

Revisión: Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos

Vegetable Products as Source of Dietary Fiber in the Food Industry: A Review

Zoraida Cañas Ángel¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y Misael Cortés Rodríguez³

Resumen. Durante los últimos años se ha incrementado el interés de la industria, los especialistas y del público en general, hacia los posibles usos y beneficios de la fibra dietaria (FD). Este ingrediente funcional, ha sido reportado especialmente por favorecer el funcionamiento digestivo, controlando el tránsito intestinal de los alimentos, el estreñimiento, las hemorroides, la absorción de glucosa, el colesterol, la sensación de saciedad, entre otros. En este artículo se hace una revisión de literatura publicada principalmente de la última década de la fibra dietaria como componente con actividad fisiológica (ingrediente funcional), haciendo énfasis en las fuentes vegetales, sus propiedades funcionales y aplicabilidad. El resultado del repaso, identifica que son muchas las fuentes de fibra dietaria actualmente subutilizadas y que representan una alternativa viable y de bajo costo para mejorar la nutrición de la población.

Palabras clave: Salud, sustancias bioactivas, ingredientes funcionales, fortificación de de alimentos.

Abstract. During the last years there has been an increasing interest from industry, professionals and the general public about possible uses and benefits of dietary fiber (DF). These functional ingredients have been reported especially by promoting gastrointestinal operation, controlling the intestinal transit of food, constipation, hemorrhoids, the absorption of glucose, cholesterol, satiety, among others. This article is a review of literature published primarily in the last decade as a component of dietary fiber with physiological activity (functional ingredient), with emphasis on plant sources, its functional properties and applicability. The results of the review, identified that there are many sources of dietary fiber currently underutilized and represent a viable alternative to improve the nutrition of the population at low cost.

Key words: Health, bioactive substances, functional ingredients, food fortification.

Los alimentos funcionales representan una gama de alimentos que además de actuar como nutrientes, pueden afectar positivamente funciones biológicas específicas, mejorando el estado general de salud y/o reduciendo los riesgos de algunas enfermedades (Diplock *et al.*, 1999; Chen, 2011). La noción de funcionalidad es hoy en día el principal argumento para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Jiménez, 2004; Borderías *et al.*, 2005; Ferguson, 2009). Los atributos funcionales de muchos alimentos tradicionales se están descubriendo, mientras que nuevos productos alimenticios se están desarrollando con componentes benéficos (Rodríguez *et al.*, 2006; Eim *et al.*, 2008; Elleuch *et al.*, 2011).

La fibra dietaria (FD) se encuentra principalmente en las paredes de las células vegetales y ha sido definida por la Asociación Americana de la Química de los

Cereales como la parte comestibles de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, 2001).

La FD tiene efectos benéficos para la salud humana, su ingestión se ha relacionado con la prevención de ciertas patologías como diabetes, alto colesterol, cáncer de colon y desórdenes gastrointestinales, entre otros (Saura y Larrauri, 1996; Wang y Jiao, 2000; Staffolo *et al.*, 2004; Ajila *et al.*, 2008; Godard *et al.*, 2009). La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos y ligninas, donde el efecto saludable es efectivo con una ingesta diaria de referencia (IDR) de 28 g·día⁻¹, en relación a 14 g de FD por cada 1.000 calorías (Institute of Medicine, Food and Nutrition

¹ Estudiante Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <zorayda77@yahoo.es>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@bt.unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <mcortesro@unal.edu.co>

Recibido: Mayo 19 de 2010; Aceptado: Marzo 06 de 2011

Board, 2006). En Colombia, la resolución 288 de 2008 del Ministerio de Protección Social, fijó para niños mayores de 6 meses y menores de 4 años, un valor diario de referencia (VDR) de FD de 19 g, mientras que para niños mayores de 4 años y adultos en 25 g.

En la última década, las frutas y hortalizas han recibido mucha atención como fuentes de sustancias biológicamente activas (Dillard y Germán, 2000; Ajila *et al.*, 2008; Day *et al.*, 2009). Los concentrados de FD procedentes de frutas y hortalizas tienen buenas cualidades nutricionales (Larrauri *et al.*, 1996a; Grigelmol y Martín, 1999; Chau y Huang, 2003; Ajila *et al.*, 2008), pudiendo ser usados en la industria de alimentos como ingredientes funcionales con excelentes resultados (Figuerola *et al.*, 2005; Eim *et al.*, 2008; Elleuch *et al.*, 2011).

Los cereales han sido la fuente tradicional, aunque últimamente se están usando las frutas y hortalizas como fuentes de FD para fortificar alimentos. La característica más relevante de estas fuentes es su gran disponibilidad y bajo costo, pues muchas de ellas son subproductos agroindustriales que representan un problema de contaminación; sin embargo, existe un considerable interés por la industria de alimentos en el aprovechamiento de estos residuos, recuperando una valiosa biomasa y diversos nutrientes (Serena y Bach, 2007). El uso de FD proveniente de nuevas fuentes no está actualmente explotado en todas sus capacidades y la posibilidad de modificarlas mediante tratamientos químicos, enzimáticos y físicos seguramente ampliará sus campos de aplicación. (Laufenberg *et al.*, 2003; Elleuch *et al.*, 2011).

El objetivo del presente artículo es realizar una revisión de literatura principalmente en la última década, de la FD como componente con actividad fisiológica (ingrediente funcional), haciendo énfasis en las fuentes vegetales, sus propiedades funcionales y aplicabilidad.

Fuentes de fibra dietaria derivadas de frutas y vegetales

Naranja (*Citrus sinensis*). La industria de frutos cítricos es importante en zonas tropicales y subtropicales y resalta su importancia en el sector innovador de los alimentos funcionales (Fernández-López *et al.*, 2004; Viuda *et al.*, 2008), su procesamiento después de la obtención del zumo, deja como residuo miles de toneladas de corteza, una

gran fuente de compuestos funcionales como la FD (Lario *et al.*, 2004; Mandalari *et al.*, 2006), además de otros compuestos funcionales como los polifenoles muy reconocidos por sus características antioxidantes (Kang *et al.*, 2006; Fernández-López *et al.*, 2008). Se ha reportado que ciertas partes de lo que se considera como FD, podrían también ejercer efectos antioxidantes (Gorinstein *et al.*, 2001; Lario *et al.*, 2004; Garau *et al.*, 2007).

Se ha comprobado que las características sensoriales de la FD cítrica no afectan las propiedades del alimento donde se apliquen, por esto se sugiere que se incluya en bebidas, jugos de frutas, sopas, alimentos infantiles, postres y lácteos (Fernández-López *et al.*, 2008; Viuda *et al.*, 2010). En estudios realizados por Griguelmo y Belloso (1997); se reporta para la corteza y pulpa un contenido de FDtotal de 35,4% a 36,9% en base seca, además de un bajo contenido calórico (3,5 a 3,7 kcal/g); los autores sugieren el uso de la FD como espesante, gelificante, texturizante y para disminuir calorías. Larrea *et al.*, (2005) evaluaron algunas propiedades funcionales de la pulpa de naranja extruida y su efecto en la calidad de galletas, obteniendo mayor capacidad de retención de agua y solubilidad en las muestras extruidas a 150 °C, incremento en la capacidad de hinchamiento (16,5 -23,0 mL H₂O/g pulpa seca) y mayores niveles de preferencia en el sabor, textura y aceptación, en galletas con adición de 5 y 15% de naranja extruida.

Garau *et al.* (2007), evaluaron la influencia del proceso de deshidratación sobre la composición de la pared celular, las propiedades funcionales de la FD y la actividad antioxidante de la cáscara de naranja, obteniendo un producto con altos niveles en FD, capacidad antioxidante y resistencia a los diferentes tratamientos térmicos. Fernández-Ginés *et al.* (2003); Fernández-López *et al.* (2003) evaluaron el efecto de la adición de FD de naranja en salchichas boloñesas cocidas, encontrando una disminución en el contenido de nitrito residual, un incremento de los parámetros de color, mayor dureza y menos elasticidad, con respecto al tratamiento control (sin adición de FD).

Fernández-López *et al.* (2008) encontraron una disminución en los niveles de nitrito residual por la influencia del contenido de FD de naranja en el salchichón fermentado seco, que hace igualmente que disminuya el riesgo de formación de nitrosaminas (Wakamatsu *et al.*, 2004; Honikel, 2008); además se observó que se favorece el desarrollo del micrococo.

Viuda *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la FD sobre la vida útil de la salchicha boloñesa, encontrando que prolonga su vida útil, ya que influye de manera positiva en su estabilidad oxidativa.

Limón (*Citrus limonum*). Larrauri *et al.* (1996a) calificaron propiedades útiles para predecir los efectos fisiológicos de la FD de cáscara de limón, como la actividad antioxidante, la fermentabilidad y el índice de retardo en la absorción de la glucosa, encontrando valores adecuados de capacidad antioxidante y fermentabilidad, y retraso en el índice de glucosa del 5%, lo que indica que puede tener efectos fisiológicos benéficos tras su ingesta. Fernández-Ginés *et al.*, (2001); Pérez *et al.*, (2001); Aleson *et al.*, (2002); Aleson *et al.*, (2003); Fernández-Ginés *et al.*, (2004), evaluaron la influencia del FD de limón (albedo) crudo y cocido, sobre las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y sensoriales de la salchicha boloñesa cocida y la salchicha curada seca, produciéndose en ambas salchichas una disminución en los niveles de nitrito residual (siendo mayor con el albedo crudo), con respecto a las salchichas sin ninguna adición; esta situación se atribuye probablemente a las reacciones del nitrito con los compuestos bioactivos presentes en el albedo. Estos autores sugieren ampliar las investigaciones del albedo en el enriquecimiento nutricional de otros productos cárnicos, productos lácteos y de panadería. Por otro lado, Aleson *et al.* (2005) estudiaron el efecto de la adición de diferentes tipos y concentraciones de albedo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de carne de hamburguesa, encontrando que se disminuye la pérdida de peso y el contenido graso después de la cocción, además de aumentar la retención de humedad.

Piña (*Ananas comosus*). Con concentrado de cáscara de piña se han producido bebidas en polvo conteniendo 25% de FD (Larrauri *et al.*, 1995). La FD de la piña tiene actividad antioxidante, además presenta propiedades de sabor y color neutro, lo que la hace apropiada para mejorar la aceptabilidad de un producto cuando es usada como suplemento de FD (Larrauri *et al.*, 1997). Suleiman (2004) identificó que los subproductos de la piña son buena fuente de FD (>20% FD total), al tener un alto grado de FD insoluble. La FD de piña ha sido empleada en forma efectiva en la producción de compuestos fenólicos a partir de la fermentación de la pulpa con el hongo *Rhizopus oligosporus* (Correia *et al.*, 2004), en la extracción de sus contenidos nativos (Cabral de Oliveira *et al.*, 2009)

y en la fabricación de polímeros biodegradables para empaques (Satyanarayana *et al.*, 2009).

Maracuyá (*Passiflora edulis*). Chau y Huang (2004) identificaron que la semilla de maracuyá, es una fuente muy rica en FD insoluble, además de tener una buena capacidad de retención de agua y grasa, lo que sugiere una alta aplicación desde el punto de vista de la industria de alimentos. Salgado *et al.* (2010) realizaron ensayos con ratas Wistar con tres concentraciones (5, 10 y 15%) de harina de cáscaras de maracuyá dentro de la dieta total, encontrando una reducción de la tasa glucémica. La dieta con un contenido del 5% fue la que presentó los mejores efectos en las ratas, al reducir los niveles de glucosa en sangre en un 59% y un incremento en los niveles de glicógeno hepático del 71%. Esta situación demuestra el efecto de la cáscara de maracuyá en el metabolismo de los hidratos de carbono, influyendo positivamente en el control metabólico de la diabetes, ayudando en la prevención o el retraso de algunas complicaciones asociadas con esta enfermedad. Cabral *et al.* (2009) evaluaron la capacidad antioxidante del polvo de subproductos agroindustriales de maracuyá para la elaboración de suplementos dietarios, encontrando un contenido de fenoles totales de $41,2 \pm 4,2$ mg de equivalentes de ácido gálico por g de extracto seco y un efecto protector contra la peroxidación lipídica muy similar al reportado para la acerola.

Mango (*Mangifera indica*). La cáscara del mango constituye alrededor del 15 al 20% de la fruta, con contenidos de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y FD (Ajila *et al.*, 2007). Larrauri *et al.* (1996b) obtuvieron niveles de 70 g polifenoles/kg FD, un contenido de FD soluble de 281 g/kg de FD y capacidad de retención de agua de 11,4 g agua/g FD. Por otra parte, en la cáscara de mango Larrauri *et al.* (1996a) determinaron una mayor capacidad antioxidante e índice de retardo en la absorción de la glucosa (efectos fisiológicos), que la FD de limón, por lo que los autores la propusieron como una nueva propiedad promotora de salud asociada con la FD. Ajila *et al.* (2008) evaluaron la influencia del concentrado de la cáscara de mango sobre galletas de pasta suave, obteniendo un mayor contenido de polifenoles y carotenoides que la muestra sin FD de mango (control) y por lo tanto, hubo un mejoramiento significativo de la actividad antioxidante; la incorporación de hasta un 10% del concentrado de cascara de mango en la formulación no afectó sensorialmente la calidad del producto.

Manzana (*Pyrus malus*). Chen *et al.* (1988) evaluaron la influencia de la FD de manzana, el salvado de trigo y la avena sobre pan, galletas y muffins. Los resultados obtenidos presentan la manzana con más FD total que el salvado de trigo y avena; además niveles de FD <4% en galletas y muffins, no afecta la calidad de éstas. El análisis sensorial de los muffins adicionados con FD presenta buena textura y sabor, siendo más dulces, suaves y húmedos que los muffins con salvado de trigo y avena. Con relación al pan adicionado con FD, se incrementó su peso pero disminuyó su volumen. Sudha *et al.* (2007) evaluaron la influencia la FD de manzana en las propiedades de la masa y del pastel terminado, obteniendo una fuente valiosa de FD total y un efecto sobre las propiedades elásticas de la masa y que a medida que se incrementa la cantidad de pulpa de manzana adicionada (de 0 a 30%) a la mezcla con harina de trigo, el volumen de la torta disminuye y la densidad aumenta. Stafollo *et al.* (2004) evaluaron la influencia de la adición FD comerciales de manzana, trigo, inulina y bambú, sobre las propiedades sensoriales y reológicas de yogurt, observando que la presencia de la FD controla la sinéresis hasta después de 21 d de almacenamiento a 4 °C, además mantiene estable la aw, el pH y los parámetros reológicos y de color durante el almacenamiento; sin embargo, la FD de manzana es la que presenta mayores diferencias con el control, atribuidas al color marrón asociado a esta FD. Estos resultados sugieren limitaciones de cantidad en los productos lácteos o la adición de colorantes que enmascaren el oscurecimiento para que coincida con las preferencias del consumidor.

Durazno (*Prunus persica*). El efecto de la sustitución de grasa con FD de durazno en salchichas fue estudiado por Grigelmo *et al.* (1997). Una suspensión entre 20 y 40% de FD de durazno fue incorporada a las salchichas con 5, 10, 15 y 20% de grasa, y se comparó con un control que contenía 25% de grasa. La adición de la FD produjo un incremento en el comportamiento reológico, una disminución del pH, mayor retención de agua durante la cocción y muestras más oscuras que el control, mientras que no hubo efecto en el contenido proteico, ni en contenido de colágeno. Sensorialmente hubo una aceptación similar al control en las muestras con menor contenido de grasa y alto contenido de FD. Grigelmo *et al.* (2001) evaluaron el desarrollo de muffins reduciendo hasta un 10% el contenido graso y reemplazándolo con FD de durazno. Los resultados presentaron un producto con más humedad, proteína y minerales y más bajo

en calorías con respecto al control (sin FD). Desde el punto de vista sensorial, se incrementó su dureza y masticabilidad, sin embargo, la cohesión y elasticidad fueron similares al control.

Coco (*Cocos nucifera*). Las características físico químicas y nutricionales de la FD de coco han sido estudiadas por Gunathilake *et al.* (2009), reportando contenidos de FD de 38%. La gran cantidad de FD presente en el coco se asocia directamente a su conformación. En un coco maduro, la carne blanca corresponde al 28% del peso, rodeado por una cáscara dura de protección, equivalente al 12% del peso, y la cascara exterior equivalente al 35% del peso. La cáscara está constituida por un 30% de FD y 70% de médula (Rodríguez *et al.*, 2011). Esta situación ha sido confirmada por Raghavendra *et al.* (2004; 2006), en residuo de coco desgrasado, como fuente de FD. Trinidad *et al.* (2006) evaluaron la adición de harina de coco como fuente de FD a diferentes tipos de alimentos: barras de granola (5%), pan de canela (5%), pan multicereales (10%), galletas con chispas de chocolate (15%), hotcake (15%), ponqués de chocolate (20%), torta de zanahoria (20%), macarrones (25%) y bizcochos de chocolate (25%). Los resultados identificaron que la harina de coco es una fuente rica de FD y que una adición del 15- 25% en los alimentos, genera una fermentabilidad con liberación de ácidos grasos de cadena corta con poco o ningún efecto sobre la disponibilidad de los minerales; además de una disminución del índice glucémico y una reducción de colesterol total, colesterol LDL y los triglicéridos en personas con moderados niveles de colesterol.

Uva (*Vitis vinifera*). Sánchez *et al.* (2007c) evaluaron la adición de piel y semilla de la uva sobre músculo de pescado picado, encontrando que la adición del 2 y 4% del residuo de la uva redujo el contenido de proteína e incrementó la retención de agua; por otro lado, sensorialmente la textura no presentó diferencias significativas, mientras que los productos adicionados con el 2% fueron mejor calificados que los adicionados con el 4% y que el control (sin residuo de uva). Sánchez y Borderías (2008) estudiaron los efectos tecnológicos de la FD de la uva roja adicionada a torta de pescado. Según los resultados, esta FD se compone de 20,78% de FD soluble y 51,04% de FD insoluble, y contribuye a aumentar la capacidad de retención de agua, reducir el goteo durante la descongelación del producto e incrementar el rendimiento durante la cocción. El producto con la

adición del 2% de FD fue mejor evaluado en el panel sensorial que la muestra control (sin FD). Sáyago *et al.* (2009), midieron el efecto antioxidante de la FD de uva en hamburguesas de pechuga de pollo, utilizando como variable de respuesta la estabilidad de los lípidos durante el almacenamiento en refrigeración. El estudio permitió concluir que la adición de la FD incrementa la estabilidad de los lípidos y la vida útil del alimento, al inhibir por un tiempo más prolongado la oxidación de los lípidos en refrigeración, con un aumento de 13 d más en el periodo de almacenamiento, mejorando las propiedades benéficas para la salud, sin afectar la aceptabilidad del producto. Debido a las preocupaciones de toxicidad de los antioxidantes sintéticos, la FD de uva puede ser útil, natural y saludable, para ser usada en la industria cárnica como antioxidante.

Cacao (*Theobroma cacao*). Además de los flavonoides, el cacao es rico en otros componentes de gran interés nutricional como la FD (Arlorio *et al.*, 2005). Martín *et al.* (1994) encontraron un contenido de 504 g de FD/kg cascara de cacao, lo que indica que esta puede ser utilizada como fuente de FD en alimentos. La cáscara del cacao, fue estudiada por Lecumberri *et al.* (2007) encontrando un contenido de 10,09% (bs) como FD soluble y un 50,42% como FD insoluble, además que la capacidad antioxidante de esta FD y sus propiedades fisicoquímicas, hacen que este subproducto sea adecuado para ser usado en la preparación de alimentos bajos en calorías, tales como: alimentos ricos en FD como galletas de chocolate, tortas de chocolate, suplementos de chocolate dietéticos, entre otros, donde el color y el sabor de la FD de cacao son aspectos ventajosos.

Avellana (*Corylus avellana*). Yurttas *et al.* (2000) afirman que la cubierta de la avellana contiene algunas sustancias fenólicas con propiedades antioxidantes, así como también FD; esto lo corrobora Contini *et al.* (2008) que la consideran como FD antioxidante. Turhan *et al.* (2005) utilizó la cutícula de avellana como fuente de FD (1-2%) en la producción de carne de hamburguesa baja en grasa, influyendo significativamente en los parámetros de calidad de la carne y mejorando el rendimiento durante la cocción. Anil (2007) utilizó la cubierta de la avellana como fuente de FD en panadería, concluyendo que el tamaño de partícula y proceso de hidratación de la cubierta de avellana afectan significativamente ciertos parámetros de calidad, especialmente las propiedades reológicas de la masa panaria y color (oscurecimiento)

de la miga del pan. El autor recomienda la adición del 5 al 10% de la cubierta de avellana como fuente de FD en productos de panadería.

Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Sangnark y Noomhorm (2003) reportaron para el bagazo de la caña de azúcar un contenido de 45% de celulosa, 26% de hemicelulosa y 19% de lignina. Sangnark y Noomhorm (2004) evaluaron el efecto de la adición de FD dietaria del bagazo de caña en las propiedades de la masa panaria y del pan, encontrando que a mayores porcentajes de adición, se producían cambios mayores en las características de calidad de la masa y el pan. Resultados similares fueron obtenidos por Tao *et al.* (1995), quienes investigaron las propiedades físicas y sensoriales del pan preparado con harina de trigo suplementada con FD de caña, donde la adición de niveles del 15% de FD a la formulación, disminuyó sustancialmente el comportamiento reológico del pan; además, panes con una adición del 10 o 15% de FD fueron más oscuro, más firme, más granuloso, ligeramente más amargo y menos aceptable que el pan comercial con FD de avena.

Calabaza (*Cucurbita moschata*).

Escalada *et al.* (2007) evaluaron la composición, las propiedades funcionales y rendimientos de extracción de la FD de la calabaza, con el objeto de analizar la factibilidad de producción de FD a partir de residuos industriales para su uso en aplicaciones nutricionales y tecnológicas. Los autores determinaron alta capacidad de retención de agua y un alto % de hinchamiento, ofreciendo la posibilidad de su uso como ingrediente para alimentos, además los ensayos sobre las propiedades hipoglucémicas muestran retención de glucosa in vitro, por lo cual se corrobora su factibilidad como ingrediente funcional. Adams *et al.* (2011) han documentado las propiedades medicinales de la FD de calabaza mediante su evaluación glucémica en modelos animales, presentando efectos antidiabéticos positivos, y su uso como alimento funcional. Por otro lado, la FD de la calabaza también ha sido evaluada como vehículo de fuentes de hierro para suplementos, ya que su alto contenido de FD enmascara las características de sabor y evita las interacciones con otros componentes alimenticios que disminuyen su biodisponibilidad (Escalada *et al.*, 2009). Esta situación convierte a la calabaza en una materia prima prometedora.

Zanahoria (*Daucus carota*). Eim *et al.*, (2008) evaluaron el efecto de la adición de FD de zanahoria

sobre la maduración de un embutido fermentado seco (sobrassada), encontrándose que el pH del producto se afecta significativamente, al igual que la textura en términos de dureza y de compresión por la adición de más del 3%, del FD. Los investigadores concluyeron que la adición de 3% de concentrado de FD de zanahoria es el límite de inclusión dentro de una formulación para la elaboración de un producto con propiedades fisicoquímicas y sensoriales similares a la del producto estándar y consideran además, que las propiedades funcionales de este tipo de FD la hacen apropiada para la incorporación en otros productos cárnicos. Otros investigadores han evaluado varios métodos para mejorar la obtención de la FD a partir de cáscaras de zanahoria y la conservación de sus propiedades antioxidantes, dado que ocurre degradación térmica durante el secado y el escaldado, con una consecuente disminución en el contenido de β -caroteno y compuestos fenólicos (Chau *et al.*, 2007; Chantaro *et al.*, 2008). También ha sido empleada como agente de secado y fuente de FD para la elaboración de polvos de frutas y vegetales, espesante y reemplazante de grasas en bebidas lácteas y embutidos cárnicos (Elleuch *et al.*, 2011; McCann *et al.*, 2011).

Coliflor (*Brassica oleracea*). Femenia *et al.*, (1997) analizaron la influencia de la FD de coliflor, como sustituto parcial de aislados de FD o grasas durante el procesamiento de algunos alimentos. Según los resultados, la incorporación de FD en carne de hamburguesa, produjo mayores rendimientos e incrementó la firmeza del producto, con ligeros cambios en las propiedades sensoriales; en salsas de tomate y bechamel, la FD incrementó la viscosidad y la granulosis, produciendo un sabor residual de coliflor. Los autores reportaron para la flor, los tallitos y el tallo inferior un 40, 38 y 65% de FD (bs), respectivamente. Por otra parte, Stojceska *et al.* (2008) adicionaron subproductos de la coliflor, como fuente de FD, a snacks y analizaron su efecto sobre las características nutricionales y la textura del producto. Los resultados de esta investigación mostraron que al incrementar entre un 5-20% de subproductos de la coliflor, aumenta el contenido de la FD y crece el contenido de proteína en el producto terminado, mientras que no hay un efecto significativo en la dureza. El panel de degustación recomendó hasta un 10% de adición de los subproductos de coliflor a los snacks.

Fuentes de fibra derivadas de cereales y leguminosas
Trigo (*Genus triticum*) Borderías *et al.* (2005)

evaluaron la adición de FD de trigo en gel de surimi, elaborado con pescado blanco picado (merluza) y en productos elaborados con piezas de filetes de merluza. Los resultados obtenidos para todos los productos con adición del 6% de FD no presentaron diferencias significativas en cuanto a la apariencia general del producto, pero si cambios en la textura, lo que es especialmente deseable en el caso del surimi, para reducir la sensación elástica de los productos gelificados. Sánchez *et al.* (2007a) utilizaron FD de trigo insoluble purificada para ser aplicada como ingrediente funcional en productos elaborados con dos tipos de pescado: merluza y caballa. Los resultados no mostraron capacidad antioxidante de la FD de trigo; pero blanquearon las muestras, especialmente las de músculo oscuro como es el caso de la caballa, lo cual se considera como una ventaja comercial, y la valoración sensorial mostró diferencias en los lotes con y sin FD, teniendo mayor aceptación los lotes con 3% de FD que los del 6% de FD, debido a la sensación de sequedad en la boca. Sánchez *et al.* (2007b) emplearon FD de trigo con diferentes tamaños de partícula y la adicionaron en cantidades de 3 y 6% a geles de surimi elaborados con calamar gigante. Según los resultados, no hubo diferencias significativas en cuanto a la apariencia, pero si en el sabor. Con relación a la textura, las muestras enriquecidas con FD fueron más suaves y deformables.

Salvado de arroz (*Oryza sativa*). La FD de salvado de arroz con capacidad de retención de agua de 4,89 mL/g, capacidad de retención de grasa de 4,54 mL/g y con un 14,4% de capacidad emulsificante fue utilizada por Abdul y Luan (2000), en la fortificación del pan, encontrando baja viscosidad en la masa panaria debido al bajo contenido de FD soluble y en la firmeza del pan. La valoración sensorial concluyó que este producto era comparable con otros panes que tienen alto contenido de FD y están en el mercado. Pacheco *et al.* (2005), adicionaron 5 y 10% FD de harina de salvado de arroz estabilizada a la masa pizza (FD total 27%) y evaluaron su influencia en las pizzas elaboradas y almacenadas durante 2 meses a 18 °C. Los resultados mostraron una disminución de la viscosidad de la masa con el incremento de FD, un ablandamiento de la masa por la retención de agua y sensorialmente no hubo diferencias significativas en el sabor, olor y apariencia externa comparados con la muestra control (sin FD). Choi *et al.* (2009) reportaron el uso de FD del salvado de arroz para reemplazar la grasa de cerdo en una emulsión de carne baja en grasa, con buenos resultados.

Avena (*Avena sativa*). La FD de avena, como fuente de β -glucanos, está siendo utilizada para reemplazar grasas saturadas en productos alimenticios (Inglett *et al.*, 2005; Piñero *et al.*, 2008). Los productos de la avena han alcanzado entre los consumidores una imagen muy positiva, debido a sus efectos benéficos para la salud que están asociados con el consumo de productos con FD (Aleson *et al.*, 2005; Yilmaz y Daglioglu, 2003). En productos cárnicos como hamburguesas, salchichas y albóndigas se han usado FD de avena, obteniendo productos de buena calidad, similares al producto original y de mayor aporte nutricional (Piñero *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2007; Aleson *et al.*, 2005; Yilmaz y Daglioglu, 2003).

Cebada (*Hordeum vulgare*). Izydorczyk *et al.* (2005) adicionaron cebada rica en FD a fideos asiáticos, encontrando que los productos fueron más cafés y menos uniformes en color que la muestra control (sin FD), además hubo aumento en la viscosidad, la cual se atribuyó a la alta capacidad de hinchamiento y de retención de agua de la FD, así como al gran tamaño de la partícula empleada. La firmeza y la resistencia a la compresión o masticabilidad de los fideos cocidos se incrementaron con la adición de la FD. Por otro lado, Izydorczyk *et al.* (2008) utilizaron cebada como fuente de FD en panes y evaluaron el efecto de la reducción del tamaño de partícula en las propiedades funcionales. La investigación concluyó que la adición del 20% de cebada a la harina de trigo, incrementa de manera significativa el contenido de FD y la absorción de agua de la masa en el pan.

Maní (*Arachis hypogaea*). El maní ha sido poco utilizado en procesos de investigación como fuente de FD en alimentos. Collins *et al.* (1982) evaluaron la influencia del uso de harina de la cubierta de maní en pan de trigo. Los resultados mostraron en el pan, un incremento en el contenido de FD de 4 a 6,7% y en el volumen específico, siendo mayor para el pan que contiene 4% de FD de la cubierta de maní. La evaluación sensorial indicó que los panes que contienen FD de la cubierta de maní, tienden a ser más secos, dejan en la boca una sensación arenosa y la corteza es más dura con relación a la muestra control (sin FD); sin embargo, las muestras con 4% harina de la cubierta de maní fueron juzgadas como aceptables.

Frijoles (*Phaseolus vulgaris*). García *et al.* (1997) informan sobre altos contenidos de FD para esta leguminosa, pero dependiente de la variedad

específica y el método de determinación de FD. En términos generales se registran valores superiores del 17% de FD total. Como bondades médicas se les reconoce por sus propiedades en la disminución del riesgo de enfermedades coronarias y el tratamiento de la diabetes tipo II (Montoya *et al.*, 2010), no solo asociados a su contenido de FD, sino también a su contenido de polifenoles (Lin *et al.*, 2008). Daubenmire *et al.* (1993) evaluaron los efectos del salvado de 4 tipos de frijol en muffins bajos en grasa y colesterol, comparándolos con la utilización de salvado de avena, arroz y trigo. Según los resultados, la fuente del salvado de cereales no afectó la viscosidad, pero la humedad fue significativamente mayor y el volumen menor en los muffins que contenían salvado de la leguminosa. Los muffins con leguminosas tenían un mayor valor de FD insoluble que los preparados con cereales.

Arvejas (*Pisum sativum*). La vaina de la arveja ha sido utilizada en la formulación de panes, resultando con el color, la textura y el sabor del pan blanco, y adicionalmente, con un contenido nutricional y de FD similar al pan de trigo entero (Sosulski *et al.*, 1988). Un estudio para evaluar la funcionalidad de la harina y la FD de la cascara de arveja, disponibles comercialmente, fue llevado a cabo por Pietrasik y Janz (2010) en salsa boloñesa baja en grasa (22% grasa, 10% grasa y 10% grasa mezclado con 4% de cada subproducto de arveja), comparado con el tratamiento control (sin adición y con todo el contenido graso), encontrándose que la reducción de la grasa trae como resultado una textura pobre y desligada, que es superada por la adición de harina y FD de arveja en el producto cárnico. El uso conjunto del almidón del guisante y la FD restauró los valores de perfil de textura de las muestras bajas en grasa en relación al control; mientras que la inclusión de FD, redujo las pérdidas de cocción y purga, y aumentó la capacidad de retención de agua en comparación con los productos libres de FD. La aceptación de los consumidores con respecto al producto adicionado con almidón de guisantes y las fracciones de FD fue equivalente al producto estándar. En términos generales el uso de la harina y la FD como reemplazantes de grasa, afecta en poca medida la funcionalidad del producto y no compromete los parámetros de aceptación de los consumidores. Por otro lado, Anderson y Berry (2001) evaluaron la capacidad de retención de grasa de la FD de arveja en carne de res molida con alto contenido de grasa (40-50%), sometida a altas temperaturas en horno microondas. Sus resultados concluyeron que la adición

de FD de arveja en un 10%, incrementa la retención de grasa y el rendimiento de cocción en la carne de res molida, sometida a temperaturas de 85 y 95 °C.

CONCLUSIONES

Los beneficios saludables de la FD como ingrediente funcional y su papel en el mejoramiento de ciertas propiedades en los productos transformados, han sido comprobados en diversas investigaciones a lo largo de la historia. Fuentes ricas en FD adicionada en productos de galletería, confitería, bebidas, salsas, postres, yogur, entre otros, actúan como agentes de carga y reducen el contenido calórico. En productos cárnicos cocidos las FDs se utilizan para aumentar el rendimiento de cocción, debido a sus propiedades de retención de agua y de grasa. En productos fritos, además de la reducción en la retención de lípidos, aumentan el contenido de humedad.

Los productos vegetales representan la fuente de FD más importante en los alimentos naturales o transformados, no obstante, la revisión de literatura identificó que son muchas las fuentes de FD actualmente subutilizadas industrialmente (mango, piña, coco, caña de azúcar, zanahoria, coliflor, entre otros) y que representan una opción viable para mejorar la nutrición de la población a bajo costo; sin embargo, nuevas alternativas de suplementos de FD a base de frutas, vegetales y subproductos agroindustriales están aflorando. Se espera que por sus efectos benéficos en la salud, propiedades en la formulación de alimentos y por su contribución en la solución de problemas de contaminación ambiental, la FD proveniente de subproductos de la agroindustria adquiera mayor importancia en los próximos años.

BIBLIOGRAFÍA

Abdul, H. and Y. Luan. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry* 68(1): 15-19.

Adams, G., S. Imran, S. Wang, A. Mohammad, S. Kok, D. Gray, G. Channell, G. Morris and S. Harding. 2011. The hypoglycaemic effect of pumpkins as anti-diabetic and functional medicines. *Food Research International* 44(4): 862-867

Ajila, C., S. Bhat and U. Prasada Rao. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two indian mango varieties. *Food Chemistry* 102(4): 1006-1011.

Ajila, C., K. Leelavathi and U. Prasada Rao. 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science* 48(2): 319-326.

Aleson, C., J. Fernández-Ginés, J. Fernández-López, M. Sayas, E. Sendra, C. Navarro y J. Pérez-Álvarez. 2002. Evaluación colorimétrica del efecto de la incorporación de albedo de cítrico sobre un sistema modelo de embutido crudo-curado. pp. 231-232. En: *Memorias. VI Congreso Nacional del Color*. Sevilla, España.

Aleson, C., J. Fernández-López, M. Sayas, E. Sendra and J. Pérez-Álvarez. 2003. Utilization of lemon albedo in dry-cured sausages. *Journal of Food Science* 68(5): 1826-1830.

Aleson, C., J. Fernández-López, J. Pérez-Álvarez and V. Kuri. 2005. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6(2): 247-255.

Anderson, E. and B. Berry. 2001. Effects of inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef. *Food Research International* 34(8): 689-694.

Anil, M. 2007. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering* 80(2): 61-67.

Arlorio, M., J. Coisson, F. Travaglia, F. Varsaldi, G. Miglio, G. Lombardi, A. Martelli 2005. Antioxidant and biological activity of phenolic pigments from *Theobroma cacao* hulls extracted with supercritical CO₂. *Food Research International* 38(8-9): 1009-1014.

Borderías, A.J., I. Sánchez-Alonso and M. Pérez-Mateos. 2005. New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science and Technology* 16(10): 458-465.

Cabral de Oliveira, A., I.B. Valentim, C. A. Silva, E. J. Henriques Bechara, M. Paes de Barros, C. Marinho, M.O. Fonseca Goulart. 2009. Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. *Food Chemistry* 115(2): 469-475.

Chantaro, P, S. Devahastin, N. Chiewchan. 2008. Production of antioxidant high dietary fiber powder

from carrot peels. *LWT - Food Science and Technology* 41(10): 1987-1994.

Chau, C.F. and Y.L. Huang. 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.

Chau, C.F. and Y.L. Huang. 2004. Characterization of passion fruit seed fibres a potential fibre source. *Food Chemistry* 85(2): 189-194.

Chau, C.F, Y.T. Wang, Y.L. Wen. 2007. Different micronization methods significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. *Food Chemistry* 100(4): 1402-1408.

Chen, H., G.L. Rubenthaler, H. Leung and J.D. Baranowski. 1988. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chemistry* 65(3): 244-247.

Chen, Mei-Fang. 2011. The mediating role of subjective health complaints on willingness to use selected functional foods. *Food Quality and Preference* 22(1): 110-118.

Choi, Y.S., J.H. Choi, D.J. Han, H.Y. Kim, M.A. Lee, H.W. Kim, J.Y. Jeong and Ch.J. Kim. 2009. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Science* 82(2): 266-271.

Collins, J., S. Kalantari and A. Post. 1982. Peanut hull flour as a dietary fiber in wheat bread. *Journal of Food Science* 47(6): 1899-1902.

Contini, M., S. Baccelloni, R. Massantini and G. Anelli. 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry* 110(3): 659-669.

Correia, R., P. McCue, M. Magalhães, G. Macêdo and K. Shetty. 2004. Production of phenolic antioxidants by the solid-state bioconversion of pineapple waste mixed with soy flour using *Rhizopus oligosporus*. *Process Biochemistry* 39(12): 2167-2172.

Daubenmire, S., M. Zabik and C. Setser. 1993. Development of low fat, cholesterol-free, high-

fiber muffins. Part 1. Fiber source and particle size effects on quality characteristics. *School Food Service Research Review* 17(1): 15-20.

Day, L., R. Seymour, K. Pitts., I. Konczak and L. Leif. 2009. Incorporation of functional ingredients into foods. *Food Science and Technology* 20(9): 388-395.

Dillard, C. and J. German. 2000. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(12): 1744-1756.

Diplock, A., P. Aggett, M. Ashwell, F. Bornet, E. Fern and M. Roberfroid. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *British Journal of Nutrition* 81(1): 1-27.

Eim, V., S. Simal, C. Roselló and A. Femenia. 2008. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science* 80(2): 173-182.

Elleuch, M., D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker and A. Hamadi. 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.

Escalada, M., N. Ponceb, C. Stortz, L. Gerschenson and A. Rojas. 2007. Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *LWT Food Science and Technology* 40(7): 1176-1185.

Escalada, M., C. Campos, L. Gerschenson, A. Rojas. 2009. Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. *Journal of Food Engineering* 9(4): 361-369.

Femenia, A, A. Lefebvre, J. Thebaudin, J. Robertson and C. Bourgeois. 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Food Science* 62(4): 635-639.

Ferguson, L. 2009. Nutrigenomics approaches to functional foods. *Journal of the American Dietetic Association* 109(3): 452-458.

Fernández-Ginés, J., C. Navarro, E. Sendra, M. Sayas, J. Fernández-López and J. Pérez-Álvarez. 2001. Colourimetric characterization of meat emulsion

containing albedo. Vol II. pp. 162-163. In: Proceedings of 47th International Congress of Meat Science and Technology. Cracovia, Poland. 304 p.

Fernández-Ginés, J., J. Fernández-López, M. Sayas, E. Sendra and J. Pérez-Álvarez. 2003. Effects of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. *Journal of Food Science* 68(2): 710-715.

Fernández-Ginés, J., J. Fernández-López, E. Sayas, E. Sendra and J. Pérez-Álvarez. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausages. *Meat Science* 67(1): 7-13.

Fernández-López, J., J. Fernández-Ginés, E. Sayas, E. Sendra and J. Pérez-Álvarez. 2003. The effects of citrus fiber on the properties of bologna sausages. pp. 1-C04. In: Proceedings of New Functional Ingredients and Foods Conference. Copenhagen, Denmark.

Fernández-López, J., J. Fernández-Ginés, L. Aleson, E. Sendra, E. Sayas and J. Pérez-Álvarez. 2004. Application of functional citrus by-products to meat products. *Trends in Food Science and Technology* 15(3-4): 176-185.

Fernández-López, J., E. Sendra, E. Sayas-Barberá, C. Navarro and J. Pérez-Álvarez. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of "salchichón" (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science* 80(2): 410-417.

Figuerola, F., M. Hurtado, A. Estévez, I. Italo 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.

Garau, M., S. Simal, C. Roselló and A. Femenia. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* V. Canoneta) by-products. *Food Chemistry* 104(3): 1014-1024.

García, O., R. Infante and C. Rivera. 1997. Determination of total, soluble and insoluble dietary fibre in two new varieties of *Phaseolus vulgaris* L. using chemical and enzymatic gravimetric methods. *Food Chemistry* 59(1): 171-174.

Godard, M., Décardé, K., E. Ventura, G. Soteras, J. Baccou, J. Cristol and J. Rouanet. 2009. Polysaccharide

from the green alga *Ulva rigida* improve the antioxidant status and prevent fatty streak lesions in the high cholesterol fed hamster, an animal model of nutritionally-induced atherosclerosis. *Food Chemistry* 115(1): 176-180.

Gorinstein, S., O. Martín, Y. Park, R. Haruenkit, A. Lojek, M. Cíz, A. Caspi, I. Libman, and S. Trakhtenberg. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry* 74(3): 309-315.

Grigelmo, M. and O. Martín. 1997. Dietary fiber as a by-product of orange fruit extraction. Abstract No 13C-38. 39 p. In: Book of Abstracts, Institute of Food Technologists Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, USA.

Grigelmo, M., M. Motilva and O. Martín. 1997. Characterization of low-fat frankfurters using peach dietary fiber as an ingredient. Abstract No 23E-15. 74 p. In: Book of Abstracts, Institute of Food Technologists Annual Meeting, New Orleans, USA.

Grigelmo, M. and O. Martín. 1999. Comparison of dietary fiber from by products of processing fruits and greens and from cereals. *Food Science and Technology* 32(8): 503-508.

Grigelmo, M., E. Carreras and O. Martín. 2001. Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins. *Food Science and Technology International* 7(5): 425-431.

Gunathilake, K., C. Yalegam and A. Kumara. 2009. Use of coconut flour as a source of protein and dietary fibre in wheat bread. *Journal Asian of Food and Agro-Industry* 2(3): 382-391.

Honikel, K. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 78(1): 68-76.

Inglett, G., S. Peterson, C. Carriere, and S. Maneepun. 2005. Rheological, textural and sensory properties of asian noodles containing on oat cereal hydrocolloid. *Food Chemistry* 90 (1-2): 1-8.

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2006. Dietary reference intakes research synthesis: workshop summary. In: National Academy Press,

<http://www.nap.edu/catalog/11767.html>. 310 p.; consulta: abril de 2011.

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2001. Dietary reference intakes: proposed definition of dietary fiber. In: National Academy Press, <http://www.nap.edu/catalog/10161.html>. 74 p.; consulta: abril de 2011.

Izydorczyk, M., S. Lagassé, D. Hatcher, J. Dexter and B. Rossnagel. 2005. The enrichment of asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85(12): 2094–2104.

Izydorczyk, M., T. Chornick, F. Paulley, N. Edwards and J. Dexter. 2008. Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. *Food Chemistry* 108(2): 561–570.

Jiménez, C., F. Sánchez y B. Olmedilla, 2004. Estrategias tecnológicas en el desarrollo de derivados cárnicos funcionales. pp. 77-90. En: Fundación Española de la Nutrición. La carne y los productos cárnicos como alimentos funcionales. Editec Red, Madrid. 144 p.

Kang, H., S. Chawla, C. Jo, J. Kwon and M. Byun. 2006. Studies on the development of functional powder from citrus peel. *Bioresearch Technology* 97(4): 614-620.

Lario, Y., E. Sendra, J. García, C. Fuentes, E. Sayas, J. Fernández-López and J. Pérez-Álvarez. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5(1): 113-117.

Larrauri, J., B. Borroto, U. Perdomo and Y. Tabares. 1995. Manufacture of a powdered drink containing dietary fibre: FIBRALAX. *Alimentaria* 260: 23–25.

Larrauri, J., I. Goni, N. Martin, P. Ruperez and C. Saura. 1996a. Measurement of health-promoting properties in fruit dietary fibres: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 71(4): 515-519.

Larrauri, J., P. Ruperez, B. Borroto and F. Saura, C. 1996b. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. *Leben Wiss Technology* 29(8): 729–733.

Larrauri, J., P. Ruperez and F. Saura, C. 1997. Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(10): 4028–4031.

Larrea, M., Y. Chang and F. Martinez. 2005. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT Food Science and Technology* 38(3): 213–220.

Laufenberg, G., B. Kunz and M. Nystroem. 2003. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept, (B) practical implementations. *Bioresource Technology* 87(2): 167–198.

Lecumberri, E., R. Mateos, M. Izquierdo, P. Rupérez, L. Goya and L. Bravo. 2007. Dietary fibre composition antioxidante capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chemistry* 104(3): 948-954.

