



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

Subproductos de Palmito (*Chamaerops humilis*) como un recurso
alternativo de fibra dietaria.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTORA:

Encalada Macas, Rosa Cristina

DIRECTORA:

Martínez Espinoza, Ruth Irene, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR
2014

APROBACION DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE TITULACION

Mg. Sc.

Ruth Irene Martínez Espinoza.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN DE INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS.

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación “Subproductos de palmito (*Chamaerops humilis*), como un recurso alternativo de fibra dietaria” realizado por Rosa Cristina Encalada Macas, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2014.

f).....

DECLARACION DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo. Rosa Cristina Encalada Macas declaro ser autora del presente trabajo de fin de titulación “Subproductos de palmito (*Chamaerops humilis*), como un recurso alternativo de fibra dietaria” siendo. Mg. Sc. Ruth Irene Martínez Espinoza directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Autora

Cédula. 1104225261

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios principalmente
por ser quien ha estado siempre conmigo
guiándome y dándome fortaleza para
seguir adelante y así culminar este proyecto.

Con mucho amor a María Cristina,
mis queridos padres y a mi
tío Edguitar por brindarme su apoyo
incondicional que a lo largo de mi vida
han velado por mi bienestar y
educación depositando
su entera confianza en cada reto que se me
presentaba sin dudar ni un solo momento
en mi inteligencia y capacidad.

Es por ellos lo que soy ahora.
Los amo con mi vida!!!

AGRADECIMIENTO

La gratitud es una virtud primordial del ser humano, gracias a ello se alimenta el amor, los sentimientos la bondad el buen recuerdo, por tal motivo quiero expresar mi sincero agradecimiento principalmente al Ing. Geovanny Figueroa y docentes, que conforman la Titulación de Ingeniería en Industrias Agropecuarias de la UTPL que a lo largo de la carrera han impartido sus conocimientos en mi sembrando el deseo de superación.

De manera especial agradezco a la Mg. Sc. Ruth Martínez que fue mi directora de tesis, quien con su paciencia me supo brindar su valiosa orientación para culminar el presente trabajo.

Agradezco también al Ing. Álvaro Cruz, mi compañero mi amigo por sus consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CARATULA.....	i
APROBACION DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE TITULACION.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3

CAPITULO I

1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
1.1 PALMITO.....	6
1.2 FIBRA DIETARIA.....	7
1.2.1 Definición.....	7
1.2.2. Clasificación.....	9
1.2.2.1 Según la composición química.....	9
1.2.2.2 Según la capacidad de fermentación.....	10
1.2.2.3 Según la solubilidad.....	11
1.2.3 Importancia de la fibra dietaria en la salud.....	11
1.2.4 Fuentes de fibra dietaria.....	11
1.2.5 Subproductos agroindustriales.....	13
1.2.5.1 Subproductos de palmito.....	13
1.2.6 Propiedades tecno funcionales de la fibra dietaria.....	14
1.2.6.1 Capacidad de retención de agua.....	14
1.2.6.2 Capacidad de hinchamiento.....	15
1.2.6.3 Capacidad de retención de grasa.....	15
1.3 Método para determinar fibra dietaria.....	16

ÍNDICE DE CONTENIDOS. (CONTINUACIÓN)

Pág.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	19

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 MATERIA PRIMA.....	21
3.2 MUESTREO.....	21
3.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	21
3.4 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	22
3.4.1 Humedad.....	22
3.4.2. Proteína.....	22
3.4.3 Cenizas.....	22
3.4.4 Grasa cruda.....	22
3.4.5 Extracto libre de nitrógeno.....	22
3.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETARIA.....	23
3.5.1 Fibra dietaria total.....	25
3.5.2 Fibra dietaria insoluble.....	25
3.5.3 Fibra dietaria soluble.....	26
3.6 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES.....	26
3.6.1 Capacidad de retención de agua.....	27
3.6.2 Capacidad de hinchamiento.....	27
3.6.2 Capacidad de retención de grasa.....	27
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28

ÍNDICE DE CONTENIDOS. (CONTINUACIÓN)

	Pág.
CAPITULO IV	
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
4.1 ANÁLISIS QUÍMICOS.....	30
4.1.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	30
4.2 FIBRA DIETARIA.....	31
4.3 PROPIEDADES TECNO – FUNCIONALES.....	32
 CAPITULO V	
 5. CONCLUSIONES.....	 37
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición de la fibra dietaria.....	9
Cuadro 2. Composición nutricional.....	26
Cuadro 3. Contenido de fibra dietaria.....	27
Cuadro 4. Propiedades tecno-funcionales.....	29

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Corazón de palmito (<i>Bactris gasipaes</i>)	5
Figura 2. Morfología del palmito (<i>Bactris gasipaes</i>).....	6
Figura 3. Determinación de fibra dietaria total, insoluble y soluble.....	21
Figura 4. Comparación de las propiedades tecno-funcionales de los subproductos de palmito con otros subproductos.....	30

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. DATOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR LA COMPOSICION PROXIMAL.....	42
A.1 Humedad.....	42
A.2 Resultados de humedad.....	42
A.3 Proteína.....	43
A.4 Resultados de proteína.....	43
A.5 Cenizas.....	44
A.6 Resultados de cenizas.....	44
A.7 Grasa cruda.....	45
A.8 Resultados de grasa cruda.....	45
A.9 Extracto libre de nitrógeno.....	46
A.10 Resultados de extracto libre de nitrógeno.....	47
ANEXO B. CALCULO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA TOTAL, INSOLUBLE Y SOLUBLE.....	48
B.1 Ejemplo de cálculo de fibra dietaria total, insoluble y soluble de la capa 2, lote 1 muestra 1.....	48
B.2 Resultados de fibra dietaria total, insoluble y soluble.....	57
ANEXO C. DATOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES.....	58
C.1 Capacidad de retención de agua.....	58
C.2 Ejemplo de cálculo de capacidad de retención de agua de la capa 2, lote 1, muestra 1.....	58

LISTA DE ANEXOS. (CONTINUACIÓN)	Pág.
C.3 Resultados de capacidad de retención de agua.....	59
C.4 Capacidad de hinchamiento.....	60
C.5 Ejemplo de cálculo de capacidad de hinchamiento de la capa 2, lote 1, muestra 1.....	60
C.6 Resultados de capacidad de hinchamiento.....	61
C.7 Capacidad de retención de grasa.....	62
C.8 Ejemplo de cálculo de capacidad de retención de grasa de la capa 2, lote 1, muestra 1.....	62
C.9 Resultados de capacidad de retención de grasa.....	63
ANEXO D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	64
D.1 Humedad.....	64
D.2 Proteína.....	64
D.3 Cenizas.....	65
D.4 Grasa cruda.....	65
D.5 Extracto libre de nitrógeno.....	65
D.6 Fibra dietaria total.....	66
D.7 Fibra dietaria insoluble.....	66
D.8 Fibra dietaria soluble.....	66
D.9 Capacidad de retención de agua.....	67
D.10 Capacidad de hinchamiento.....	67
D.11 Capacidad de retención de grasa.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

FDT.....	Fibra dietaria total
FDI.....	Fibra dietaria insoluble
FDS.....	Fibra dietaria soluble
CRA.....	Capacidad de retención de agua
CRG.....	Capacidad de retención de grasa
CH.....	Capacidad de hinchamiento
ELN.....	Extracto libre de nitrógeno.
BS.....	Base seca

RESUMEN

En la actividad agroindustrial y alimentaria genera gran cantidad de subproductos, que en la actualidad causan un problema medioambiental, investigaciones, indican que los provenientes de vegetales y frutas pueden ser una fuente potencial de fibra y compuestos funcionales. El objetivo de la investigación fue valoración de subproductos de palmito como potenciales recursos de fibra dietaria. Secados a 60°C, y a tamaño de partícula de 640 - 220 µm. Se usó el método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43 y AOAC 985.29) para determinación de fibra dietaria. Se destacó el contenido de proteína (5.31 y 5.54 g/100g) y ceniza (3.34 y 3.38 g/100g) en las capas 2 y 3. La FDT y sus fracciones (FDI) y (FDS) fue mayor en la capa 2 (49.94 g/100g para FDT; 36.20 g/100g para FDI y 11.95 g/100g para FDS), ambas tuvieron buena relación de FDI/FDS (3:1 capa 2 y 2:1 capa 3). Y presentaron baja CRA (4.10 g/100g en la capa 2 y 3.92 g/100g en la capa 3), alta CH (12.88 mL/g capa 2 y 13.29 mL/g capa 3) y baja CRG (0,61 g/100g en la capa 2 y 0.66 g/100g en la capa 3).

PALABRAS CLAVES: Subproductos, palmito, fibra dietaria total, fibra dietaria soluble, fibra dietaria insoluble, propiedades tecno-funcionales.

ABSTRACT

The agro-food and activity generate large amounts of by-products, which, in reality are causes problems for the environment. This research indicates that from fruits and vegetables can be a potential source fiber and functional compounds. The aim of this investigation was "The valuation of the by-products of palm heart (*Chamaerops humilis* var. *Gasipaes Bactris*) as potential sources of dietary fiber. The by-products (layers 2 and 3), was dried at 60° C, and work to a particle size of 640 - 220 µm. Dietary fiber was determinate as enzymatic gravimetric method (AOAC 991.43 and AOAC 985.29). Protein content was stressed (5.31 and 5.54 g/100g) and ash (3.34 and 3.38 g/100g) in layers 2 and 3 respectively. Total dietary fiber (TDF) and insoluble fractions (IDF) and soluble (SDF) was higher in layer 2, with values of 49.94 g/100g for TDF; 36.20 g/100g for IDF and 11.95 g/100g SDF, both layers showed good relations of IDF / SDF. They had low water retention capacity (4.10 g/100g at layer 2 and 3.92 g/100g at layer 3), high swelling capacity (12.88 mL / g Layer 2 and 13.29 mL / g layer 3) and low oil retention capacity (0.61 g/100g 0.66 layer 2 and layer 3 g/100g).

KEYWORDS: By-products, palm heart, total dietary fiber, insoluble dietary fiber, soluble dietary fiber, techno-functional properties.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con alta diversidad de recursos vegetales, siendo el principal productor y exportador de palmito en el mundo, las industrias de conservas de palmito procesan alrededor de 26,664 toneladas al año (Idrovo 2009), exportando al mercado internacional cerca de 72,6 millones de dólares; siendo los principales destinos: Francia, Argentina y Chile; cuenta con aproximadamente 15,500 hectáreas sembradas de palmito (CICO 2009), una hectárea produce 19,5 t/año de materia seca, de las cuales la parte comestible (corazón) representa únicamente 1,76 t/año, es decir que el 91% corresponde a subproductos (Romero 2011).

Los subproductos obtenidos de la transformación industrial de vegetales y frutas son ricos en sustancias valiosas tales como fibra dietaria, pigmentos, azúcares, ácidos orgánicos, aromas y componentes bioactivos con capacidad antioxidante y antimicrobiana, (Ajila et al. 2010; Ayala-Zavala et al. 2011; Djilas et al. 2009; Lattimer y Haub 2010; Martínez et al. 2012a; Viuda-Martos et al. 2012). Varios de estos contienen más fibra dietaria que su respectiva porción comestible (Goñi y Hervert-Hernández 2011), por lo que, algunos autores han señalado que los subproductos de frutas y vegetales pueden ser una fuente potencial de fibras y compuestos funcionales (Djilas et al. 2009; Goñi y Hervert-Hernández 2011; Larrauri 1999).

Estas características, han motivado a los investigadores a centrar su atención en la valoración de los subproductos agroindustriales (Buenrostro-Figueroa et al. 2010), enfocándose principalmente en el estudio para el uso potencial como fuente de fibra dietaria y antioxidantes (Garau et al. 2007). La importancia fisiológica de la fibra dietaria en la alimentación, se ha asociado al efecto preventivo de una serie de enfermedades como cáncer de colon, diverticulosis, estreñimiento, diabetes entre otras enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la alimentación (Araya et al. 2006; Pérez-Hidalgo et al. 1997; Raghavendra et al. 2006), y en la tecnología de alimentos por sus propiedades como capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de grasa que inciden en las características sensoriales de los alimentos (Ayala- Zavala et al. 2011; Garau et al. 2007; Raghavendra et al. 2006).

