

Fibra dietaria en subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito

Cruz A.*; Guamán M.*; Castillo M.*; Glorio P.**; Martínez R.*

*Universidad Técnica Particular de Loja, Sección de Ciencias y Tecnología de Alimentos, Loja, Ecuador
e-mail: ajcoke88@hotmail.com; mcguaman@utpl.edu.ec; mjcastillo1x@utpl.edu.ec; rimartinez@utpl.edu.ec

** Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
e-mail: pgp@lamolina.edu.pe

Resumen: Los subproductos del procesamiento de alimentos vegetales son fuentes importantes de fibra dietaria y especialmente de la fracción insoluble. El objetivo de este estudio fue determinar la fibra dietaria total, sus fracciones y los componentes mayoritarios de la fracción insoluble en los subproductos de mango (*Mangifera indica* L, var. Tommy Atkins y Haden), maracuyá (*Passiflora edulis*, var. Flovicarpa), guayaba (*Psidium guajava*, var. Red) y palmito (*Chamaerops humilis*, var. Bactrisgasipaes). La fibra dietaria total y sus fracciones se determinaron por el método enzimático gravimétrico al igual que la obtención de la fracción purificada libre de pectina. La determinación de hemicelulosa A y B se realizó por acidificación ligera y precipitación con etanol respectivamente; la celulosa fue extraída de la fracción de lignocelulosa por tratamiento con permanganato de potasio y la lignina por hidrólisis ácida. El subproducto de guayaba presentó los mayores contenidos de fibra dietaria total e insoluble (74.00 ± 2.00 y 69.32 ± 0.96 g/100 g materia seca respectivamente), mientras que la fibra dietaria soluble fue mayor en el de mango (15.10 ± 2.20 g/100 g materia seca). El contenido de hemicelulosa estuvo comprendido entre 2.35 ± 0.26 y 25.92 ± 0.53 g/100 g de materia seca; la hemicelulosa B estuvo entre 2.91 ± 1.05 y 5.89 ± 0.25 g/100 g de materia seca. La celulosa fue el componente mayoritario en los subproductos de guayaba (33.54 ± 1.00 g/100 g de materia seca), mientras que la lignina fue el compuesto mayoritario en la semilla y pulpa de maracuyá (28.17 ± 2.07 g/100 g de materia seca). Todos los subproductos estudiados a excepción de la pulpa de maracuyá y mango se mostraron como buena fuente de fibra dietaria insoluble con un contenido superior a 40 g/100 g.

Palabras clave: Subproductos agroindustriales, fibra dietaria, hemicelulosa, celulosa, lignina

Abstract: Byproducts of food processing industries are major sources of dietary fiber, especially of the insoluble fraction. The aim of this study was to determine total dietary fiber and its fractions, and the principal components in insoluble fraction of dietary fiber from the agroindustrial byproducts of guava (*Psidium guajava*, var. Red), mango (*Mangifera indica* L, var. Tommy Atkins y Haden), passion fruit (*Passiflora edulis*, var. Flovicarpa) and heart of palm (*Chamaerops humilis*, var. Bactrisgasipaes). A gravimetric enzymatic method was used to obtain the total dietary fiber (soluble and insoluble fraction), its fractions and purified insoluble fiber free of pectin. Hemicellulose A and B were determined by soft acidification and hemicellulose B by precipitation with ethanol; cellulose was extracted from lignocellulose fraction by treatment with potassium permanganate and lignin by acid hydrolysis. Total and insoluble dietary fiber were higher in guava (74.00 ± 2.00 and 69.32 ± 0.96 g/100 g dry matter, respectively). The soluble fiber was majority in the byproducts of mango (15.10 ± 2.20 g/100 g dry matter). The hemicellulose A content was between 2.35 ± 0.26 and 25.92 ± 0.53 g/100 g dry matter; hemicellulose B was between 2.91 ± 1.05 and 5.89 ± 0.25 g/100 g of dry matter. Cellulose was the majority component in the byproducts of guava (33.54 ± 1.00 g/100 g dry matter), while lignin was the main component in seeds and pulp of passion fruit (28.17 ± 2.07 g/100 g dry matter). All byproducts analyzed, except passion fruit pulp and mango pulp, show to be good source of insoluble dietary fiber was higher than 40 g /100 g. dry matter.

Keywords: Agroindustrial byproducts, insoluble dietary fiber, hemicellulose, cellulose, lignin

1. INTRODUCCIÓN

La industria del procesamiento de frutas y vegetales genera una gran cantidad de subproductos infrautilizados tales como cáscara, frutos, pulpa, semillas, tallos entre otros [26]; que se

corresponde con todo aquello que no se consume o no es vendible habitualmente, que está estropeado, que no es apto para el consumo humano sin su ulterior procesamiento o que fue cosechado circunstancialmente; pero que puede ser utilizado después de un tratamiento [1, 25, 42]. Los subproductos de maracuyá representan más del 75 % de la

materia prima y los de mango entre el 40 y 60 % [46]; después de la elaboración del jugo de guayaba, el 53 % de la fruta son subproductos [13] y en el proceso de elaboración de conservas de palmito se genera un 85 % de subproductos [47]. Estos constituyen una importante fuente de azúcares, minerales, ácidos orgánicos, fibra dietaria y compuestos fenólicos [12]. Varios de ellos contienen más fibra dietaria que su respectiva porción comestible [17]. En los últimos años la industria alimentaria ha incrementado el uso de componentes naturales como la fibra dietaria y compuestos bioactivos [6], motivando la búsqueda de nuevas fuentes [30], que puedan sustituir a los cereales, recurso de fibra usualmente utilizado [2]. El alto valor nutricional, la capacidad antioxidante y el bajo aporte calórico de los subproductos de frutas tropicales ha generado un creciente interés por su estudio y uso en la elaboración de alimentos, aditivos o suplementos alimentarios; su reutilización puede ser económicamente atractiva y beneficiosa para el ambiente [2, 24].

Los efectos funcionales y tecnológicos de la fibra dietaria dependen del contenido de las fracciones soluble e insoluble, de la relación entre ellas y de la cantidad de los componentes individuales de cada fracción [35], estos parámetros juegan un rol en relación con los beneficios para la salud y su conocimiento es importante para sugerir sus posibles aplicaciones como ingrediente de alimentos funcionales y/o productos nutraceuticos [7, 25].

Se considera como fibra dietaria insoluble (FDI) a una compleja matriz de componentes químicos tales como: celulosa, hemicelulosa y lignina [29]. Las fibras insolubles son escasamente fermentadas, tienen un efecto laxante y regulador intestinal [44], son capaces de retener agua en su matriz estructural y formar mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal, influyendo en la prevención y en el tratamiento de la constipación crónica. Por otra parte también contribuyen a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon [2, 15]; además, la de algunas frutas y verduras podrían promover una disminución significativa en la concentración de colesterol en la sangre [9].

Se considera a la lignina como un potente captador de radicales libres e inhibidor del crecimiento de colonias bacterianas, se cree que actúa como una barrera física para los microbios, limitando la capacidad de fermentación de estos [10]; mientras que la hemicelulosa aumenta el volumen y peso de las heces, incrementa la excreción de ácidos biliares y junto a la pectina (fracción soluble) presenta una notable capacidad de ligar o atrapar metales pesados, también la celulosa y la lignina son capaces de captar metales pesados aunque en menor grado [10, 35, 40, 41]. La fibra dietaria soluble (FDS) constituida por pectinas, gomas, oligosacáridos, β -glucanos y mucílagos [11, 49], es altamente fermentable; está asociada con el desarrollo de la flora intestinal y el fortalecimiento del sistema inmune por la producción de metabolitos [45]; sirve de sustrato para los microorganismos benéficos, por lo tanto actúa como un

prebiótico y mejora la salud del huésped, refuerza la protección de la mucosa intestinal disminuyendo el riesgo de enfermedades gastrointestinales [10, 43]; posee una buena capacidad de hidratación e hinchamiento, forma soluciones viscosas, absorbe y retiene sustancias como la glucosa, minerales y moléculas no polares promoviendo la disminución del colesterol y glucosa en la sangre [2, 44].

La adición de fibra dietaria a los alimentos no solamente es importante por su valor nutricional, sino también por sus propiedades tecno – funcionales [21]. La fracción soluble favorece la estabilidad de espumas y emulsiones, actúa como agente gelificante y espesante; mientras que la FDI mejora la textura y densidad, incrementa el volumen y estabiliza la matriz alimentaria; la FDS podría tener un potencial uso en la encapsulación de componentes bioactivos [2, 39].

