

## Caracterización de la Funcionalidad Tecnológica de una Fuente Rica en Fibra Dietaria Obtenida a partir de Cáscara de Plátano

Characterization of Technological Functionality of Dietary Fiber Rich Source Obtained from Plantain Peel

Miguel Ángel Alarcón García<sup>1</sup>; Jairo Humberto López Vargas<sup>2</sup> y Diego Alonso Restrepo Molina<sup>3</sup>

**Resumen.** Con el objetivo de obtener la fuente de fibra dietaria y realizar su caracterización, cáscaras de plátano verde (*Musa AAB*) fueron sometidas a un proceso industrial que involucró etapas de selección, lavado, troceado, secado (hasta alcanzar una humedad final del 5%) y molido. El proceso completo presentó un rendimiento de 2% en fuente de fibra de cáscara de plátano (FFCP). Se determinaron valores de fibra dietaria total (FDT; 46,79%), fibra dietaria soluble (FDS; 1,68%) y fibra dietaria insoluble (FDI; 45,12%). El material resultante fue sometido al efecto de la temperatura utilizando 2 niveles (temperatura ambiente, 20 °C, y temperatura de escaldado para productos cárnicos, 74 °C) y bajo estas condiciones fue caracterizado en términos de capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad de retención de agua y capacidad de absorción de moléculas orgánicas; variables que no presentaron diferencias estadísticamente significativas, a excepción de la capacidad de absorción de aceite. Por lo anterior, puede concluirse que la FFCP corresponde a un recurso con aptitud para su inclusión en matrices alimenticias tipo cárnicas.

**Palabras clave:** Proceso industrial, funcionalidad tecnológica, cáscara de plátano, alimentos saludables.

**Abstract.** Green plantain peels (*Musa AAB*) were subjected to an industrial process involving selection, washing, chopping, drying (until reach a final moisture content of 5%) and grinding steps with the aim of obtaining a source of dietary fiber and perform their characterization. The total process yield was 2% as a fiber source plantain peel (FSPP). Values for total dietary fiber (TDF; 46.79%), soluble dietary fiber (SDF; 1.68%) and insoluble dietary fiber (IDF; 45.12%) were determined. The resulting material was subjected to the effect of two levels of temperature (environmental temperature, 20 °C, and scalding temperature, 74 °C for meat products). Under these conditions, the FSPP was characterized in terms of water absorption capacity, oil retention capacity, water holding capacity and organic molecules absorption capacity; these variables did not represent statistically significant differences, except for the oil retention capacity. Therefore, it can be concluded that FSPP corresponds to a suitable resource for inclusion in meat matrices.

**Key words:** Industrial process, technological functionality, plantain peel, healthy foods.

Debido a los graves problemas de obesidad y altos niveles de colesterol detectados en grupos poblacionales sedentarios, consecuencia del actual ritmo de vida (Viuda *et al.*, 2009), a los altos excedentes de residuos de la industria bananera y platanera (Tchobanoglous *et al.*, 1993) que generan grandes problemas ambientales, y debido a la alta producción de plátano en Colombia, que alcanza 3.379.742 t (SIPSA, 2010), se hace necesario plantear a diversos sectores industriales alternativas que posibiliten el aprovechamiento de residuos agrícolas de alto impacto ambiental (residuos de la industria bananera y platanera) como el desarrollo de nuevos ingredientes de alto valor agregado.

Los consumidores modernos cada vez se interesan más por la salud, por ello esperan que los alimentos

que van a ingerir, además de ser sabrosos y atractivos, también deben ser seguros y saludables. Como cada vez gana más interés la relación entre dieta y salud, muchos consumidores buscan alternativas para sentirse bien y permanecer saludables al consumir alimentos que presentan en su formulación la inclusión de componentes bioactivos (Zhang *et al.*, 2010). Uno de los ingredientes alimenticios más usado al desarrollar productos que promuevan la salud es la fibra dietaria (Puuponen-Pimä *et al.*, 2002). La dieta más común en los países desarrollados se caracteriza por un exceso de alimentos muy ricos energéticamente, con altos niveles de grasas y azúcares, pero con deficiencia de carbohidratos complejos, constituyentes mayoritarios de la fibra dietaria (Kaferstein y Clugston, 1995; Papadina y Bloukas, 1999; Codex Alimentarius

<sup>1</sup> Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia. <maalarcong@unal.edu.co>

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá - Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 No 45-03, Bogotá, Colombia. <jhlopezv@unal.edu.co>

<sup>3</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín – Facultad de Ciencias Agrarias - Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@unal.edu.co>

Recibido: Mayo 29, 2012; aceptado: Marzo 22, 2013.

Commision, 2009). Epidemiológicamente, se ha demostrado la relación entre este tipo de dieta muy rica en energía y la aparición de un amplio rango de enfermedades crónicas, tales como cáncer de colon, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, entre otros (Beecher, 1999 y OMS, 2012); por tanto, es recomendable un aumento en la ingesta diaria de fibra dietaria que permita cubrir las recomendaciones diarias las cuales se encuentran, para la mayoría de la población, entre 14 y 15 g de fibra dietaria por cada 1.000 kcal (Slavin, 2008 y Codex Alimentarius Commision, 2009).

Actualmente, existen varias definiciones de fibra dietaria expuestas en la extensa literatura científica sobre el tema, en la cual se proponen definiciones dependiendo de varios factores entre los cuales se encuentra: su composición y las unidades monoméricas que componen los polímeros indigestibles. En cuanto a la composición, existen definiciones de hace algunos años que no toman en cuenta el almidón resistente o la proteína resistente a la digestión en el intestino delgado (Elleuch *et al.*, 2011). Por otra parte, en cuanto a la cantidad de monómeros, en el caso del trigésimo reporte de sesión del comité del Codex Alimentarius se propone que se considere como fibra dietaria aquellos polímeros indigestibles de diez o más unidades monoméricas; mientras una delegación de la comunidad europea ha propuesto que sea considerada como fibra dietaria aquellos polímeros indigestibles de tres o más unidades monoméricas (Codex Alimentarius Commision, 2009); sin embargo, todas las definiciones existentes coinciden en que la fibra dietaria es una mezcla 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 y gomas, entre otros, que pueden estar asociados a otros componentes diferentes a los carbohidratos como la lignina, otros polifenoles, saponinas, fitatos y proteína resistente, entre otros (Elleuch *et al.*, 2011). La fibra dietaria no sólo es resistente a la hidrólisis en el intestino delgado sino que desde la década del 70 se ha identificado que tiene un importante rol en la salud y la nutrición humana (Abdul y Luan, 2000). Lo anterior ha sido publicado en diferentes reportes que indican que existe una asociación entre un incremento del consumo de fibra dietaria y beneficios a la salud que incluyen prevención y/o control de enfermedades crónicas (Mann y Cummings, 2009).

La fibra dietaria ha sido investigada profundamente tanto en el campo de la nutrición como en el de la ciencia y la tecnología de los alimentos (Villarreal *et al.*, 2003) debido a la funcionalidad tecnológica (FT) que la fibra dietaria, dependiendo de su composición, puede conferir a una matriz alimenticia ya sea cárnica, láctea o de galletería. La FT puede generar mejoras en una matriz alimenticia en cuanto a la capacidad de absorción de agua (CAAG), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAAC) y capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO) entre otras (Elleuch *et al.*, 2011); algunas de estas propiedades tecnológicas son afectadas por los tratamientos mecánicos a los que puedan ser expuestos los materiales ricos en fibra dietaria; por ejemplo, procesos que involucren agitación pueden llegar a generar cambios en la estructura de la fibra, exponiendo grupos hidroxilos libres presentes en la celulosa permitiendo que estos puedan unirse con moléculas de agua (Sangnark y Noomhorm, 2004). La molienda también se encuentra dentro de los tratamientos mecánicos que pueden afectar la FT de un material fibroso, ya que se ha informado que no siempre un menor tamaño de partícula significa un aumento de la FT, como lo exponen Raghavendra *et al.* (2006), al evaluar en diferentes tamaños de partícula, en una fuente de fibra obtenida a partir de pulpa de coco (residuo resultante de la extracción de leche de coco), la capacidad de retención de agua (expresada en g de agua retenida por g de fibra de coco) y la capacidad de hinchamiento (CH, expresada en mL por g de fibra de coco); observando que un tamaño de partícula de 390  $\mu\text{m}$  presentó valores de 4,42 (CRA) y 18 (CH), mientras que tamaños de partícula de 550  $\mu\text{m}$  y 1127  $\mu\text{m}$ , presentaron valores para CRA de 7,21 y 5,56, respectivamente, y para CH de 20 y 17, respectivamente.

La FT de un recurso rico en fibra dietaria y los efectos fisiológicos que pueda llegar a tener una fuente de fibra dietaria dependerán de la naturaleza y composición de la fibra; es decir, de las fracciones fibra soluble y fibra insoluble (Jiménez y Sánchez, 2000) puesto que la fibra soluble se caracteriza por disminuir los niveles de colesterol LDL y aumentar la viscosidad en la matriz alimenticia (Abdul y Luan, 2000); mientras que la fibra insoluble, se caracteriza por disminuir la densidad del material intestinal, aumentar su volumen y disminuir su tránsito en el intestino (Vázquez *et al.*, 2009). Sin embargo, al hacer una comparación se encuentra que la fibra soluble presenta una mayor facilidad, en comparación con la fibra insoluble, para

su incorporación en productos procesados debido a la capacidad de la fibra soluble para formar geles y actuar como emulsificante, teniendo así un bajo impacto sobre atributos de los alimentos como textura, sabor y olor (Elleuch *et al.*, 2011).

Las diferentes bondades de la fibra dietaria pueden ser obtenidas a un bajo costo si se tiene en cuenta que los subproductos agroindustriales que se obtienen de procesos aplicados a cereales, frutas y verduras pueden ser recuperados y usados como ingredientes de alto valor agregado, ya que estos subproductos podrían aportar tanto fibra dietaria como compuestos bioactivos tales como polifenoles y aceites esenciales, los cuales al ser incluidos en matrices alimenticias son vistos por los consumidores desde una perspectiva preferente (Abdul y Luan, 2000; Schieber *et al.*, 2001; Elleuch *et al.*, 2011). En Colombia, por ejemplo, para la agrocadena del plátano con un cálculo estimado de aprovechamiento de la producción por parte del sector agroindustrial en algunos productos para consumo humano, caso de harinas especialmente, algo en productos tipo snack para pasabocas y para productos de consumo animal especialmente en alimentos concentrados, se procesan alrededor de 12.000 t de plátano (Martínez *et al.*, 2005) lo cual supondría un enorme abastecimiento de subproductos como las cáscaras de plátano, las cuales han sido reportadas como material de bajo costo y recurso de fibra dietaria conformada principalmente por compuestos como celulosa, hemicelulosas y pectinas (Zhang *et al.*, 2005).

El objetivo de esta investigación fue obtener una fuente rica en fibra dietaria y realizar su caracterización en términos de funcionalidad tecnológica (capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad de retención de agua y capacidad de absorción de moléculas orgánicas), así como también evaluar la aptitud de la fuente de fibra de cáscara de plátano FFCP para su inclusión en matrices cárnicas procesadas al determinar y comparar los valores de funcionalidad tecnológica a dos temperaturas a las que normalmente son sometidos los ingredientes que componen una matriz cárnica (temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C en Bogotá) y 74 °C).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestra.** Con el objetivo de obtener la (FFCP) se tomó un lote de plátano verde variedad Hartón Dominicó (*Musa AAB*) de no más de un día de cosechado, el

cual fue sometido al proceso presentado en la Figura 1.

1. Recepción: se recibieron 50 kg de plátano verde de la variedad Hartón Dominicó, proveniente del departamento del Quindío-Colombia, de no más de 1 día de cosechado.

2. Selección de plátanos: se seleccionaron los plátanos que poseían un grado de deterioro bajo en la superficie de la cáscara, a través de inspección visual directa.

3. Pelado de los plátanos: los plátanos seleccionados fueron pelados a mano y las cáscaras fueron sumergidas en una solución de eritorbato de sodio y ácido cítrico (a una concentración de 1 y 0,5%, respectivamente) para evitar el pardeamiento enzimático de las cáscaras mientras se terminaba el pelado de los plátanos. Lo anterior acorde con lo propuesto por Iyengar y McEvily (1992); Son *et al.* (2001).

4. Lavado: se realizaron tres lavados consecutivos a las cáscaras, utilizando tres litros de solución de eritorbato y ácido cítrico (a una concentración de 1 y 0,5%, respectivamente) por cada kilogramo de cáscara.

5. Molienda en húmedo: posterior al lavado se sometieron las cáscaras a una molienda en húmedo en un molino de martillos (FitzMill®, modelo Comminutor, EE.UU.). En primera instancia se usó una criba de 1,5 cm y se siguió con una segunda molienda en la que se usó una criba de 1 mm para generar un tamaño de partícula que permitiera manipular la cáscara para poder arrastrar con agua el almidón presente.

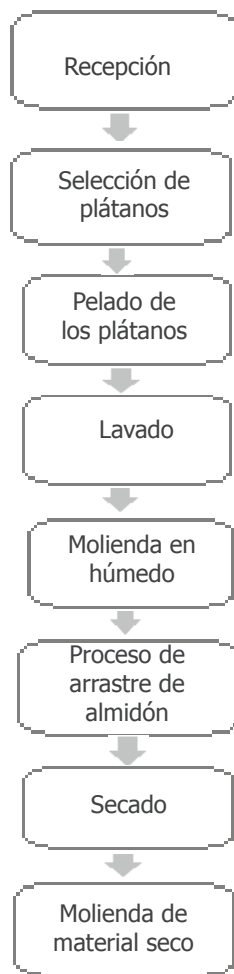
6. Proceso de arrastre de almidón: se realizó un arrastre de almidón, utilizando un filtro de tela, mediante lavados sucesivos con agua de la cáscara de plátano previamente molida.

7. Secado: la porción remanente del proceso de arrastre de almidón se sometió a secado a una temperatura de 60 °C en un secador de aire forzado (ThermoCientific®, Alemania) hasta alcanzar una humedad aproximada de 5%.

8. Molido del material seco: se procedió a moler el material seco en un molino de martillos (Raymond SCREE Mill, EE.UU.) con una criba que permitiera un tamaño de partícula máximo de 595 micras.

**Composición química de la fibra.** La FFCP obtenida fue caracterizada en términos de fibra dietaria total (FDT, determinada por el método enzimático-gravimétrico 985,29 de la AOAC, 1998), fibra dietaria

insoluble (FDI, determinada por el método enzimático-gravimétrico, buffer de fosfato 991,42 de la AOAC, 1998) y fibra dietaria soluble (FDS, determinada por cálculo de la diferencia  $FDT - FDI = FDS$ ).



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso utilizado en la obtención de una fuente rica en fibra a partir de cáscara de plátano.

Para la determinación del nivel de fibra dietaria de la FFCP se usó el kit enzimático SIGMA TDF-100, en el cual se utilizaron cuatro beakers de 600 mL; en tres de ellos se colocaron 0,5 g de muestra previamente pesados y desgrasados con éter de petróleo, el restante se empleó como blanco. Posteriormente, se adicionaron 50 mL de buffer fosfato -  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (pH=6,0) y 100  $\mu\text{L}$  de  $\alpha$ -amilasa. Las disoluciones se cubrieron con papel aluminio y se llevaron a baño maría (95 °C) durante 15 min con agitación constante. Una vez transcurrido el tiempo de incubación, se permitió que la temperatura de los

beakers disminuyera hasta temperatura ambiente (20 °C aproximadamente para Bogotá), momento en el cual fue ajustado el pH de cada beaker a 7,5 con la adición de 10 mL de NaOH 0,275 M; inmediatamente, fueron adicionados a cada recipiente una cantidad de 5 mg de proteasa vehiculizada, solución buffer fosfato (0,1 mL) y se procedió a incubar la proteasa en baño maría con agitación magnética mediante el aumento de la temperatura hasta que se alcanzaron 60 °C, momento en el cual se permitió un tiempo de incubación de 30 min, posteriormente se dejó nuevamente a los recipientes alcanzar temperatura

ambiente. Una vez atemperados los recipientes se ajustó el pH de cada beaker a un valor 4,2 mediante la adición de 10 mL de HCl 0,325 M e inmediatamente se agregaron 100 µL de amiloglucosidasa. Se procedió a la incubación de la enzima a temperatura de 60 °C en baño maría con agitación magnética simultánea durante 30 min. Una vez terminada la incubación se atemperaron los beaker a temperatura ambiente, se le agregó a cada recipiente un volumen de 200 mL de etanol al 95% de pureza y finalmente se dejó reposar durante 24 h, con el objetivo de que con el exceso de etanol generar una precipitación de la fibra soluble presente. Posteriormente, el contenido de los beakers fue filtrado en crisoles de placa porosa con cama de celita previamente tarados por lo que hasta este punto se tenían 4 crisoles con residuos no líquidos. Una vez se eliminó el líquido que contenían los beakers se procedió a tarar nuevamente los crisoles (con el contenido no líquido de los beakers) y por diferencia se calculó el peso seco de cada residuo. Adicional a lo anterior, uno de los residuos secos de FFCP contenido en uno de los crisoles fue tomado para determinación de proteína por el método Kjeldahl, otro para determinación de cenizas (AOAC, 1998) con el fin de restar el peso seco, correspondientes a los valores de proteína, cenizas y blanco, al residuo del tercer crisol con contenido FFCP para calcular el contenido de fibra dietaria total - FDT. La fracción de fibra dietaria insoluble (FDI) fue determinada con los mismos pasos que involucraron la incubación de enzimas específicas pero en esta ocasión no se adicionaron los 200 mL de etanol al 95% ni se permitió un reposo de 24 h por lo cual la fibra soluble no se precipitó y al hacer el filtrado en crisol de placa porosa con cama de celita la fibra soluble no permaneció en el crisol y por tanto después de realizar el respectivo secado, análisis de proteína y cenizas se procedió nuevamente a restar del tercer crisol el peso equivalente a la proteína y las cenizas presentes, así como los residuos del blanco para poder calcular finalmente el valor de FDI. En cuanto a la fracción de fibra dietaria soluble (FDS), ésta se calculó al restar al valor de FDT el valor de FDI. Los anteriores procedimientos fueron realizados por triplicado tanto para determinación de fibra dietaria total como para determinación de fibra dietaria insoluble.

**Funcionalidad tecnológica (FT).** Se evaluó la funcionalidad tecnológica de la fuente rica en fibra obtenida a partir de la cáscara de plátano en términos de capacidad de absorción de aceite y capacidad de absorción de agua, según la metodología planteada

por Rodríguez (1996) y Scheeman (1989), y en términos de capacidad de retención de agua y capacidad de absorción de moléculas orgánicas, según la metodología formulada por Lajolo y Wensel (1998). Las variables de funcionalidad tecnológica de la FFCP se midieron a temperatura ambiente, aproximadamente 20 °C en la ciudad de Bogotá (tratamiento 1), y a 74 °C (tratamiento 2) en la etapa de agitación (en baño maría) que es la temperatura de cocción para matrices de productos embutidos cárnicos con el objetivo de observar el comportamiento de la FFCP al ser sometida a condiciones de temperatura comunes para ingredientes utilizados en productos cárnicos. Las determinaciones para evaluar la funcionalidad tecnológica (FT) se realizaron por triplicado en todos los casos.