La industria alimentaria tiene interés en nuevas fuentes de fibra dietaria con concentraciones comparables a las que se hallan en salvados de cereales (Gartzia 2008; Villarroel et al. 2003), que tradicionalmente se han usado para incorporarse en productos con efectos saludables (Femenia et al. 1997).

El Departamento de Ciencias Agropecuarias y de Alimentos de la UTPL trabaja en la línea de investigación en alimentos funcionales, buscando alternativas para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales como fuentes de ingredientes alimentarios con alto valor nutritivo, por su parte la empresa Ecuavegetal S.A del grupo FADESA una de las principales exportadoras de palmito en el Ecuador, ha apoyado esta investigación para buscar alternativas de aprovechamiento sustentable para los subproductos generados en sus procesos de producción.

Existe muy poca información sobre el uso alternativo de subproductos de palmito, por tal motivo esta investigación que pretende su valoración como potencial recurso de fibra dietaria es importante dado que los resultados permitirán a Ecuavegetal S.A disponer de información sobre el valor agregado que se les podría dar a estos que actualmente son desechados, y que constituyen un problema ambiental y un costo adicional para la empresa.

REVISION DE LITERATURA

1. Palmito

Los subproductos son obtenidos del palmito (*Chamaerops, humillis* var. *Bactris gasipaes*), pertenece al género aráceas de las palmáceas (Romero 2011). Se define como una palmera de 2 a 3 metros de altura, su tallo formado por capas es cilíndrico, fibroso con un diámetro de 10 a 25 cm (Salazar et al. 2006), la porción comestible llamada corazón (Figura 1) se la obtiene de la parte superior interna de los tallos tiernos de las palmeras apropiadas para el consumo humano, tales como: *Bactris gasipaes* HBK, *Euterpe precatoria* "huasaí", entre otras especies (Sam y Vásquez 2002).

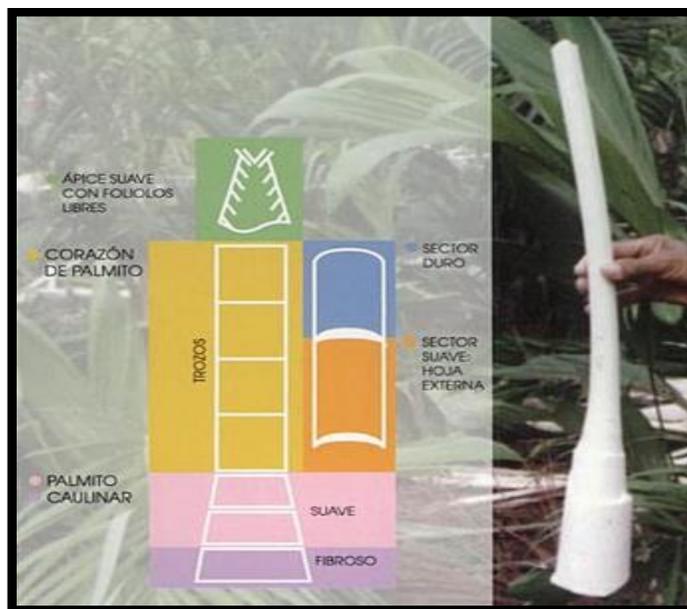


Figura 1. Corazón de palmito (*Bactris gasipaes*)

Fuente. (Mora y Gainza 1995)

El tallo cosechado que llega a la planta procesadora está constituido por las capas dos, tres y el corazón (Figura 2), tiene un peso promedio de 755 g, del que se aprovecha únicamente el 15%, la diferencia corresponde a los subproductos que están constituidos por las capas externas al corazón.¹ Estos subproductos contienen la siguiente

¹Chacon, J. 2010. Ecuavegetal S.A (entrevista). Jujan.

composición: fibra dietaria total 78.47%, proteína 4.95%, lípidos 0.61% y ceniza 3.85%. Al consumir un alimento de origen vegetal no solo aprovechamos su contenido para cubrir gran parte de nuestros requerimientos alimenticios mediante el aporte de proteínas, grasas e hidratos de carbono; sino que ingerimos su citoesqueleto, es decir donde se encuentra la fibra dietaria (Bayas 2010).

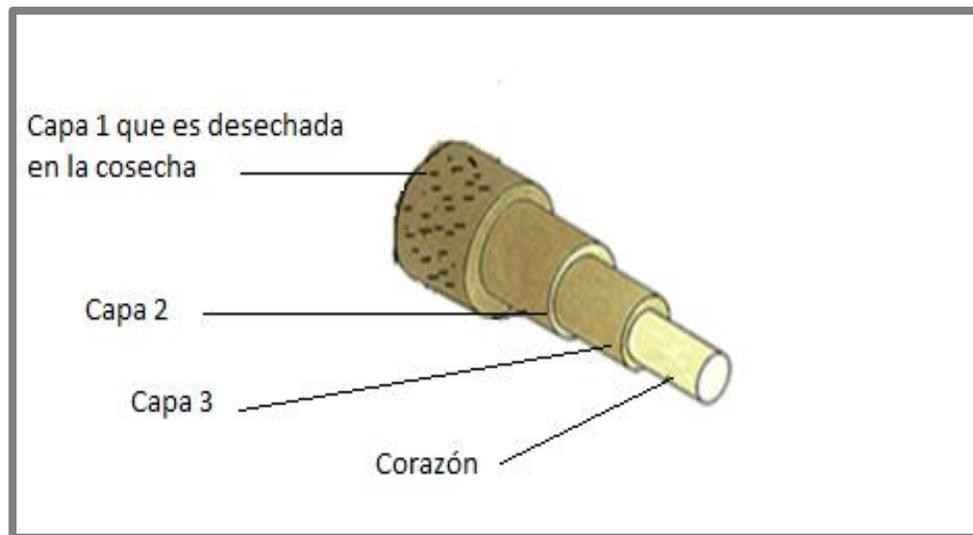


Figura 2. Morfología del palmito

Fuente. (Ojeda 2004)

1.1 Fibra dietaria

1.1.1 Definición.

El término "fibra dietaria" se usó por primera vez en 1953 por Hipsley para hacer referencia a compuestos como hemicelulosa, celulosa y lignina. (Falcon et al. 2011). Su concepto ha sido tema de controversia sin embargo, varios investigadores han llegado al acuerdo sobre la inclusión de la fibra como ingrediente importante en la dieta (Rodríguez et al. 2005).

Desde el siglo XIX hasta 1970 prevaleció el término "fibra bruta o fibra cruda" que se refiere al residuo libre de cenizas tras el tratamiento del producto vegetal con ácido

clorhídrico e hidróxido de sodio (Badui 2006; Guzmán 2008), incluye celulosa, lignina y hemicelulosa (AACC 2001; Sánchez 2005); este residuo contiene cantidades considerables de proteína vegetal, parte de la lignina se gelatiniza o disuelve en el proceso (Raghavendra et al. 2006).

Entre 1972 y 1976 para Trowell y otros investigadores la fibra dietaria comprendía los polisacáridos no digeridos como: gomas, celulosas modificadas, mucílagos, oligosacaridos y pectinas. A finales de 1976 Prosky León con la ayuda de otros científicos iniciaron con la tarea de cuantificar estos componentes (DeVries et al. 1999); desarrollaron el método enzimático-gravimétrico que luego fue adoptado por la Organización Americana de Análisis Químicos AOAC como el primer método oficial para de análisis de fibra dietaria total (Tosh y Yada 2009).

Femenia et al. (1997) y Figuerola et al. (2005) definen a la fibra dietaria como una variedad de polisacáridos sin almidón, que incluye la hemicelulosa, celulosa, pectina, b-glucanos, gomas y ligninas. Según la American Association of Cereal Chemists AACC en 1999: “La fibra dietaria son los remanentes de la parte comestible de plantas y los hidratos de carbono análogos que son resistente a la digestión y absorción en intestino delgado, con la fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Incluyendo así los polisacáridos, oligosacaridos, lignina y sustancias de la planta asociadas, las que tienen un efecto laxante, disminución del colesterol sanguíneo y/o atenuación de la glucosa en sangre” (AACC 2001).

En la última actualización científica sobre carbohidratos en la salud humana de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO y La Organización Mundial de la Salud OMS llevada a cabo en Ginebra-Suiza en el 2008, se define fibra dietaria como: “El conjunto de polisacáridos intrínsecos de la pared celular vegetal” en base al postulado que “todos los componentes alimentarios debían definirse, en primer lugar, según su composición química”, (Guzmán 2008).

En el 2002, The United States Institute of Medicine utiliza el concepto: “fibra funcional” refiriéndose a los carbohidratos no digeribles aislados que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en el ser humano (DeVries et al. 1999), “la fibra funcional consta de aislados,

hidratos de carbono no digeribles que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos”, mientras que “la fibra total es la suma de la fibra dietaria y funcional” (Champ et al. 2003)

Saura-Calixto (2003), después de varios estudios incluye un nuevo concepto, el de Fibra Dietaria Antioxidante (FDAO), y la define como una fibra que contiene cantidades significativas de antioxidantes naturales asociados a la matriz de la fibra con las siguientes características específicas:

- Contenido de fibra dietaria mayor al 50% en base seca.
- Un gramo de FDAO debe tener una capacidad para inhibir la oxidación de lípidos equivalente a, por lo menos, 200 mg de Vitamina E y una capacidad de captación de radicales libres equivalente a, al menos 50 mg de Vitamina E.
- La capacidad antioxidante debe ser una propiedad intrínseca, que se derive de fuentes naturales de la materia, y que no han sido añadidos antioxidantes ni que haya sido tratadas previamente con químicos o enzimas.

1.1.2 Clasificación

Se consideran tres aspectos fundamentales para clasificar la fibra dietaria: la composición química, la solubilidad y capacidad de fermentación (Zarzuelo y Gálvez 2008).

1.1.2.1 Según la composición química.

Una de las características de la fibra dietaria es su heterogeneidad química, debido a la gran variedad de sustancias que forman parte de su composición. Los diferentes componentes de la fibra se pueden agrupar en polisacáridos, oligosacáridos y compuestos no polisacáridos (Zarzuelo y Gálvez 2008).

Cuadro 1. Composición de la fibra dietaria

Polisacarridos	Oligosacaridos	Compuestos no polisacáridos	Lignina
Celulosa	Dextrinas indigestibles	Ceras	
Arabinosilanos	Maltodextrinas resistentes	Fitato	
Polifruktosas	Dextrinas resistentes	Cutinas	
Inulina	Los compuestos sintetizados	Saponinas	
Oligofruktanos	de carbohidratos	Suberina	
Galactoligosacáridos	• Polidextrosa	Taninos	
Gomas	• Metil celulosa	Lignina	
Mucílagos	• Hidroxipropilmetilcelulosa		
Pectinas	• Almidón resistente		

Fuente (AACC 2001).

1.1.2.2 Según la capacidad de fermentación.

Los componentes de fibra a excepción de la lignina pueden ser fermentados por las bacterias intestinales; en general las fibras solubles lo son en mayor grado que las insolubles, el porcentaje de fermentación en las pectinas, gomas o mucílagos oscila entre 80 y 95%, mientras que la celulosa entre 15 y 50%.

Según Zarzuelo y Gálvez (2008), la fibra en función de la fermentación puede dividirse en:

- Fibras no fermentables (<10%). Entre estas destacan las fibras insolubles como la lignina y algunas fibras solubles como la carragenina, y derivados de la celulosa (metilcelulosa y carboximetilcelulosa).
- Fibras parcialmente fermentables (10-70%), como las insolubles ricas en celulosa. Algunas fibras solubles como el agar y otras parcialmente solubles como las semillas de Plántago.
- Fibras fermentables (>70%), constituidas por fibras solubles ricas en hemicelulosas (goma guar, glucomanano) o ricas en ácidos glucurónicos (pectinas o algunas gomas)

1.1.2.3 Según la solubilidad.

Se clasifica por su solubilidad en agua y/o fluidos digestivos, en fibra dietaria soluble e insoluble (Villarreal et al. 2003; Zarzuelo y Gálvez 2008).

La fibra soluble se compone por polisacáridos no celulósicos como la pectina, gomas y mucílagos, presentes principalmente en frutas, avena, cebada y legumbres, forma mezclas de consistencia viscosa cuyo grado de solubilidad depende de la fuente vegetal de procedencia (Pak 2000; Redondo et al. 2008).

La fracción insoluble está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosas insolubles y lignina, presentes en el trigo, en la mayoría de productos de grano y hortalizas; con el agua forma mezclas bajas en viscosidad (Griguelmo-Miguel et al. 1999). Alrededor del 75% de la fibra dietaria presente en los alimentos naturales corresponde a la fracción insoluble (Guzmán 2008).

1.1.3 Importancia de la fibra dietaria en la salud

La estructura química y las propiedades físico-químicas de la fibra, influyen positivamente en los efectos funcionales y nutricionales de la salud humana (Anderson et al. 2009). La fibra dietaria juega un papel importante en la prevención de ciertos tipos de enfermedades como: cáncer de colon, arterioesclerosis, enfermedades coronarias, constipación, hemorroides, diverticulosis, diabetes mellitus y la obesidad (Raghavendra et al. 2006), también disminuye los niveles de colesterol y controla la liberación de glucosa (AACC 2001), así mismo reduce el riesgo de las enfermedades coronarias (Babio et al. 2010). Además la fibra aumenta el volumen del contenido intestinal (Elleuch et al. 2010), que provoca peristaltismo facilitando la función evacuatoria (Molina y Martín 2007), reduciendo el tiempo de tránsito de la materia fecal a través del intestino grueso, aumentando la frecuencia y regulando su evacuación (AACC 2001). La ingesta aumentada de fibra conduce a una mayor excreción de ácidos biliares fecales (García 2010), disminuye significativamente la concentración de colesterol en la sangre (Babio et al. 2010; Chau et al. 2004).

La fracción soluble de la fibra retrasa el vaciado gástrico, reduce la velocidad de absorción de la glucosa y los niveles de colesterol sérico, es muy fermentable en el colon produciendo ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico, butírico), esto trae como consecuencia la acidificación del medio intestinal protegiéndolo de la flora patógena invasiva e induce a un mejoramiento del sistema inmune (Guzmán 2008). La fracción insoluble acorta el tiempo de tránsito intestinal, aumenta el peso de las heces y disminuye su consistencia (Viuda- Martos et al. 2012; Ramulu y Udayasekhara 2003; Núñez-Rikanki y Matos-Chamorro 2011).

Un consumo excesivo de fibra también puede ser perjudicial para el ser humano (Chandalia et al. 2000), influye en la excreción de minerales imprescindibles para el organismo como hierro, calcio y zinc, produciendo anemia y provoca síntomas gastrointestinales indeseables tales como: diarrea, flatulencias, vómitos, dolor abdominal (Pak 2000), e incluso aumenta la excreción de nitrógeno, por lo que puede entorpecer la digestión y la absorción de proteínas (Molina y Martín 2007).

La ingesta de fibra total que se recomienda debe ser de 20-40 g diarios, de manera que el residuo fecal supere como mínimo los 150 g al día, (Redondo-Cuenca et al. 2008); la Food and Drug Administration (FDA) recomienda una ingesta de 25 a 35 g/día en adultos (Lattimer y Haub 2010), las fracciones solubles e insolubles de la fibra tienen un importante significado en la nutrición humana (Ramulu y Udayasekhara 2003), la relación ideal de FDI/FDS es de 3:1 (Pak 2000).

1.1.4 Fuentes de fibra dietaria

En la actualidad los recursos con mayor concentración de fibra dietaria usados en la tecnología de alimentos son los granos enteros y salvados de cereales (Dreher 2001; Gartzia 2008; Koubala et al. 2011), el National Institute of Nutrition demostró que la mayoría de los cereales son una fuente rica de FDI, a excepción del trigo y la avena, los cuales son ricos tanto en FDI como en FDS (Ramulu y Udayasekhara 2003). Las fibras procedentes de las frutas, verduras, legumbres, debido a su gran contenido de agua, proporcionan menos fibra dietaria por gramo de producto consumido que los granos

enteros (Dreher 2001). Sin embargo, investigaciones realizadas demuestran que algunas frutas deshidratadas como coco (63.2%), limón (60.1- 68.3%), mango (71.5%), manzana (60.7 – 89.8%), naranja (64.3%), piña (85.2%) y toronja (44.2 -62.6%) (Larrauri 1999; Raghavendra et al. 2006; Figuerola et al. 2005), poseen un alto contenido de fibra dietaria total y una considerable porción de fibra dietaria soluble, en comparación con los cereales que contienen más fibra insoluble (Figuerola et al. 2005).

En general las fibras de las frutas tienen un mejor valor nutritivo que los derivados de los cereales, contienen cantidades significativas de compuestos bioactivos tales como polifenoles, carotenoides (Mildner-Szkudlar et al. 2011) y un menor o nulo contenido de ácido fítico (Saura-Calixto 2010).

1.1.5 Subproductos agroindustriales.

Se entiende por subproductos a todas las materias primas, comestibles o no comestibles, que quedan después de la producción de los principales productos, los términos “subproductos”, “co-productos” y co-corrientes” indican algo que se puede utilizar (Rustad et al. 2011).

En los subproductos generados del procesamiento de alimentos de origen vegetal tales como: cereales, frutas, verduras se encuentran componentes de alto valor como fibra dietaria, antioxidantes, azúcares, minerales, ácidos orgánicos, y compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos (Chau et al. 2006; Mildner-Szkudlar et al 2011; Saura-Calixto 2003).

La valoración de los subproductos agrícolas ha recibido una atención cada vez mayor, debido a su composición, que les da el potencial de ser utilizados para otros fines, por ejemplo, para obtener compuestos bioactivos y fibra dietaria para la incorporación en alimentos (Martínez et al. 2012; Viuda-Martos et al. 2012).

1.1.5.1 Subproductos de palmito.

En la producción de palmito se genera 90% de subproductos (capa 1, 2, 3 y en algunos casos la capa 4), de este total se aprovecha hasta un 75% el resto son partes fibrosas no aprovechables (Sam y Vásquez 2002).

1.1.6 Propiedades tecno-funcionales de la fibra dietaria

Las propiedades tecno funcionales de la fibra son las responsables de los efectos fisiológicos y tecnológicos, están influenciadas por la matriz estructural de la fibra, la relación fibra dietaria insoluble/soluble (FDI/FDS), el tamaño de la partícula, la fuente, así como por el grado y el tipo de procesamiento llevado a cabo (Villarreal et al. 2003).

Estas propiedades se determinan por lo general *in vitro* y sirven para darnos una idea de su comportamiento *in vivo*, aunque en este medio están sometidas a un entorno fisiológico muy complejo y a una serie de mecanismos que pueden modificarlas, de igual manera, cuando las fibras son utilizadas en la elaboración de alimentos, las propiedades fisicoquímicas de estos influyen también en las características de las fibras, especialmente si se usan como agentes gelificantes, espesantes y/o estabilizantes. La fibra dietaria tiene todas las características requeridas para ser consideradas como un ingrediente importante en la formulación de alimentos funcionales (Redondo-Cuenca et al. 2008).

Las propiedades tecno funcionales de la fibra como capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH) y capacidad de retención de grasas (CRG), están relacionadas con los polisacáridos que conforman las paredes celulares de los vegetales, e influye, la porosidad, el tamaño de partícula, la fuerza iónica y el pH, estas propiedades son responsables de efectos como la textura, volumen e hidratación al ser incorporados en alimentos (Femenia et al. 1997).

Una clara definición de propiedades tecno funcionales desde el punto de vista nutricional, los métodos apropiados para su medición y una mejor comprensión de sus factores

determinantes son realmente necesarios y se debe expresar con el tamaño de partícula obtenido (Guillon y Champ 2000; Raghavendra et al. 2004; Raghavendra et al. 2006).

1.1.6.1 Capacidad de retención de agua.

Esta propiedad expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por una muestra de peso conocido en presencia de un exceso de agua y bajo la acción de una fuerza externa (Femenia et al. 1997; Robertson et al. 2010). Esta característica influirá en la formación de soluciones viscosas que son fermentadas por las bacterias intestinales; en el incremento de la masa fecal (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010), y en la evacuación de las heces fecales (Itzel 2003).

Desde el punto de vista tecnológico la retención de agua confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010). Las propiedades de hidratación de un ingrediente rico en fibra son cruciales para su aplicación satisfactoria en alimentos que serán sometidos a stress físico, como sucede, por ejemplo, en la extrusión de cereales (Ramírez y Pacheco 2009; Raghavendra et al. 2006). Una alta capacidad de retención de agua está en valores de 10 a 12 g/g según Leterme et al, citado por Sánchez (2005).

1.1.6.2 Capacidad de hinchamiento.

Esta propiedad hace referencia a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua, en esta característica influye de la cantidad de los componentes polisacáridos, la porosidad, capilaridad, tamaño de partícula y tipo de estructura de las fibras que son específicas de cada compuesto (Femenia et al. 1997; Figuerola et al. 2005; Villarroel et al. 2003). La capacidad de hinchamiento es un factor determinante del contenido de agua en las heces y del aumento del peso de las mismas (Raghavendra et al. 2006; Redondo-Cuenca et al. 2008) reduciendo la presión colónica y el tiempo de tránsito intestinal (Dhingra et al. 2011).

En la industria panificadora la adición de fibra, soluciona problemas relacionados con la pérdida de volumen y humedad proporcionando mayor estabilidad durante la vida de

anaquel al favorecer la apariencia de fresca (Raghavendra y Rastogi 2004; Rupérez y Saura-Calixto 2000).

1.1.6.3 Capacidad de retención de grasa.

Esta propiedad mide la capacidad que tiene un residuo fibroso de atrapar la grasa en su superficie principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de retención de grasa que las solubles (Femenia et al. 1997; Sánchez 2005). Fisiológicamente retiene ácidos biliares, reduce la evacuación gástrica e incrementa la fermentación colónica (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010).

La capacidad de retención de grasa en la fibra dietaria está relacionada con la composición química, así como el tamaño y área superficial de las partículas de fibra (Ramírez y Pacheco 2009), una alta capacidad de retención de grasa imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos cocidos, mientras que una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (Grigeldo-Miguel et al. 1999; Raghavendra et al. 2006; Ramírez y Pacheco 2009).

1.2 Método para determinar fibra dietaria

Después de que Trowell y colaboradores intentaron desarrollar entre 1976 y 1981 un método de análisis que pudiera incluir a los constituyentes señalados en la definición; el método se basó en el empleo de enzimas, sin embargo debido a que las condiciones no fueron las adecuadas, los resultados no fueron exitosos (Mendoza 2007), por ello en 1979 Prosky reunió a un conjunto de investigadores para desarrollar un método que cuantificara a la FD de una forma coherente a esta definición, lo cual se logró en 1985 cuando el método enzimático gravimétrico fue validado y adoptado por la AOAC (AACC 2001).

En la actualidad, hay diversas formas de evaluar el contenido en fibra dietaria, pero la mayoría de ellas, a semejanza del método propuesto por Prosky, tienen como fundamento el empleo de enzimas para eliminar los azúcares libres, el almidón y las proteínas; una vez finalizada la hidrólisis enzimática la cuantificación se puede realizar

gravimétricamente o por cromatografía de gases. En algunos casos se cuantifican de manera independiente y las fracciones luego se suman (Sánchez 2005).

Los métodos enzimáticos gravimétricos cuantifican la fibra dietaria total incluido el almidón retrogrado RS3; usan la digestión enzimática secuencial (α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa) a temperaturas y pH óptimos; una vez medido el residuo gravimétricamente y se realiza la posterior corrección en su contenido de residuos de cenizas y proteínas (Guzmán 2008).

Las fracciones de lignina y los otros compuestos (fracciones proteínicas, compuestos fenólicos, ceras, saponinas, fitatos, cutina, fitosteroles, etc.) íntimamente "asociados" a los polisacáridos vegetales, suelen extraerse con los polisacáridos según el método AOAC 991.43 basado en Lee et al. 1992 y Prosky et al 1988 (FAO 1997).