El objetivo del presente trabajo fue determinar la fibra dietaria total, sus fracciones y los componentes individuales de la fracción insoluble: celulosa, hemicelulosa y lignina de los subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito. Estos subproductos podrían ser utilizados por la industria alimentaria como fuentes alternativas de fibra dietaria para la elaboración de alimentos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

Fueron utilizados subproductos generados en la elaboración de pulpas o concentrados de mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins y Haden) y guayaba (*Psidium guajava*, var. Red), jugos o concentrados de maracuyá (*Passiflora edulis*, var. Flovicarpa) y conservas de palmito (*Chamaerops humilis*, var. *Bactrisgasipaes*); procesados en industrias ecuatorianas.

2.2 Obtención y preparación de muestras

El muestreo de cada subproducto se realizó en diferentes momentos del proceso de producción en el cual se procesan materias primas de diferentes proveedores de las industrias.

Los subproductos de maracuyá y guayaba fueron principalmente cáscara, pulpa y semilla; los de palmito correspondieron a la capa 2 y 3; y los de mango a la cáscara y pulpa.

Los subproductos fueron sometidos a un proceso de deshidratación a temperatura inferior a 60°C para evitar cambios en sus propiedades y contenidos de los compuestos bioactivos. Se molieron hasta un tamaño de partícula comprendido entre 125 y 250 μ m.

2.3 Fibra dietaria

La fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble se determinaron por el método enzimático – gravimétrico de la

AOAC 991.43 y AACC 32-07, basados en el método de Lee *et al.* (1994) y Prosky *et al.* (1994).

2.4 Fraccionamiento de la fibra dietaria insoluble

La extracción y fraccionamiento de la fibra dietaria insoluble se realizó por el método de Monte & Maga (1980) con adaptaciones de Claye *et al.* (1996) que está basado en el procedimiento de Southgate (1976).

2.4.1 Eliminación de hidratos de carbono complejos y proteínas solubles

A las muestras previamente desengrasadas con hexano durante 24 horas utilizando extracción soxhlet [4], se les realizó una maceración dinámica con agua destilada (1:20 w/v, pH 7.0-7.5) y el residuo previamente secado (60 °C, 36 horas) se mezcló con una solución de EDTA 0.01 M a 90 °C (25 mL/g residuo) con la finalidad de eliminar hidratos de carbono complejos del residuo. El producto obtenido se denomina fibra insoluble no purificada (FINP).

2.4.2 Remoción de almidón, proteína y sustancias pécticas insolubles

La eliminación de almidón de la FINP se realizó por tratamiento enzimático con amiloglucosidasa (10 % v/v) Se usó tripsina (2.5 % v/v) para la degradación de las proteínas. Por el efecto disolvente del oxalato de amonio (0.5 % p/v) las sustancias pécticas fueron hidrolizadas en sus respectivas sales. El producto obtenido se denomina fibra insoluble despectinada (FID)

2.4.3 Extracción de Hemicelulosa A y B, celulosa y lignina

La FID fue tratada con hidróxido de potasio (5 % p/v) en atmósfera de nitrógeno para extraer la lignocelulosa (residuo). El sobrenadante fue ligeramente acidificado con ácido acético (50 % v/v) para precipitar la hemicelulosa A; mientras que la hemicelulosa B fue precipitada con etanol (95 % v/v).

De la lignocelulosa se obtuvieron dos fracciones: la celulosa mediante desmineralización completa y extracción con solución saturada combinada de permanganato de potasio (KMnO₄+ buffer lignina 2:1) y la lignina por hidrólisis ácida con H₂SO₄ (72 % v/v), para destruir la fracción de celulosa y luego determinarla por pérdida de peso.

2.5 Análisis Estadístico

Los resultados fueron expresados como media ± desviación estándar de tres repeticiones de cada fracción del subproducto, los cuales fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA de un solo factor y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$) para establecer donde se encontraban las diferencias entre los niveles del factor principal (recurso de fibra). El análisis de resultados se llevó a cabo usando el paquete estadístico Minitab® Statistical Software, versión 16.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI), fibra dietaria soluble (FDS) y la relación entre las fracciones FDI y FDS se muestran en la Tabla 1.

Respecto a la FDT los subproductos de guayaba, mango y maracuyá mostraron diferencia ($p < 0.05$), con un rango de 23.52 a 74.95 g/100 g MS para pulpa de maracuyá y subproductos de guayaba respectivamente. Todos los subproductos presentaron valores menores a los reportados por Martínez *et al.* (2012a) para subproductos de piña (75.8 g/100 g) y mezcla de subproductos de maracuyá (81.5 g/100 g) y a los de pulpa de limón fino (81.7 g/100 g) reportados por Marín *et al.* (2007). La cáscara de maracuyá presentó valores similares a los de cáscara y cascarilla de cacao (51.88 – 56.70 g/100) [27]. A excepción de la pulpa de maracuyá, en todos los subproductos la FDT fue mayor a la de pulpa de melocotón (36.10 g/100 g) [18] y pulpa de café [34]. Según el criterio de Fuentes-Alventosa *et al.* (2009), los subproductos de guayaba pueden ser considerados como fuente alta de FDT; los de palmito, cáscara, pulpa y semilla de maracuyá como fuentes con contenido medio de FDT, mientras que el mango y la pulpa de maracuyá como recursos con bajo contenido de FDT.

La capa 2 y 3 de palmito fueron similares entre sí, tanto para FDT como para sus fracciones. Los subproductos de guayaba, pulpa de maracuyá y capa 2 de palmito mostraron mayor diferencia entre la FDI y FDS.

La elevada proporción de fibra dietaria insoluble en las muestras se relaciona con la considerable cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes; esto puede ser considerado una ventaja para su uso en la industria alimentaria, que puede enriquecer productos como jugos y bebidas de baja viscosidad sin modificar notablemente esta característica. Por su capacidad de retener agua, la FDI es recomendada para mejorar el volumen y mantener la frescura en productos de panificación [49], disminuir la sinéresis en yogurt. En el caso de los subproductos de frutas, aportarían además color y sabor para modificar las características sensoriales de los alimentos y disminuir el uso de aditivos químicos como saborizantes y esencias; especialmente en alimentos elaborados a base de quinua, amaranto, chocho, cebada y otros alimentos ancestrales; estos son ideales para incrementar el contenido de componentes insolubles de la fibra dietaria en alimentos asociados con efectos benéficos para la salud intestinal, excreción de ácidos biliares y disminución de la concentración de colesterol en la sangre, como son las granolas, barras para desayuno, galletas integrales y concentrados de fibra [9, 26, 44].

El contenido de hemicelulosa A fue diferente entre los subproductos ($p < 0.05$) y varió de 2.35 a 25.92 g/100 g MS; en la capa 3 de palmito fue significativamente mayor a los demás, como se visualiza en la Tabla 2. Los valores de hemicelulosa A de las capas de palmito fueron mayores a los reportados por Claye *et al.* (1996) en salvado de trigo (15.18 g/100 g), salvado de arroz (3.91 g/100 g), fibra de

tomate (15.35 g/100g) y al obtenido por Monte & Maga (1980) en frijoles pintos (3.19 g/100 g); mientras que la cantidad de hemicelulosa A de los subproductos de guayaba fue similar a la determinada en fibra de avena (16.00 g/100 g) y menor a la de fibra de manzana (17.78 g/100 g) [7].

Las capas 2 y 3 de palmito no mostraron diferencia significativa en el contenido de hemicelulosa B, de igual manera los subproductos de mango y guayaba. Los valores de hemicelulosa B determinados en este estudio fueron inferiores a los reportados por Claye *et al.* (1996) en salvado de trigo (8.67 g/100 g), fibra de avena (12.77 g/100 g), salvado de arroz (12.34 g/100 g), fibra de manzana (6.26 g/100 g) y fibra de tomate (8.70 g/100 g) y mayores al obtenido por Monte & Maga (1980) en frijoles pintos (0.66 g/100 g). El contenido de hemicelulosa A en relación al de hemicelulosa B fue más alto, a excepción de la cáscara de maracuyá; la misma que contiene aproximadamente 90 % de xiloglucanos que son los componentes mayoritarios de hemicelulosa B [16]. De los resultados obtenidos se evidenció que la hemicelulosa se encuentra presente principalmente en las semillas y tallos; por lo que una aplicación importante de los subproductos de palmito como fuente de hemicelulosa, sería su utilización para enriquecer en fibra productos libres de gluten, como harinas, pastas y otros; la alta capacidad de hinchamiento de la fracción insoluble y la afinidad de la hemicelulosa por el agua [19], facilitaría la cocción de las pastas y la resistencia de la masa a la deformación.

Así mismo, estos subproductos podrían mezclarse con la harina de trigo para aumentar el volumen del pan y mejorar la estructura de la miga, por la habilidad de las hemicelulosas para liberar arabinosilanos solubles en agua que participan conjuntamente con el gluten de las proteínas en la red de compuestos de superficie hidratada [19]. Los subproductos de palmito por su peculiar característica de tener color, olor y sabor neutro, pueden ser usados sin afectar las características sensoriales e indistintamente en productos salados o dulces. Pueden ser ideales para la elaboración de la masa de alimentos tradicionales fritos como empanadas de harina, plátano, yuca y morocho; por su baja capacidad de retención de grasa (1.13-1.15 g/g) [28] proporcionará a los productos una sensación menos grasosa.

La celulosa (ver Tabla 2) presentó valores entre 2.13 en la pulpa de maracuyá y 33.54 g/100 g MS en los subproductos de guayaba. Todos los subproductos a excepción de los de guayaba exhibieron valores de celulosa inferiores a los subproductos de frutilla (25.86 g/100 g) y grosella negra (21.0 g/100 g), pero similares a los presentes en subproductos de col morada (15.21 g/100 g), manzana (16.10 g/100 g), zanahoria (12.65 g/100 g) [35], cáscara de naranja (13.61 g/100 g) y cáscara de limón (12.72 g/100 g) [50]. La celulosa presente en los subproductos de guayaba fue similar a la de subproductos de cereza de aronia (34.56 g/100 g) [35].

Comparando con sus similares, los subproductos de maracuyá, guayaba y palmito presentaron valores de celulosa inferiores a los de mezcla de subproductos de guayaba

(37.20 g/100 g), mezcla de subproductos de maracuyá (39.20 g/100 g) (Lousada *et al.*, 2005), pared celular de la cáscara de maracuyá (33.60 g/100 g) [51] y residuos de la cosecha de palmito (29.03 g/100 g) [47]. El contenido de celulosa en los subproductos de guayaba fue superior al de fuentes tradicionales de fibra dietaria, como salvado de trigo (17.45 g/100 g), salvado de avena (19.98 g/100 g) y salvado de maíz (22.23 g/100 g) [7]; por lo que podrían ser usados en sustitución de estas en la elaboración de cereales para desayuno, galletas, mezclas para papillas, al aportar sabor y dulzor, y disminuir de esta forma el nivel de azúcar añadida en estos productos. Por esta misma razón, se podría disminuir el aporte calórico de postres smoothies y snacks.

El contenido de lignina entre los subproductos analizados presentó diferencia estadística ($p < 0.05$) a excepción de las dos capas de palmito. En todos los subproductos, a excepción de mango, la lignina cuantificada fue superior a la de alimentos tales como: col (0.83 g/100 g), zanahoria (1.01 g/100 g), lechuga (2.02 g/100 g), papa (0.90 g/100 g), tomate (1.69 g/100 g) y salvado de maíz (2.32 g/100 g), reportados por Anderson & Bridges (1988); y salvado de trigo (2.82 g/100 g) (Claye *et al.*, 1996). Los subproductos de palmito mostraron valores de lignina inferiores a los reportados por Fuentes-Alventosa *et al.* (2009) para subproductos de espárragos (15.01 g/100 g). La lignina en la semilla y pulpa, y cáscara de maracuyá fue similar a la presente en subproductos de frutilla (20.84 g/100 g), cereza de aronia (22.68 g/100 g) y grosella negra (26.66 g/100 g) [36]. Los subproductos de guayaba mostraron menor contenido de lignina que el reportado por Lousada *et al.* (2005) para mezcla de subproductos de guayaba (18.59 g/100 g). En el caso de la maracuyá Lousada *et al.* (2005) reportan 9.50 g/100 g para mezcla de subproductos y Astuti *et al.* (2011) reportan 31.79 g/100 g para la cáscara. Los subproductos estudiados constituyen un potencial recurso de lignina, componente apreciado por sus efectos benéficos para la salud humana y muy poco consumido [10, 32]. Su uso como ingrediente en la elaboración de productos cárnicos funcionales, que a más de incrementar el rendimiento durante la cocción podría ser interesante para disminuir los niveles de nitrito residual [21], función derivada de su alta capacidad para captar radicales libres [10]. La principal ventaja de la fibra de estos subproductos comparada con las fibras provenientes de cereales es la presencia de compuestos bioactivos asociados a su matriz [21, 26].

En la guayaba se apreció una distribución de los componentes, mientras que en el mango la celulosa fue el compuesto predominante. Los subproductos derivados de la maracuyá presentaron diferencias entre sí en la cáscara y la pulpa más semilla, la lignina fue el componente preponderante seguido por la celulosa en el primer caso y la hemicelulosa en la pulpa más semilla. La pulpa de maracuyá presentó los valores más bajos de celulosa, mientras que en el mango el contenido de lignina fue el más bajo. Las capas 2 y 3 de palmito mostraron mayor similitud entre los contenidos de los componentes de FDI.

La sumatoria de los componentes individuales de la fracción insoluble cuantificados en este estudio no fue igual al valor de FDI determinado por el método AOAC 991.43, pues este método cuantifica además otros compuestos tales como ceras, fenoles, taninos, productos de reacción de Maillard y cutinas que están unidas a la celulosa [8, 14, 31].

El uso de estos subproductos constituye una oportunidad para incrementar la disponibilidad de alimentos procesados saludables sin incrementar los costos económicos y ambientales, añadir nuevos recursos para la producción de alimentos, crear un sistema alimentario más sostenible para garantizar la seguridad alimentaria y disminuir el hambre en la región [37].

Tabla 1. Contenido de fibra dietaria en subproductos

Subproductos		FDT (g/100 g)			FDI (g/100 g)			FDS (g/100 g)			FDI/FDS		
Guayaba	Piel, pulpa y semilla	74.95	±	1.94 ^a	69.32	±	0.96 ^a	4.19	±	1.42 ^a	18.37	±	7.30 ^a
Mango	Cáscara y pulpa	42.60	±	2.22 ^b	23.79	±	1.36 ^b	15.06	±	2.19 ^b	1.59	±	0.13 ^b
Maracuyá	Cáscara	52.42	±	1.16 ^c	41.19	±	2.75 ^c	9.04	±	1.63 ^c	4.62	±	0.58 ^c
	Pulpa	23.52	±	1.00 ^d	17.81	±	1.83 ^d	1.00	±	0.56 ^d	21.27	±	9.80 ^d
	Semilla y pulpa	60.05	±	7.70 ^e	55.22	±	3.58 ^e	12.05	±	1.59 ^e	4.63	±	0.64 ^c
Palmito	Capa 2	63.10	±	1.93 ^e	55.99	±	1.81 ^e	4.37	±	0.83 ^a	13.20	±	3.08 ^{a, c, d}
	Capa 3	64.50	±	5.04 ^e	57.16	±	4.12 ^e	5.96	±	0.43 ^a	9.63	±	1.18 ^{a, b, c}

Los valores corresponden a media ± desviación estándar; n = 3.

Letras iguales en columnas no hay diferencia significativa

Tabla 2. Contenido de componentes de fibra dietaria insoluble

Subproductos		Hemicelulosa A (g/100 g)			Hemicelulosa B (g/100 g)			Celulosa (g/100 g)			Lignina (g/100 g)		
Guayaba	Piel, pulpa y semilla	16.45	±	0.92 ^a	2.91	±	1.05 ^a	33.54	±	1.00 ^a	16.51	±	0.58 ^a
Mango	Cáscara y pulpa	5.67	±	0.52 ^b	3.32	±	0.43 ^{a, b}	15.80	±	1.06 ^b	0.74	±	0.08 ^b
Maracuyá	Cáscara	2.35	±	0.26 ^c	4.47	±	0.66 ^{b, c}	15.00	±	2.46 ^b	21.49	±	0.21 ^c
	Pulpa	4.15	±	0.34 ^{b, c}	3.02	±	0.09 ^a	2.13	±	0.57 ^c	5.95	±	0.86 ^d
	Semilla y pulpa	9.47	±	0.81 ^d	5.39	±	0.45 ^c	10.27	±	0.82 ^d	28.17	±	2.07 ^e
Palmito	Capa 2	22.05	±	1.16 ^e	5.89	±	0.25 ^c	16.36	±	0.70 ^b	13.01	±	0.93 ^f
	Capa 3	25.92	±	0.53 ^f	5.47	±	0.23 ^c	10.93	±	0.47 ^d	12.07	±	0.96 ^f

Los valores corresponden a media ± desviación estándar; n = 3.

Letras iguales en columnas no hay diferencia significativa

4. CONCLUSIONES

En todos los subproductos analizados la fibra dietaria está constituida mayoritariamente por la fracción insoluble. Los subproductos mostraron distintas peculiaridades en lo referente a la composición de la fracción insoluble. La celulosa fue el componente mayoritario en los subproductos de guayaba y mango, mientras que la lignina lo fue en la cáscara de maracuyá, pulpa y semilla de maracuyá; y la hemicelulosa en los subproductos de palmito

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a las empresas Grupo Fadesa y Exofrut (Ecuador) por la provisión de la materia prima.

REFERENCIAS

- [1] Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Prasada, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006-1011. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.036>

- [2] Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2011). Functional properties and characterization of dietary fiber from mangifera pajang kort. *Fruit Pulp. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3980-3985. doi: 10.1021/jf103956g
- [3] Anderson, J. W., & Bridges, S. R. (1988). Dietary fiber content of selected foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 47(3), 440-447.
- [4] AOAC (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- [5] Astuti, T., Warly, L., Jamarun, N., & Evitayani. (2011). The effect of incubation time and level of urea on dry matter, organic matter and crude protein digestibility of passion fruit (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) hulls. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 36(3), 180-184. doi: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jitaa/article/view/7496>
- [6] Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S., & Goñi, I. (2010). By-Products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 210-216. doi: 10.1007/s11130-010-0176-2
- [7] Claye, S. S., Idouraine, A., & Weber, C. W. (1996). Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. *Food Chemistry*, 57(2), 305-310. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00250-2](http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(95)00250-2)
- [8] Champ, M., Langkilde, A.-M., Brouns, F., Kettlitz, B., & Le Bail, Y. (2003). Advances in dietary fibre characterisation. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nutrition Research Reviews*, 16(1), 71-82. doi: 10.1079/NRR200254
- [9] Chau, C.-F., & Huang, Y.-L. (2005). Effects of the insoluble fiber derived from *Passiflora edulis* seed on plasma and hepatic lipids and fecal output. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(8), 786-790. doi: 10.1002/mnfr.200500060
- [10] Chawla, R., & Patil, G. R. (2010). Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 178-196. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00099.x
- [11] Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255-266. doi: 10.1007/s13197-011-0365-5
- [12] Djilas, S., Čanadanović-Brunet, J., & Četković, G. (2009). By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 15(4), 191-202.
- [13] El-Deek, A., Hamdy, S., Attia, Y., & El-Shahat, A. (2009). Guava by-product meal processed in various ways and fed in differing amounts as a component in laying hen diets. *International Journal of Poultry Science*, 9(8), 866-874.
- [14] Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (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. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077
- [15] Escudero, E., & Gonzáles, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 2(21), 61-72.
- [16] Fuentes-Alventosa, J. M., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jaramillo-Carmona, S., Espejo-Calvo, J. A., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., & Jiménez-Araujo, A. (2009). Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 113(2), 665-671. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.075>
- [17] Goñi, I., & Hervert-Hernández, D. (2011). By-Products from plant foods are sources of dietary fibre and antioxidants. *Phytochemicals - Bioactivities and Impact on Health* (pp. 95-116). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- [18] Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S., & Martín-Belloso, O. (1999). Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65(2), 175-181. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00190-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00190-3)
- [19] Guillon, F., & Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33(3), 233-245. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00038-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00038-7)
- [20] Lee, S., Prosky, L., & DeVries, J. (1994). Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods - enzymatic - gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study. *Association Official Analytical Chemistry*. 75, 395-416.
- [21] López, J. F., & Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Overview of meat products as functional foods. *Technological strategies for functional meat products development*, 1-17.
- [22] Lousada, J., Miranda, J., Rodríguez, N., Machado, C., & Braga, R. (2005). Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(2), 659-669.
- [23] Marín, F. R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 100(2), 736-741. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.040>
- [24] Martín-Sánchez, A. M., Cherif, S., Ben-Abda, J., Barber-Vallés, X., Pérez-Álvarez, J. A., & Sayas-Barberá, E. (2014). Phytochemicals in date co-products and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 158, 513-520. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.172
- [25] Martínez, R. (2013). Caracterización de la fracción insoluble de fibra dietaria en residuos de café (*Coffea arábica* L. var. *Typica*) y cacao (*Theobroma cacao* L. var. *Complejo Nacional por trinitario*). M.S. tesis, Univ. La Molina, Lima-Perú.
- [26] Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012a). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520-1526. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.057>
- [27] Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012b). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*, 49(1), 39-45. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>
- [28] Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012c). Coproductos de la industrialización del palmito: Composición química y propiedades tecnológicas. *Alimentación, equipos y tecnología*, 268, 32-33.
- [29] Mertens, D. R. (2003). Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 81(12), 3233-3249. doi: 10.2527/jas.2003.81123233x
- [30] Mildner-Szkudlarz, S., Zawirska-Wojtasiak, R., Szwengel, A., & Pacyński, M. (2011). Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(7), 1485-1493. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02643.x
- [31] Molina, M. E., & Martín, Á. (2007). La fibra dietética procesada como alimento funcional. *Offarm*, 26(1), 70-77.
- [32] Mongeau, R., & Brooks, S. P. J. (2001). "Chemistry and analysis of lignin" en *Dietary Fiber*. New York: Marcel Dekker, Inc. pp. 321-374.
- [33] Monte, W. C., & Maga, J. A. (1980). Extraction and isolation of soluble and insoluble fiber fractions from the pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(6), 1169-1174. doi: 10.1021/jf60232a065
- [34] Murthy, P., & Naidu, M. M. (2010). Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 897-903. doi: 10.1007/s11947-010-0363-z
- [35] Nawirska, A., & Kwaśniewska, M. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 91(2), 221-225. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.005>
- [36] Nawirska, A., & Uklanska, C. (2008). Waste products from fruit and vegetable processing as potential sources for food enrichment in dietary fibre. *Acta Scientiarum Polonorum*, 7(2), 35-42.
- [37] O'Donnell, T. H., Deutsch, J., Yungmann, C., Zeitz, A., & Katz, S. H. (2015). New sustainable market opportunities for surplus food: A food system-sensitive methodology (FSSM). *Food and Nutrition Sciences*, 6(10), 883-892. doi: 10.4236/fns.2015.610093
- [38] Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T., DeVries, J., Furda, I., & Lee, S. (1994). Determination of soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. *Europe PubMed Central*, 3(77), 690-694.
- [39] Raghavendra, S. N., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., & Tharanathan, R. N. (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. doi: 10.1007/s00217-004-0889-2
- [40] Redondo-Márquez, L. (2002). *La fibra terapéutica* (2da. ed.). Barcelona: Editorial Glosa.