**Capacidad de absorción de agua (CAAG).**

Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser absorbida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón. Se colocó 1 g de muestra inicial (Pi) (g), se adicionaron 10 mL de agua, se ajustó el pH a 7,00 con NaOH o HCl 0,1 M, controlando con un pH-metro (Modelo 507, Crison®, España), y se agitó durante 30 min; posteriormente, se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Rotofix Hettich®, Alemania), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (g). La CAAG se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CAAG = (Pf - Pi / Pi)$$

**Capacidad de absorción de aceite (CAAC).**

Expresa la máxima cantidad de aceite que puede ser absorbida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón. Se colocó 1 g de muestra inicial (Pi), se adicionaron 10 mL de aceite de girasol y se agitó durante 30 min; posteriormente, se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Rotofix Hettich®, Alemania), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (g). La CAAC se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CAAC = (Pf - Pi / Pi)$$

**Capacidad de retención de agua (CRA).**

Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón. Se pesó 1 g de la muestra inicial (Pi),



se adicionaron 10 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 7,00 con NaOH o HCl 0,1 M, controlando con un potenciómetro (Modelo 507, Crison®, España), y se agitó durante 30 min; posteriormente, se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente; se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Rotofix Hettich®, Alemania) durante 10 min e inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (g). La CRA (%) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CRA = (Pf - Pi / Pi)$$

**Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO).** Es la habilidad que poseen fracciones de fibra dietaria (especialmente la lignina) para ligar ácidos biliares, sustancias carcinogénicas y mutagénicas; también involucra la capacidad de incrementar la excreción de las sustancias mencionadas. Se pesó 1 g de muestra (Pi), se adicionaron 10 mL de aceite de girasol comercial y se agitó durante 30 min; luego, se dejó en reposo durante 24 h a temperatura ambiente y se centrifugó a 3.000 rpm durante 10 min, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (g). La CAMO (mL/g) se calculó mediante la siguiente relación:

$$CAMO = (Pf - Pi / Pi)$$

**Diseño experimental.** Para el análisis estadístico de los datos se aplicó un modelo estadístico completamente al azar en un análisis de varianza en donde se relacionan fuentes de variación representadas por las dos temperaturas a las que se evaluaron las variables

de FT (CAAG, CAAC, CRA y CAMO) de la fuente rica en fibra dietaria obtenida de cáscara de plátano y el comportamiento de las variables respuesta, para lo cual se estableció un tratamiento control (medición de las variables de FT a temperatura ambiente) y un tratamiento de temperatura elevada (medición de las variables de la FT a 74 °C), cada tratamiento con tres repeticiones; adicional a lo anterior se aplicaron pruebas de significancia de Tukey. Se usó el paquete estadístico SAS Institute Inc. Cary, NC, USA (Versión 9.0).

Modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

en donde:

i = 1, 2, 3 (repeticiones)

j = 1, 2 (tratamientos: medición de la FT (CAAG, CAAC, CRA y CAMO) a temperatura ambiente y a 74 °C)

$Y_{ij}$  = Respuesta en la i-ésima repetición del j-ésimo tratamiento

$\mu$  = Promedio poblacional de las variables respuesta

$\tau$  = Efecto del j-ésimo tratamiento sobre las variables respuesta

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental en la i-ésima repetición del j-ésimo tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de obtención de la FFCP presentó un bajo rendimiento (Tabla 1) ya que la masa del porcentaje final obtenido (2%) es inferior al de otras fuentes de

**Tabla 1.** Rendimiento de la cáscara de plátano al ser sometida al proceso de obtención de una fuente rica en fibra dietaria.

<b>Etapas de proceso</b>	<b>Rendimiento por etapa (%)</b>	<b>Masa de cáscara de plátano (kg)</b>
Masa inicial	100	50
Recepción y alistamiento	96,7	48,45
Selección de plátanos	100	48,45
Pelado: obtención de cáscaras	35	16,96
Lavado	100	16,96
Molienda en húmedo	100	16,96
Arrastre de almidón: afrecho	35	5,94
Secado	17	1,0
Molido	99,6	1
Rendimiento final	2	1

fibra dietaria como lo sugiere Baquero (1996) quien obtuvo un rendimiento de 12,6% al obtener una fuente rica en fibra dietaria a partir de cáscara de maracuyá. Sin embargo, se encuentran posiciones en la literatura como la de Zhang *et al.* (2005), que sustentan que los subproductos de origen agroindustrial constituyen una fuente de bajo costo de fibra dietaria.

El contenido de fibra dietaria total (FDT) equivalente a 46,79% (compuesto por un 96,43% de FDI y 3,57% de FDS), presente en la fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano resulta ser superior a otras fuentes de fibra reportadas como la de fibra dietaria de naranja, a la que se le atribuye un nivel de FDT de 36,9% (Grigelmo y Martín, 1999), el salvado de arroz, con nivel de FDT de 27,04% según Abdul y Luan (2000), y fibra de mango concentrada, con un nivel de FDT expresado por Vergara *et al.* (2007) de 28,05%. Otros recursos como el del salvado de trigo, que presenta valores de FDT de 44,46% (Prosky *et al.*, 1988), se encuentra en un nivel más próximo. También, se pueden encontrar recursos con mayores niveles de FDT como la cáscara de limón, la cual puede llegar a presentar valores de FDT que oscilan entre 60,1% y 68,3% (Figuerola *et al.*, 2005). Por lo anterior, se puede considerar que la FFCP resulta ser una fuente de fibra relativamente alta, lo cual sugeriría que tiene un gran potencial para su aplicación (en cantidades adecuadas según recomendaciones indicadas para ingesta de fibra dietaria) como ingrediente que aportaría una fracción fibrosa en cantidades significativas en productos procesados con miras a buscar que una inclusión mínima de fibra dietaria pueda beneficiar al consumidor con los efectos fisiológicos registrados en la literatura científica (Slavin, 2008 y Codex Alimentarius Commission, 2009).

Fuentes de fibra reconocidas por sus efectos benéficos sobre los intestinos poseen un componente mayoritario de fibra insoluble con respecto a su valor de FDT; tal es el caso del salvado de trigo, cuyo consumo ha sido fuertemente asociado a una disminución de la probabilidad de presentación de cáncer de colon aun cuando en la misma dieta se encuentran altas cantidades de grasa (Alabaster, Tang y Shivapurkar, 1997), lo cual indicaría que la FFCP podría tener un efecto importante sobre la salud intestinal y por tanto podría ser pertinente considerar esta fuente de fibra como un ingrediente funcional en un producto con altos niveles de consumo dentro de un grupo poblacional determinado.

Los valores de la FT obtenidos para las variables medidas están relacionados con el tamaño de partícula, la estructura química del componente fibroso del recurso, la temperatura, y el pH entre otros factores (Elleuch *et al.*, 2011); adicionalmente, estos valores de FT también señalan el tipo de aptitud de un recurso rico en fibra dietaria para su posible utilización como ingrediente en productos alimenticios procesados (Grigelmo y Martín, 1999). Por tanto los valores de FT para CAAG, CAAC, CRA y CAMO son el resultado de la naturaleza propia de la fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano y de las condiciones en que fueron medidas. Sin embargo, al comparar los resultados de la Tabla 2 con los valores determinados para otras fuentes de fibra se puede observar que la FFCP obtuvo valores para capacidad de retención de agua ( $9,77 \pm 0,88$  y  $8,28 \pm 0,5$  g de agua/g de FFCP a temperatura ambiente y  $74^\circ\text{C}$ , respectivamente) y de capacidad de absorción de aceite ( $2,1 \pm 0,033$  y  $2,64 \pm 0,04$  para temperatura ambiente y  $74^\circ\text{C}$ , respectivamente) superiores a lo encontrado para bagazo de caña de azúcar, con  $\text{CRA} = 7,5$  g de agua/g de fibra de bagazo de caña de azúcar; pero inferior a la capacidad de absorción de aceite, 11,3 g de aceite/g de fibra de bagazo de caña de azúcar (Sangnark y Noomhorm, 2004). Una situación similar se presenta al hacer una comparación con fibra dietaria concentrada de naranja (obtenida del bagazo remanente de naranja producto de la extracción del jugo) donde Grigelmo y Martín (1999) declaran que la CRA de este recurso es de 7,3 g de agua/g de fibra de naranja concentrada, de la misma manera se comporta en este caso la capacidad de absorción de aceite, la cual se reportó con un valor de 1,27 g de aceite/g de fibra de naranja concentrada, siendo este valor inferior al resultado obtenido en CAAC para la FFCP (Tabla 2). Por otra parte, en otras investigaciones se revelan recursos considerados como fuentes de fibra dietaria que poseen una CRA superior a la FFCP como es el caso de la fibra dietaria concentrada de mango, la cual alcanza una CRA de 11 g de agua/g de fibra concentrada de mango pero una capacidad de absorción de aceite inferior de 1 g de aceite/g de fibra dietaria concentrada de mango (Vergara *et al.*, 2007).

En cuanto a la capacidad de absorción de agua (CAAG) (g de agua absorbida/g de recurso fibroso), la cual depende en gran medida del volumen de poros presentes en el recurso rico en fibra (Guillon y Champ, 2000), se puede observar que la cantidad de gramos de agua absorbidos por la FFCP ( $8,47 \pm 0,04$  y  $8,37 \pm 0,04$  para temperatura ambiente y  $74^\circ\text{C}$ , respectivamente) es superior al de la fibra de manzana

y el salvado de trigo (4,6 y 2,7, respectivamente, según Ralet *et al.* (1990) y Cloutour (1995)), lo cual sugiere que el volumen de poros presentes en la FFCP es más

alto que el de otros materiales considerados como fuente de fibra dietaria encontrados por los autores citados.

**Tabla 2.** Funcionalidad tecnológica (FT), de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano, en términos de CAAG: capacidad de absorción de agua; CAAC: capacidad de absorción de aceite; CRA: capacidad de retención de agua y CAMO: capacidad de absorción de moléculas orgánicas.

Variable	Tratamiento 1 (temperatura ambiente; 20 °C)	Tratamiento 2 (74 °C)
CAAG (g de agua/g de FFCP)	8,47 ± 0,04 a**	8,37 ± 0,04 a**
CAAC (g de aceite/g de FFCP)	2,1 ± 0,033 a*	2,64 ± 0,04 b*
CRA (g de agua/g de FFCP)	9,77 ± 0,88 a*	8,28 ± 0,5 a*
CAMO (g de aceite/g de FFCP)	2,16 ± 0,08 a*	2,33 ± 0,07 a*

Medias con el mismo súper índice (a ó b) no presentan diferencia estadísticamente significativa en la misma fila, según Tukey. \*\* indica  $P < 0,01$ ; \*indica  $P < 0,05$ .

La CAMO (expresada en g de aceite/g de recurso rico en fibra dietaria) de la FFCP fue  $2,16 \pm 0,08$  y  $2,33 \pm 0,07$  para temperatura ambiente y 74 °C, respectivamente; valores que pueden ser tomados como una alta capacidad de absorción de moléculas orgánicas ya que otros recursos considerados con altos valores de CAMO muestran niveles de 1,98 para salvado de trigo (Zambrano *et al.*, 2001) y de 1,09 para fracción rica en fibra de chia (*Salvia hispanica* L.) (Vázquez *et al.*, 2009), por lo cual se podría considerar que la FFCP podría tener una gran capacidad de interactuar con compuestos no solo grasos sino también carcinogénicos y tóxicos entre otros, permitiendo que este tipo de moléculas perjudiciales para la salud humana puedan ser excretados en las heces tal como lo exponen Zhang *et al.* (1994), en una investigación donde aplicaron pruebas clínicas a ocho personas sometidas a una dieta que comprendía pan bajo en fibra durante tres semanas y posteriormente a una dieta que comprendía pan rico en fibra durante tres semanas observando que las heces de las personas objeto de estudio, tuvieron mayor presencia de energía, grasa y de compuestos nitrogenados, entre otros, durante el periodo en que tuvieron la dieta que incluía pan alto en fibra. Los componentes presentes en la fibra dietaria total que tienen CAMO son principalmente los que hacen parte de la fibra dietaria insoluble, incluyendo la lignina (López *et al.*, 1997).

No hubo efecto de la temperatura sobre la funcionalidad tecnológica en términos de capacidad de absorción de agua ( $P > 0,01$ ), capacidad de absorción de moléculas

orgánicas ( $P > 0,05$ ) ni capacidad de retención de agua ( $P > 0,05$ ). Por otro lado si hubo un efecto sobre la capacidad de absorción de aceite ( $P < 0,05$ ), lo cual podría ser atribuido a que la temperatura generó que disminuyera la viscosidad del aceite, permitiéndole entrar más fácilmente a ocupar el volumen de poros presente en la FFCP.

## CONCLUSIÓN

Los valores alcanzados para CAAG, CAAC, CRA y CAMO de la fuente de fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano corresponden a un recurso con aptitud en cuanto a funcionalidad tecnológica para su inclusión en matrices alimenticias como los productos cárnicos, ya que un aumento en la temperatura no afecta significativamente la capacidad de absorción de agua ( $P > 0,01$ ), capacidad de absorción de moléculas orgánicas ( $P > 0,05$ ) ni la capacidad de retención de agua ( $P > 0,05$ ). Por otro lado, sí hubo efecto de la temperatura sobre la capacidad de absorción de aceite ( $P < 0,05$ ), lo cual se considera como un aspecto deseable en matrices de tipo cárnica las cuales comúnmente involucran altos contenidos de grasa.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Dirección de Investigación Sede Bogotá - DIB de la Universidad Nacional de Colombia y al Instituto de Tecnología Alimentaria - INTAL, Medellín, Colombia, por el financiamiento del proyecto Cáscara de plátano



(Musa AAB) como un nuevo recurso de fibra dietaria: Aplicación a un producto cárnico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdul, A. and Y. S. Luan. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry* 68(1): 15–19.
- AOAC INTL. 1998. Official methods of analysis. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Alabaster, O., Z. Tang and N. Shivapurkar. 1997. Inhibition by wheat bran cereals of the development of aberrant crypt foci and colon tumours. *Food and Chemical Toxicology* 35(5): 517-522.
- Slavin, J.L. 2008. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association* 108(10): 1716-1731.
- Baquero, C. 1996. La cáscara de maracuya (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) como fuente de fibra dietaria. Trabajo de Grado, Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 40 p.
- Beecher, G.R. 1999. Phytonutrients' role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. *Nutrition Reviews* 57(9 Pt 2): 3-6.
- Cloutour F. 1995. Caracterisation des fibres alimentaires: influencesurleur fermentation *in vitro* par la flore digestive de l'homme. These de Doctorat, Faculte des Sciences et des Techniques, Universite de Nantes, 123 p.
- Codex Alimentarius Commision. 2009. Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Appendix II, p. 46. In: Codex Alimentarius Commission, ALINORM 09/32/26 Rome, Italy. 83 p.
- Elleuch, M., D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker and H. Attia. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124(2): 411-421.
- Figuerola, F., M.L. Hurtado, A.M. Estévez, I. Chiffelle and F. Asenjo. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91(3): 395-401.
- Grigelmo, N. and O. Martín. 1999. Characterization of dietary fibre from orange juice extraction. *Food Research International* 31(5): 355–361.
- Guillon, F. and M. Champ. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres and consequence of processing on human physiology. *Food Research International* 33(3): 233-245.
- Iyengar, R. and A.J. McEvily. 1992. Anti-browning agents: alternatives to the use of sulfites in foods. *Trends in Food Science and Technology* 3: 60-64.
- Jiménez, E.A. and M.F. Sánchez. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research* 20(4): 585-598.
- Kaferstein, F.K. and G.A. Clugston. 1995. Human health problems related to meat production and consumption. *Fleischwirtschaft* 75: 889-892.
- Lajolo S.A. y D.N. Wensel. 1998. Temas en tecnología de alimentos. Fibra dietaria. Instituto Politécnico Nacional 2:29-42.
- López, G., G. Ros, F. Rincón, M. Periago, M. Martínez and J. Ortuño. 1997. Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismo de acción en el tracto gastrointestinal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 47(3): 203-207.
- Mann, J.I. and J.H. Cummings. 2009. Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 19(3): 226-229.
- Martínez, H.J., Y. Peña y C.F. Espinal. 2005. La cadena del plátano en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005, Observatorio Agrocadenas Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 38 p.
- Papadima, S.N. and J.G. Bloukas. 1999. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausages. *Meat Science* 51(2): 103-113.
- OMS-Organización Mundial de la Salud. 2012. Obesidad y sobrepeso, nota descriptiva No. 311. En: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>; consulta: mayo 2012.

- Prosky, L., N.G. Asp, T.F. Schweizer, J.W. De Vries and I. Furda. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 71(5): 1017-1023.
- Puuponen-Pimiä, R., A.M. Aura, K.M. Oksman-Caldentey, P. Myläräinen, M. Saarela, T. Mattila Sandholm and K. Poutanen. 2002. Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science and Technology* 13: 3-11.
- Ralet, M.C., J.F. Thibault and G. Della. 1990. Influence of extrusion cooking on the physico-chemical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science* 11(3): 249-259.
- Raghavendra, S.N., S.R. Ramachandra, N.K. Rastogi, K.S. Raghavarao, S. Kumar and R.N. Tharanathan. 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering* 72(3): 281-286.
- Rodríguez, J. 1996. Fibra dietética: propiedades funcionales y procesos tecnológicos. En: II Curso Internacional de fibra dietaria almidón resistente. Santa Fe de Bogotá.
- Scheeman, B. 1989. Dietary fiber. *Food Technology* 43(10): 133-139.
- Sangnark, A. and A. Noomhorm. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Research International* 37(1): 66-74.
- Schieber, A., F.C. Stintzing and R. Carle. 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. *Trends in Food Science and Technology* 12(11): 401-413.
- Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA). 2010. Sistema de información de precios del sector agropecuario. *Boletín Semanal Precios Mayoristas* 15(11): 1-3.
- Son, S.M., K.D. Moon and C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry* 73(1): 23-30.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management: engineering principles and management issues*. McGraw-Hill, New York. 978 p.
- Vázquez, A., G. Rosado, L. Chel and D. Betancur. 2009. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT-Food Science and Technology* 42(1): 168-173.
- Vergara, N., E. Granados, E. Agama, J. Tovar, J. Ruales, and L.A. Bello. 2007. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT – Food Science and Technology* 40(4): 722-729.
- Villarreal, M., C. Acevedo, E. Yáñez y E. Biolley. 2003. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53(4): 400-407.
- Viuda, M., M.C. López, J.H. López J. Fernández, M.E. Sayas, E. Sendra and J.A. Pérez. 2009. The role of fiber in cardiovascular diseases: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9(2):240-258.
- Zambrano, M., R. Meléndez y Y. Gallardo. 2001. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. pp. 195-209. En: Lajolo, F., E. Saura and E. Wenzel (eds.). *Fibra Dietética en Iberoamerica: Tecnología y Salud*, Livraría LTDA, São Paulo. 469 p.
- Zhang, J., E. Lundin and G. Hallman. 1994. Effects of rye bran excretion of bile acids, cholesterol, nitrogen and fat in human subjects with ileostomies. *American Journal Clinical Nutrition* 59: 389-394.
- Zhang, W., S. Xiao, H. Samaraweera, E.J. Lee and D. Ahn. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Science* 86(1): 15-31.
- Zhang, P., R.L. Whistler, J.N. BeMiller and B.R. Hamaker. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers* 59(4): 443-458.