En cuanto a la limitación del método, la remoción de almidón y proteína puede ser un problema en alimentos concentrados y procesados. La remoción incompleta de estas sustancias puede resultar sobreestimando la concentración de la fibra dietaria en la pared celular (Segura et al. 2007).

OBJETIVOS

2 OBJETIVO GENERAL

Generar conocimientos para el uso alternativo de los subproductos de la industria alimentaria.

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Valoración de los subproductos industriales de palmito (*Chamaerops humilis* var. *Bactris gasipaes*) como potenciales recursos de fibra dietaria mediante la cuantificación y caracterización de la fibra y evaluación de la propiedades funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

En la presente investigación se trabajó con las capas 2 y 3 (subproductos) del tallo de palmito (*Chamaerops humillis* var. *Bactris gasipaes*) cultivado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas a una altura aproximadamente de 655 mm, con una precipitación media anual de 3.150 mm.

Estos tallos fueron cosechados y trasladados hasta la fábrica Ecuavegetal S.A en el cantón Jujan de la provincia de Los Ríos, para su posterior procesado, el mismo que inicia con una fase de escaldado previo a la separación de la parte comestible.

3.2 Muestreo

El muestreo se realizó en la fábrica Ecuavegetal S.A, durante 6 horas consecutivas a los lotes de producción del 23 y 28 de febrero y 07 de marzo del 2010.

Las muestras fueron colocadas en fundas con sello hermético, y luego trasladadas en gavetas con hielo seco hasta el Laboratorio de Alimentos y almacenadas en congelación para su posterior análisis.

3.3 Preparación de la muestra

Las muestras fueron cortadas en cubos de 1 cm² de superficie, se secaron a 60 °C en una estufa de convección forzada COLE PARMER 52000-70 de fabricación americana durante 30 horas para la capa dos y 36 horas para la capa tres, tiempo de secado establecido en las pruebas preliminares para deshidratar hasta una humedad de aproximadamente 9%.

Para la molienda se utilizó un equipo BOULDER COLBRADO 3010-019, las partículas comprendidas en el rango de tamaño entre 220–640 µm fueron separadas mediante el

equipo RESTH AS200 y almacenados en bolsas plásticas con sello hermético, con el fin de evitar su hidratación.

3.4 Determinación de la composición proximal

En los subproductos frescos se cuantificó humedad y en los deshidratados: proteína, ceniza, grasa cruda y humedad, utilizando los métodos analíticos de la AOAC (Horwitz y Latimer, 2005). El extracto libre de nitrógeno fue calculado matemáticamente (Kuklinsk 2003).

3.4.1 Humedad.

Se utilizó el método gravimétrico de la AOAC 934.06 cuyo fundamento es la pérdida de peso debido a la evaporación de agua en una estufa de vacío a una temperatura de 70°C hasta que la muestra alcance un peso constante, los resultados fueron expresados como g/100g de muestra. (Ver ANEXO A.1).

3.4.2 Proteína.

Se cuantificó aplicando el método gravimétrico por Kjeldahl AOAC 920.152, a partir de la digestión de la muestra en ácido sulfúrico usando como catalizador las pastillas kjeldahl que convierte el nitrógeno en amoníaco, el cual es destilado y titulado. El porcentaje de nitrógeno obtenido se multiplica por el factor de conversión 6.25 para la cuantificación de proteína. (Ver ANEXO A.3).

3.4.3 Cenizas.

Consiste en la calcinación directa de la muestra, que produce la destrucción de la materia orgánica, dejando como residuos óxidos y sales minerales (método gravimétrico AOAC 942.05). (Ver ANEXO A.5).

3.4.4 Grasa cruda.

Este método (AOAC 920.39) se basa en la propiedad que tiene la grasa para solubilizarse en solventes orgánicos, la determinación se realizó mediante extracción con éter etílico generando el agotamiento de la muestra. (Ver ANEXO A.7).

3.4.5 Extracto libre de nitrógeno.

El valor de extracto libre de nitrógeno se calcula por diferencia entre el 100% y la suma de los valores de humedad, cenizas, grasa cruda y proteína obtenidos del análisis proximal (Kuklinsk 2003). (Ver ANEXO A.9).

3.5 Determinación de fibra dietaria

El contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble se determinó mediante el método enzimático-gravimétrico basado en los métodos de Lee et al. 1992 y Prosky et al 1988 (AOAC 991.43, AOAC 985.29, AACC 32-07y AACC 32-05) y siguiendo el protocolo de Megazyme. El método se fundamenta en “digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas. Se usa α -amilasa termo estable para hidrolizar y despolimerizar el almidón presente en la muestra, se incuba con proteasa a 60°C para solubilizar y despolimerizar las proteínas y con amiloglucosidasa a 60°C para hidrolizar fragmentos de almidón a glucosa. Las muestras se tratan con etanol para facilitar la precipitación de la fibra dietaria soluble y la remoción de la proteína despolimerizada y glucosa. La fibra dietaria es el peso del residuo filtrado y secado descontado del peso de cenizas y proteína”. (Megazyme 2005).