Lin, L., J. Harnly, M. Pastor and D. Luthria. 2008. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 107(1): 399-410.

McCann, T., F. Fabre and L. Day. 2011. Microstructure, rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particles. *Food Research International* 44(4): 884-892.

Mandalari, G., R. Bennet, G. Bisignoso, A. Saija, G. Dugo, R. Lo Curto, C. Faulds and K. Waldron. 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.

Martín, M., C. Valiente, R. Esteban, E. Mollá and K. Waldron. 1994. Cocoa hull: a potential source of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66(3): 307-311.

Ministerio de Protección Social. 2008. Resolución 288 de 2008. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Bogotá, Colombia.

Montoya, C., J. Lallés, S. Beebe and P. Leterme. 2010. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus*

- vulgaris*). Food Research International 43(2): 443-449.
- Pacheco, de D., P. Jiménez and E. Pérez. 2005. Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilised rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. Journal of Food Engineering 68(1): 1-7.
- Pérez, A., J. Fernández-López, E. Sayas, C. Navarro and E. Sendra. 2001. Effect of citrus fiber (albedo) incorporation in cooked pork sausages. In: Proceedings of International Food Technologists Annual Meeting. IFT Annual Meeting, New Orleans, Louisiana. 64 p.
- Pietrasik, Z. and J. Janz. 2010. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. Food Research International 43(2): 602-608.
- Piñero, M., K. Parra, N. Huerta, L. Arenas, M. Ferrer, S. Araujo and Y. Barboza. 2008. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. Meat Science 80(3): 675-680.
- Raghavendra, S., N. Rastogi, K. Raghavarao and R. Tharanathan. 2004. Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties. European Food Research and Technology 218(6): 563-567.
- Rodríguez, R., A. Jiménez, J. Fernández, R. Guillén and A. Heredia. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends in Food Science and Technology 17(1): 3-15.
- Rodríguez N., M. Yáñez, F. Gutiérrez, O. Gomez, T. Matadamas, L. Lagunez and J. Vazquez. 2011. Assessment of coconut fibre insulation characteristics and its use to modulate temperatures in concrete slabs with the aid of a finite element methodology. Energy and Buildings 43(6):1264-1272.
- Salgado J., T. Bombarde, D. Mansi, S. Piedade, L. Meletti. 2010. Effects of different concentrations of passion fruit peel (*Passiflora edulis*) on the glicemic control in diabetic rat. Ciência e Tecnologia de Alimentos 30(3): 784-789.
- Sánchez, A., R. Haji and A. Borderias. 2007a. Wheat fiber as a functional ingrediente in restructured fish products. Food Chemistry 100(3): 1037-1043.
- Sánchez, A., M. Solas and A. Borderias. 2007b. Technological implications of addition of wheat dietary fibre to giant squid (*Dosidicus gigas*) surimi gels. Journal of Food Engineering 81(2): 404-411.
- Sánchez, A., M. Solas and A. Borderias. 2007c. Physical study of minced fish muscle with a white-grape by-product added as an ingredient. Journal of Food Science 72(2): 94-101.
- Sánchez, A. y A. Borderias. 2008. Technological effect of red grape antioxidant dietary fibre added to minced fish muscle. International Journal of Food Science and Technology 43(6): 1009-1018.
- Sangnark, A. and A. Noomhorm. 2003. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. Food Chemistry 80(2): 221-229.
- Sangnark, A. and A. Noomhorm. 2004. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie 37(7): 697-704.
- Satyanarayana, K., G. Arizaga and F. Wypych. 2009. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers- an overview. Progress in Polymer Science 34(9): 982-1021.
- Saura, C. y J. Larrauri. 1996. Nuevos tipos de fibras dietéticas de alta calidad. Propiedades y usos. Alimentación, Equipos y Tecnologías 15(1): 71-74.
- Sáyago, A., A. Brenes and I. Goñi. 2009. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. LWT-Food Science and Technology 42(5): 971-976.
- Serena, A. and K. Bach. 2007. Chemical and physicochemical characterisation of co-products from vegetable food and agroindustries. Animal Feed Science and Technology 139(1-2): 109-124.
- Sosulski, F. and K. Wu. 1988. High-fiber breads containing field pea hulls, wheat, corn and wild oat brans. Cereal Chemistry 65(3): 186-191.
- Staffolo, M., N. Bertola, M. Martino and A. Bevilacqua. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal 14(3): 263-268.

- Stojceska, V., P. Ainsworth, A. Plunkett and E. Ibanoglu. 2008. Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 87(4): 554–563.
- Sudha, M., V. Baskaran and K. Leelavathi. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry* 104(2): 686–692.
- Suleiman, N. 2004. Dietary fibre source from pineapple by product. *Food Chemistry* 85: 189–194.
- Tao, J., W. Nip and T. Liang. 1995. Breadmaking Study of bioconverted sugarcane fiber and wheat flour blends. Abstract No 93E-2. 290 p. In: *Book of Abstracts, Institute of Food Technologists Annual Meeting, Chicago, USA*.
- Trinidad, T., A. Mallillin, D. Valdez, A. Loyola, F. Askali, J. Castillo, R. Encabo, D. Masa, A. Maglaya and M. Chua. 2006. Dietary fiber from coconut flour: a functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 7(4): 309-317.
- Turhan, S., I. Sagir and N. Ustun. 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers 13. *Meat Science* 71(2): 312–316.
- Viuda, M., Y. Ruiz, J. Fernández-López and J. Pérez. 2008. Antifungal 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.
- Viuda, M., Y. Ruiz, J. Fernández-López and J. Pérez. 2009. Effect of orange dietary fibre, oregano essentials oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control* 21(4): 436-443.
- Viuda, M., Y. Ruiz, J. Fernández-López and J. Pérez. 2010. Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. *LWT - Food Science and Technology* 43(6): 958-963.
- Wang, S. and H. Jiao. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxy radicals and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(11): 5677-5684.
- Wakamatsu, J., J. Okui, Y. Ikeda, T. Nishimura, y A. Hattori, 2004. Establishment of a model experiment system to elucidate the mechanism by which Zn–protoporphyrin IX is formed in nitrite-free dry-cured ham. *Meat Science* 68(1): 313-317.
- Yang, H., S. Choi, J. Jeon, G. Park and S. Joo. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. *Meat Science* 75(2): 283-289.
- Yilmaz, I. and O. Daglioglu. 2003. The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Science* 65(2): 819-823.
- Yurttas, H., H. Schafer and J. Warthesen. 2000. Antioxidant activity of nontocopherol hazelnut (*Corylus* spp.) phenolics. *Journal of Food Science* 65(2): 276–280.