- [41] Rodríguez, K. (2007). *Análisis de los polisacáridos y la textura de la pared celular en cultivo en suspensión de Beta vulgaris L.*, Instituto Politécnico Nacional, Yauatepec, Morelos.
- [42] Rustad, T., Storrø, I., & Slizyte, R. (2011). Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(10), 2001-2014. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02736.x
- [43] Sangeetha, P. T., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Recent trends in the microbial production, analysis and application of Frucooligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 16(10), 442-457. doi:10.1016/j.tifs.2005.05.003
- [44] Saura-Calixto, F. (2010a). Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(1), 43-49. doi: 10.1021/jf1036596
- [45] Saura-Calixto, F. (2010b). "Fibra dietética en la dieta y en alimentos funcionales. Prebióticos" en *Alimentos saludables y de diseño específico. Alimentos funcionales*. Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz. pp. 97-106.
- [46] Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 12(11), 401-413. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00012-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00012-2)
- [47] Soto, G., Luna, P., Waggoner, M., & Carpio, S. (2002). Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrimentos en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 26(2), 43-51.
- [48] Southgate, D. A. T. (1976). *"Determination of Food Carbohydrates"*. London: Applied Science.
- [49] Tosch, S. M., & Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450-460. doi: 10.1016/j.foodres.2009.09.005
- [50] Ververis, C., Georgiadi, K., Danielidis, D., Hatzinikolaou, D. G., Santas, P., Santas, R., & Corleti, V. (2007). Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. *Bioresource Technology*, 98(2), 296-301. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2006.01.007>
- [51] Yapo, B. M., & Koffi, K. L. (2008). The polysaccharide composition of yellow passion fruit rind cell wall: chemical and macromolecular features of extracted pectins and hemicellulosic polysaccharides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(12), 2125-2133. doi: 10.1002/jsfa.3323