentos de la Universidad del Valle, sede Palmira.
- Leonel Martínez Rojas*. Joven Investigador del Programa de Tecnología en Alimentos de la Universidad del Valle, sede Palmira.

CURRÍCULOS

Jader Martínez Girón. Químico. Egresado de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Santiago de Cali; Tecnólogo en Alimentos de la Universidad del Valle, sede Palmira; Magister en Educación de la Universidad Católica de Oriente; y Tesista de Maestría en Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia,