

Caracterización fisicoquímica y funcionalidad tecnológica de la fibra de banano íntegro verde (*Cavendish valery*) (*Musa AAA cv. Musaceae*)*

Silvia Marcela Ospina Meneses**, Diego Alonso Restrepo Molina***, Jairo Humberto López Vargas****

Resumen

Introducción. La zona de Urabá, en el departamento de Antioquia, Colombia, es gran productora de banano que se dedica fundamentalmente al mercado internacional. Algunos ejemplares que no dan la talla, son dedicados al mercado interno, o simplemente se desechan. **Objetivo.** El presente estudio buscó caracterizar una fibra de banano verde íntegro de variedad gran enano (*Musa AAA cv. Musaceae*) (30 %) y Valery (*Cavendish valery*) (70 %), proveniente de la zona de Urabá, departamento de Antioquia, Colombia. **Materiales y métodos.** Se realizó su análisis químico proximal, características del contenido de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria soluble (FDS), fibra dietaria insoluble (FDI), además del tamaño de partícula, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), para evaluar su potencial como ingrediente en productos alimenticios. **Resultados y conclusión.** La caracterización fisicoquímica de la fibra de banano verde íntegro arrojó un contenido de FDT de 38,7 %, FDS de 30,5 % y de FDI de 8,3 %, de proteína de 4,515 % de cenizas de 4,32 %, de grasa de 0,744 % y de humedad de 8,323 %, haciendo de esta un ingrediente que pudiera constituirse en la única fuente de fibra para un alimento.

Palabras clave: fibra dietaria, propiedades funcionales, efectos fisiológicos benéficos, banano verde.

Physical-chemical characterization and technological functionality of green bananas' (*Cavendish valery*) (*Musa AAA cv. Musaceae*) fiber

Abstract

Introduction. The Urabá zone, in Antioquia, Colombia, has a great banana production, mainly devoted to international markets. Some bananas that cannot achieve high standards are sent to domestic markets, or are simply disposed. **Objective.** This study aimed to characterize a green banana fiber, of the "gran enana" variety (*Musa AAA cv. Musaceae*), 30 % and Valery (*Cavendish valery*), 70 %, from Urabá, Antioquia, Colombia. **Materials and methods.** A proximate chemical analysis was performed, with characteristics of the total dietary fiber (TDF), soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF), plus the particle size, water retention capacity (WRC), swelling capacity (SC), organic molecules adsorption capacity (OMAC) and cation exchange capacity (CEC), in order to assess its potential as an ingredient for food. **Results and conclusion.** The physical-chemical characterization of the green banana fiber had a TDF content of 38,7 %, SDF of 30,5 % and IDF of 8,3 %, 4,515 % of protein, 4,32 % of ashes, 0,744 of fat and 8,323 of humidity. Therefore, this fiber can be the only fiber source in a food product.

Key words: dietary fiber, functional properties, beneficial physiological effects, Green banana.

* Artículo derivado del proyecto de investigación "Evaluación de la inclusión de la fibra de banano verde integral (*Musa sapientum*) en hamburguesas reducidas en grasa" Tesis de maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, U Nal de Col, Medellín"

** Ingeniera de alimentos, especialista en Gerencia de Mercadeo, especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. smo43@hotmail.com.

*** Ingeniero químico, magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos, profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.

**** Su condición de doctor Zootecnista, Magíster Ciencia e Ingeniería de Alimentos, doctor (c) en Ciencia de Alimentos, profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Caracterização físico-química e funcionalidade tecnológica da fibra de banana íntegro verde (*Cavendish valery*) (*Musa AAA cv. Musaceae*)

Resumo

Introdução. A zona de Urabá, no departamento de Antioquia, Colômbia, é grande produtora de banana que se dedica fundamentalmente ao mercado internacional. Alguns exemplares que não chegam ao tamanho esperado, são dedicados ao mercado interno, o simplesmente se elimina. **Objetivo.** O presente estudo buscou caracterizar uma fibra de banana verde íntegro de variedade grande anão (*Musa AAA cv. Musaceae*) (30 %) e Valery (*Cavendish valery*) (70 %), proveniente da zona de Urabá, departamento de Antioquia, Colômbia. **Materiais e métodos.** Se realizou sua análise

químico proximal, características do conteúdo de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria solúvel (FDS), fibra dietaria insolúvel (FDI), ademais do tamanho de partícula, capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de expansão (CH), capacidade de adsorção de moléculas orgânicas (CAMO) e capacidade de intercambio catiônico (CIC), para avaliar seu potencial como ingrediente em produtos alimentícios. **Resultados e conclusão.** A caracterização físico-química da fibra de banana verde íntegro mostrou um conteúdo de FDT de 38,7 %, FDS de 30,5 % e de FDI de 8,3 %, de proteína de 4,515 % de cinzas de 4,32 %, de gordura de 0,744 % e de umidade de 8,323 %, fazendo desta um ingrediente que pudesse constituir-se na única fonte de fibra para um alimento.

Palavras chave: fibra dietaria, propriedades funcionais, efeitos fisiológicos benéficos, banana verde.

Introducción

En Colombia se han realizado pocos estudios sobre la caracterización de fibras de fuentes vegetales, lo que motiva a desarrollar un estudio experimental para establecer metodologías adecuadas en su evaluación, tendentes al desarrollo de nuevos productos alimenticios que promuevan efectos fisiológicos benéficos. El consumo de fibra dietaria se ha asociado con propiedades de alimentos funcionales, es decir, que además de nutrir proveen condiciones que favorecen la salud intestinal, ayudan en la prevención de cáncer colon-rectal, las enfermedades cardiovasculares y el mantenimiento del peso.

En la actualidad, el desarrollo y la utilización de ingredientes funcionales son ampliamente explotados por la industria alimentaria, principalmente aquellos con niveles altos de fibra dietética (Rodríguez Ambríz et al., 2008, 1515).

Las tendencias alimentarias actuales muestran un creciente aumento en la demanda de alimentos con propiedades saludables especiales (Astiasaran Anchia, I., & Martínez Hernández, 2000, 25; Cortés, Chiralt, & Puente, 2005, 6; Msagati, 2012, 248); entre ellos se encuentran los alimentos enriquecidos con

fibra dietaria, debido a su efecto benéfico sobre la función gastrointestinal y a la prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otras (Román & Valencia, 2006a, 220, 2006b, 37; Valencia & Román, 2004, 13)

Las normas de etiquetado establecidas en los diferentes países, el nivel de educación y el conocimiento de los consumidores sobre los estilos de vida saludable han impulsado a los productores de alimentos a mejorar la calidad de sus productos y a ofrecer alimentos que realmente cumplan las expectativas de los consumidores (Skeaff et al., 2005, 338; Valencia & Román, 2004, 13), lo que ha incrementado en las empresas productoras de alimentos la demanda por materias primas de alta calidad que les permitan controlar las características finales de sus productos alimenticios (Valencia & Román, 2006, 55).

Así, pues, se requiere establecer metodologías adecuadas para evaluar las propiedades funcionales, con el fin de controlar el aporte nutricional y las propiedades sensoriales en la formulación de productos de óptima calidad en los cuales se puede incrementar la cantidad de fibra para prevenir enfermedades crónicas (Msagati, 2012, 180).

Las propiedades funcionales de la fibra son las responsables de los efectos fisiológicos

que desarrolla y están influenciadas por la matriz estructural de la misma, la relación fibra dietaria insoluble / fibra dietaria soluble (FDI/FDS), el tamaño de la partícula, la fuente, así como por el grado y el tipo de procesamiento llevado a cabo para su obtención (Drzikova, Dongowski, Gebhardt, & Habel, 2005, 182; Figuerola, Hurtado, Estévez, Chiffelle, & Asenjo, 2005, 396; Guillon & Champ, 2000, 234; Msagati, 2012, 187).

Los cereales, verduras, hortalizas y frutas frescas son las fuentes de fibra dietaria más importantes. La producción de fibras de fuentes diferentes a los cereales, como los residuos de frutas, y la elaboración de nuevos productos con estas, es de gran interés para la industria alimentaria, debido a su aplicación tecnológica y a su innovación, y a la utilización de las fibras de frutas como materia prima (Martínez & Cadavid, 2008, 220; Martínez, Roman, & Gutiérrez, 2003, 12). La fibra de banano verde íntegro es un subproducto que normalmente se desecha de la elaboración de harina de banano verde, siendo este en la dieta de los colombianos, uno de los principales alimentos que provee carbohidratos (Hoyos Leyva et al., 2012, 215).

Las cáscaras de banano representan el 40 % del peso total de la fruta (Gañán, Zuluaga, Restrepo, Labidi, & Mondragon, 2008, 486); estos residuos pueden plantear un problema ambiental si son desechados directamente (Yepes, Naranjo, & Orozco, 2008, 4423). Por lo tanto, es una razón de peso encontrar posibilidades que permitan utilizar la totalidad de la fruta.

El objetivo del trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente y determinar la funcionalidad tecnológica de una fibra de banano verde íntegro variedad gran enano (*Musa AAA cv. Musaceae*) (30 %) y *Valery (Cavendish Valery)* (70 %), para establecer parámetros de calidad en las materias primas y realizar control de procesos que genere mayor confianza por parte de los consumidores en el momento de utilizar este material. Esta fibra resulta de tamizar la harina de banano verde que proviene de la zona del Urabá antioqueño (Colombia), región que se encuentra ubicada en el sector noroccidental del departamento de Antioquia, Colombia, a 200 km de la ciudad de Medellín, a una altitud promedio sobre el nivel de mar de 40 m. La zona bananera comprende

las cuencas hidrográficas de los ríos Chigorodó, Carepa, Vijagual, Zungo, Apartadó, Riogrande y Currulao.

Materiales y métodos

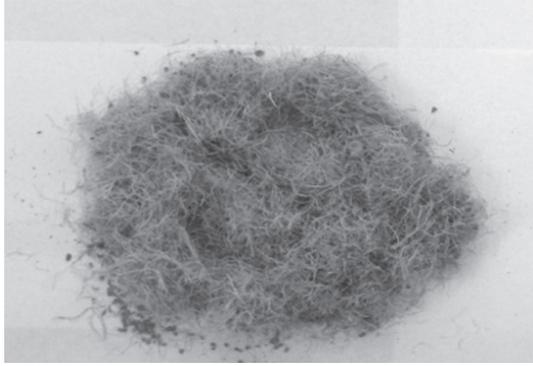
Fuente de fibra

Se utilizó fibra de banano verde íntegro (30 % variedad Gran Enano-70 % variedad Valery) con el aspecto mostrado en la figura 1(a). Las muestras de fibra fueron molidas en un molino marca Atlas (Dinamarca) en las instalaciones de la planta de vegetales del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, y tamizadas en mallas de 0.033 mm, 0.5 mm y 2 mm, y se obtuvieron los productos presentados en la figura 1 (b, c y d), respectivamente. Las muestras fueron homogeneizadas y separadas aleatoriamente, almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de polietileno con cierre hermético, rotuladas y marcadas hasta su evaluación analítica.

Se realizaron ensayos por triplicado. Para escoger la muestra a caracterizar, se definió como criterio la que reportara el mayor valor en la capacidad de retención de agua (CRA).

Caracterización fisicoquímica de la fibra de banano verde íntegro

La humedad se determinó por el método gravimétrico 966.02 de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC). La determinación de las cenizas se realizó según el método gravimétrico de la AOAC 923.03. El extracto etéreo se cuantificó siguiendo el método soxhlet 920.39 de la AOAC. La proteína bruta se obtuvo multiplicando el contenido de nitrógeno, determinado por el procedimiento Kjeldahl, según el método 920.87 del AOAC, por el factor de transformación en proteína 6.25. El análisis de la fibra dietaria total (FDT) se realizó siguiendo el método gravimétrico 993.21 del AOAC. Para la determinación de la fibra dietaria insoluble (FDI) se aplicó el mismo método obviando la precipitación de la fibra soluble en alcohol, según el método 991.43 G del AOAC (AOAC International, 2005). El experimento se realizó por triplicado.



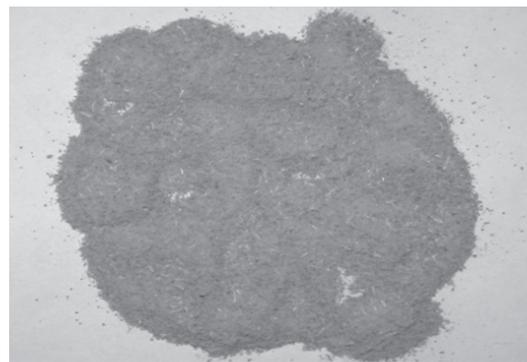
(a). Fibra sin moler



(b). Fibra molida malla 0.033



(c). Fibra molida malla 0.5 mm



(d). Fibra molida malla 2 mm

Figura 1. Fibra de banana verde íntegro antes y después de ser sometida a las diferentes mallas para su disminución de partícula.

Fuente: elaborado por los autores

Funcionalidad tecnológica de la fibra de banana verde íntegro

Las pruebas de capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la viscosidad (η) se realizaron en el laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Nacional Sede Medellín. El valor del tamaño de partícula se determinó en el laboratorio de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia.

Capacidad de hinchamiento (CH)

Se pesaron 2 g de cada muestra en una probeta graduada de 25 mL y se midió el volumen ocupado por las fibras (V_0) (mL); se

adicionaron 10 mL de agua destilada y se agitó manualmente durante 5 min. Se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se midió el volumen final de las muestras (V_1) (mL) (Raghavendra et al., 2006, 282).

La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la ecuación 1:

$$CH = \frac{V_1 - V_0}{\text{Peso muestra}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Capacidad de retención de agua (CRA)

En tubos de centrifuga (Centrifuga Universal Rotofix HETT), se pesaron 0,5g de cada muestra (P_0) (g), se adicionaron 10 mL de agua destilada y se agitaron manualmente durante

10 minutos; la muestra se dejó durante 24 horas a temperatura ambiente; posteriormente se centrifugó a 3000 r/min durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P_1) (g) (Lajolo & Wensel, 1998, 30).

La CRA (%) se calculó mediante la ecuación 2:

$$CRA = \frac{P_1 - P_0}{P_0} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO)

En tubos de centrifuga (Centrífuga Universal Rotofix HETT), se pesaron 0,5g de cada muestra (P_0)(g), se adicionaron 10 mL de aceite de girasol comercial y se agitó manualmente durante 10 minutos, se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente y posteriormente se centrifugó a 3000 r/min durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P_1) (g) (Lajolo & Wensel, 1998, 30).

La CAMO (mL/g) se calcula mediante la ecuación 3:

$$CAMO = \frac{P_1 - P_0}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En un vaso de precipitado de 50 mL se colocaron 2 g de muestra en un exceso de ácido clorhídrico 2N, durante 24 horas, a temperatura ambiente; el ácido clorhídrico se

eliminó, se colocó la muestra en una solución saturada de cloruro de sodio y se lavó con agua destilada. Los iones H^+ captados por la muestra se determinaron por titulación, reportándose el resultado en miliequivalentes de H^+ /g (Valencia & Román, 2006, 56).

Tamaño de partícula

Se determinó en un equipo Mastersizer (2000) de MALVERN, con el accesorio Scirocco 2000 (A) (Rawle).

Análisis de datos

Las determinaciones fisicoquímicas se realizaron por triplicado, y los valores presentados corresponden al promedio. Los resultados de las pruebas funcionales fueron analizados mediante análisis de los estadísticos descriptivos y el test univariado de análisis de varianza. Se utilizó el paquete Statgraphics Centurion XIV.

Resultados y discusión

Selección de la muestra a caracterizar

Para seleccionar el tamaño de partícula a caracterizar se tuvo en cuenta el material que reportara el valor más alto en la CRA, esto con el fin de utilizarlo posteriormente en productos alimenticios. Las determinaciones de la CRA se realizaron por triplicado, y los valores presentados corresponden al promedio. En la tabla 1 se observan los valores obtenidos por tamaño de partícula.

Tabla 1. Valores de CRA dependiendo del tipo de malla

Tipo de Malla (mm)	CRA (%P/P)
0.033	*3.4 ± 0.06
0.05	3.2 ± 0.05
2.0	2.8 ± 1.05

*material escogido.

Fuente: Elaborado por los autores

El material seleccionado para la caracterización fue el producto obtenido de la malla de 0.033 mm.

Caracterización fisicoquímica

En la tabla 2, se muestran los resultados de la composición proximal y del contenido de FDT, FDS y FDI de la fibra de banano verde íntegro.

La muestra presentó un contenido de fibra dietaria total de 38,7 %, un valor de fibra dietaria soluble de 30,5% y un valor de fibra dietaria insoluble de 8,3 %. Cabe anotar que este valor, aunque es bajo con relación a otros materiales, es una importante fuente de fibra. Es importante tener en cuenta que contenidos de FDT de 98,4 %, 94,7 % y 55,1 % de fibras de trigo, avena y manzana, respectivamente, son reportados de fuentes de concentrados de fibra con cierto nivel de pureza (Valencia & Román, 2006, 58). Otros autores señalan contenidos de

FDT de 55.1 a 56,8 en maracuyá y mandarina, respectivamente (Gutiérrez & Medina, 2009, 12).

Los resultados de la tabla 2 indican que la humedad es relativamente baja, lo que permite prever una buena conservación siempre y cuando se mantenga en empaques y almacenamiento adecuado, resultado que coincide con el reportado por Gutiérrez (2009, 12). El contenido de cenizas es relativamente alto comparado con resultados de otras investigaciones donde reportan valores de esta variable para frutas como mandarina, naranja, limón, piña de 3,2; 3,6; 3,7; 3,4, respectivamente, y similar a la reportada en maracuyá de 4,8 (Gutiérrez & Medina, 2009, 12). Es importante destacar el alto contenido de proteína de este material respecto a otros; valores de 0,8 y 0,4 en fibra de trigo y de avena, respectivamente, fueron reportados (Valencia & Román, 2006, 58).

Tabla 2. Composición química de la fibra de banano verde íntegro (g/100 g en BS)

Cenizas %	Grasa %	Humedad %	Proteínas %	FDT %	FDS %	FDI %
4.320 ± 220	0.744 ± 0.002	8.323 ± 0.001	4.515 ± 0.1	38.7 ± 0.1	30.5 ± 0.1	8.3 ± 0.1

Fuente: Elaborado por los autores

Funcionalidad tecnológica

En la tabla 3 se presentan los resultados de la funcionalidad de la fibra de banano verde íntegro. Se puede observar que presenta un importante valor de CRA comparado con otros productos como trigo, avena y manzana que reportaron valores de 3,8; 3,9 y 4,1, respectivamente, lo que indica que estas fibras tienen similar susceptibilidad al estrés debido a la fuerza centrífuga (Chaplin, 2003, 225; Goñi & Martín-Carrón, 1998, 1079; Guillon & Champ, 2000, 234; Raghavendra et al., 2006, 284; Robertson et al., 2000, 76) Water Retention Capacity (WRC. La CH de la fibra de banano verde íntegro presenta valores medios en comparación con otras fibras que presentan valores altos como la fibra del trigo (7,1) y valores bajos como la de la avena (2,3) (Valencia & Román, 2006, 58). Esto significa que esta fibra tiene alguna capacidad media de aumentar su volumen en un exceso de agua, por lo que podría provocar mayor saciedad y

un aumento del bolo fecal (Guillon & Champ, 2000, 234; Raghavendra et al., 2006, 284; Villarreal, Acevedo, Yáñez, & Biolley, 2003) instance.

Los resultados de la CAMO son relativamente altos comparados con los reportados para el trigo y la avena (Valencia & Román, 2006, 58). Esta propiedad podría relacionarse con el comportamiento en el intestino, donde, muy posiblemente, esta característica aumente la capacidad para ligar sales biliares, colesterol, compuestos tóxicos y carcinogénicos permitiendo su excreción por las heces (Aura, Härkönen, Fabritius, & Poutanen, 1999, 144; Jenkins & Kendall, 1999, 343; Khattak, 2002, 164).

Los valores obtenidos en la CIC (3,5 meq [H⁺]/g de MS) indican que el contenido de grupos carboxilos libres e hidroxilos en los residuos de azúcar, así como el contenido de pectina, es menor en la fibra de banano verde íntegro, que

en otros concentrados de fibra con valores en la CIC más altos: 4,4; 4,3; 8,9 en trigo, avena y manzana, respectivamente (Aura et al., 1999, 144; Lajolo & Wensel, 1998, 30).

Con respecto al tamaño de partícula, se encontró que para esta fibra el volumen en

porcentaje se encuentra distribuido entre 9,889 y 120,000 μm con un $d(0,5) = 38,765$. Los resultados muestran que la distribución de tamaño de partícula de la fibra en estudio presentó un amplio intervalo de dispersión (Aura et al., 1999, 144).

Tabla 3. Caracterización funcional del concentrado de fibra de banano verde íntegro

CRA (% P/P)	CAMO (% V/P)	CH (mL agua/g de MS)	CIC (Meq [H ⁺]/g de MS)	Tamaño de partícula
3,4 ± 0.06	10,9 ± 0.35	3,0 ± 0.12	3,5 ± 0.35	9,889 y 120,000 μm con un $d(0,5) = 38,765$

Fuente: Elaborado por los autores

Conclusiones

La caracterización fisicoquímica de la fibra de banano verde íntegro arrojó un contenido de FDT de 38,7 %, FDS de 30,5 % y de FDI de 8,3 %, de proteína de 4,515 % de cenizas de 4,32 %, de grasa de 0,744 % y de humedad de 8,323 %, haciendo de esta un ingrediente que pudiera constituirse en la única fuente de fibra para un alimento, ya que agregando una cantidad de 12,9 g por porción en un alimento, representaría el 51,6 % de la Ingesta Diaria Recomendada, según la Resolución 288 de 2008 del Ministerio de Protección Social.

La funcionalidad tecnológica de la fibra de banano íntegro arrojó valores de CRA de 3,4 (% P/P); esto lo constituye en un material muy atractivo para la disminución de la carga energética de los alimentos donde se use para la sustitución de grasa.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y a la Fundación Corbanacol.

Referencias bibliográficas

- Astiasaran Anchia, I., & Martínez Hernández, J. A. (2000). *Alimentos, composición y propiedades*. (Mac Graw Interamericana)
- Aura, A., Härkönen, H., Fabritius, M., & Poutanen, K. (1999). Development of an in

vitro enzymatic digestion method for removal of starch and protein and assessment of its performance using rye and wheat breads. *Journal of Cereal Science*, 29(2), 139–152.

- Chaplin, M. (2003). Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 223–227.
- Cortés, M., Chiralt, A., & Puente, L. (2005). Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro. *Vitae*, 12(1), 5–14.
- Drzikova, B., Dongowski, G., Gebhardt, E., & Habel, A. (2005). The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation in vitro. *Food Chemistry*, 90(1-2), 181-192.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3), 395-401.
- Gañán, P., Zuluaga, R., Restrepo, A., Labidi, J., & Mondragon, I. (2008). Plantain fibre bundles isolated from Colombian agro-industrial residues. *Bioresource Technology*, 99 (3), 486-91.
- García, M. ., Dominguez, R., Galvez, M. ., Casas, C., & Selgas, M. (2002). Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, 60(3), 227-236.
- Goñi, I., & Martin-Carrón, N. (1998). In vitro fermentation and hydration properties of commercial dietary fiber-rich supplements. *Nutrition Research*, 18(6), 1077-1089.
- Guillon, F., & Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human

- physiology. *Food Research International*, 33(3-4), 233-245.
- Gutiérrez, E., & Medina, G. (2009). Obtención y cuantificación de fibra dietaria a partir de residuos de algunas frutas comunes en Colombia. *Vitae*, 9(1), 5-14.
 - Hoyos-Leyva, J., Jaramillo-Jiménez, P. A., Giraldo-Toro, A., Dominique Dufour, Sánchez, T., Lucas-Aguirre, & Carlos, J. (2012). Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp.). *Acta Agronómica*, 61(3), 214-229.
 - International, A. (2005). *A. O. A. C. Official methods of analysis*. (W. Horwitz & G. W. Latime, Eds.) (18). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
 - Jenkins, D., & Kendall, C. (1999). The effect of wheat bran particle size on laxation and colonic fermentation. *Journal of the American College of Nutrition*, 18(4), 339-345.
 - Khattak, M. (2002). Physiological effects of dietary complex carbohydrates and its metabolites role in certain diseases. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1(4), 161-168.
 - Lajolo, S., & Wensel, D. (1998). Temas en tecnología de alimentos. Fibra dietaria. México DF: Instituto Politécnico Nacional.
 - Martínez, A., & Cadavid, C. (2008). Desarrollo y evaluación de un postre lácteo con fibra de naranja. *Vitae*, 15(2), 219-225.
 - Martínez, O., Roman, M., & Gutiérrez, E. (2003). Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes en Colombia. *Vitae*, 10(2), 9-19.
 - Msagati, T. A. M. (2012). *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
 - Raghavendra, S. N., Ramachandra Swamy, S. R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Kumar, S., & Tharanathan, R. N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 281-286.
 - Robertson, J. A., de Monredon, F. D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., & Thibault, J.-F. (2000). Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study. *LWT - Food Science and Technology*, 33(2), 72-79.
 - Rodríguez-Ambriz, S. L., Islas-Hernández, J. J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2008). Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food Chemistry*, 107(4), 1515-1521.
 - Román, M., & Valencia, F. (2006a). Desarrollo y evaluación de galletas elaboradas con mezcla de fuentes de fibra dietaria como alimento funcional. *Perspectivas en Nutrición Humana. Separata*, 85.
 - Román, M., & Valencia, F. (2006b). Evaluación de galletas con fibra de cereales como alimento funcional. *Vitae*, 13(2), 36-43.
 - Skeaff, C. M., Thoma, C., Mann, J., Chisholm, A., Williams, S., & Richmond, K. (2005). Isocaloric substitution of plant sterol-enriched fat spread for carbohydrate-rich foods in a low-fat, fibre-rich diet decreases plasma low-density lipoprotein cholesterol and increases high-density lipoprotein concentrations. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 15(5), 337-44.
 - Valencia, F., & Román, M. (2004). La fibra dietaria como alimento funcional. *Vitae*, 11(2), 12-17.
 - Valencia, F., & Román, M. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae*, 13(2), 54-60.
 - Villarroel, M., Acevedo, C., Yáñez, E., & Biolley, E. (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).
 - Yepes, S. M., Naranjo, L. J. M., & Orozco, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales—frutas—en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 61(1), 4422-4431.