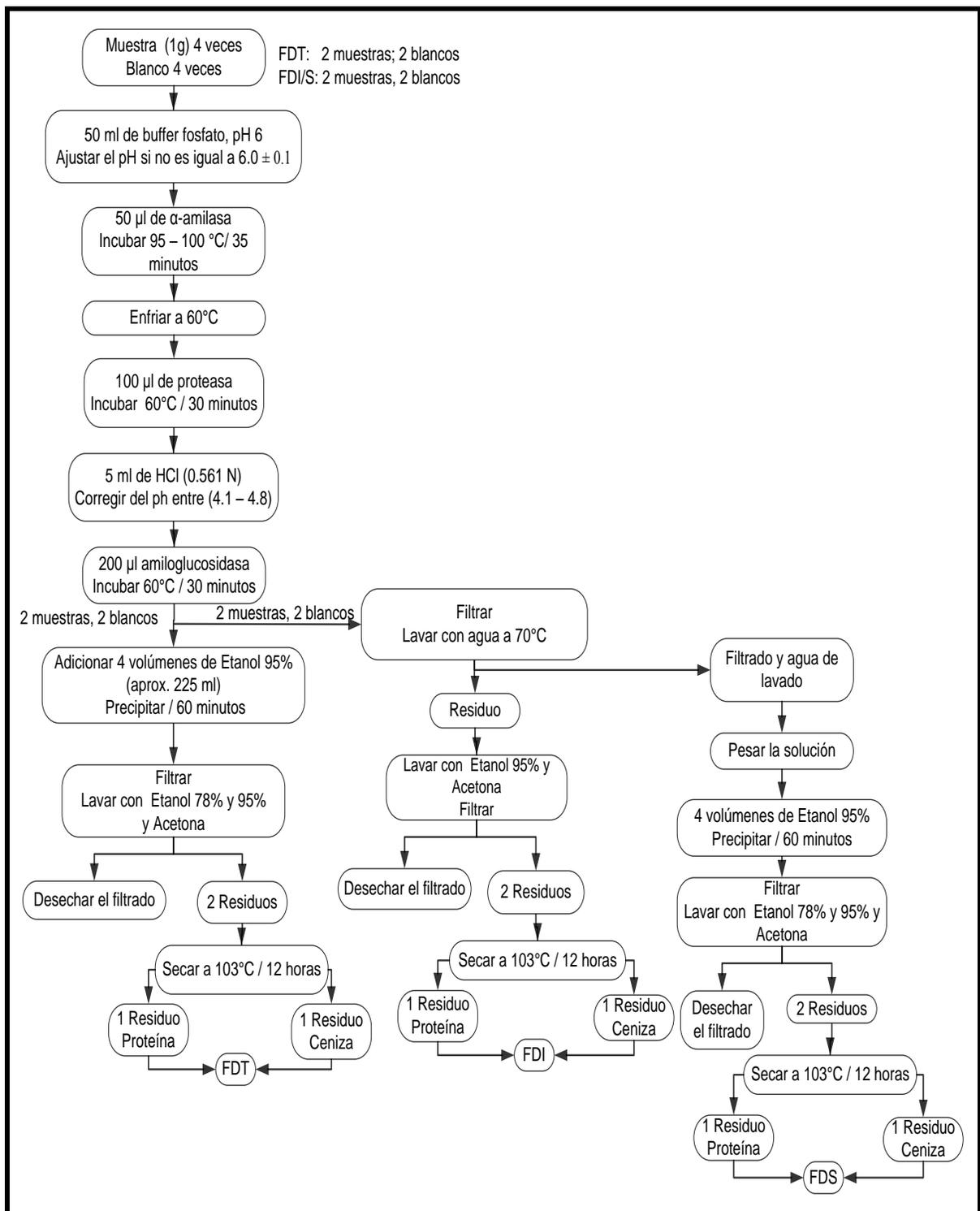


Figura 3. Determinación de fibra dietaria total, insoluble y soluble Fuente (Megazyme 2005).

3.5.1 Fibra dietaria total

- Pesar la muestra por duplicado (1.000 ± 0.005 g) en vasos de 600 mL (m1 cenizas, m2 proteína), incluir dos blancos.
- Colocar 50 ml de buffer fosfato pH 6.0 (se ajusta el pH a 6.0 ± 0.1 en caso que sea necesario con hidróxido de sodio o ácido clorhídrico).
- Cubrir los vasos con papel aluminio durante todo el proceso.
- Adicionar 50 μ L de α -amilasa termoestable, e incubar con agitación continua en baño maría a 95 °C durante 35 minutos.
- Usar 10 ml de agua destilada para remover la muestra adherida a las paredes del vaso.
- Comprobar que la temperatura final sea 60°C.
- Adicionar 100 μ L de proteasa e incubar en baño maría a 60 °C por 30 minutos.
- Agregar 5 mL de HCL 0,561 N. El pH debe estar entre 4.1 – 4.8; caso contrario corregir con soluciones al 5% de HCl ó NaOH.
- Adicionar 200 μ L de amiloglucosidasa e incubar en baño maría con agitación constante a 60°C por 30 minutos.

Nota: Las muestras de fibra dietaria insoluble y soluble siguen el procedimiento indicado en el numeral 3.5.2.

- En función del volumen contenido agregar cuatro volúmenes (aproximadamente 225 ml) de etanol al 95% precalentado a 60°C.
- Dejar precipitar durante 60 minutos.
- Filtrar y lavar dos veces con alícuotas de 15 ml de etanol al 78%, 95% y acetona.
- Desechar los filtrados.
- Secar los residuos en estufa de convección a 103 °C durante 12 horas y pesar (R1 cenizas y R2 proteína, BR1 blanco cenizas y BR2 blanco proteína).
- Determinar cenizas (A y BA) y proteína (p y Bp).

3.5.2 Fibra dietaria insoluble.

Seguir el mismo procedimiento detallado para fibra dietaria total, hasta la adición e incubación con amiloglucosidasa.

- Filtrar y lavar los residuos con dos alícuotas de 10 ml de agua destilada a 70°C, (conservar este filtrado para la determinación de fibra dietaria soluble).
- Lavar el residuo dos veces con alícuotas de 15 ml de etanol al 95% y 15 ml de acetona.
- Filtrar y desechar el filtrado.
- Secar los residuos en estufa de convección a 103 °C durante 12 horas y pesar (R1 cenizas y R2 proteína, BR1 blanco cenizas y BR2 blanco proteína).
- Determinar cenizas (A y BA) y proteína (p y Bp).

3.5.3 Fibra dietaria soluble.

- Tomar los filtrados obtenidos en el procedimiento de fibra dietaria insoluble.
- En función del contenido adicionar cuatro volúmenes de etanol al 95% previamente calentado a 60°C
- Dejar precipitarla fibra dietaria soluble durante 60 minutos.
- Filtar y lavar dos veces con alícuotas de 15 ml de etanol al 78%, 96% y acetona.
- Descartar los filtrados
- Secar los residuos en estufa de convección a 103 °C durante 12 horas y pesar (R1 cenizas y R2 proteína, BR1 blanco cenizas y BR2 blanco proteína).
- Determinar cenizas (A y BA) y proteína (p y Bp).

Para realizar el cálculo de la fibra dietaria total, soluble e insoluble se usó la siguiente fórmula: (Ver ANEXO B.1).

$$\mathbf{Fibra\ dietaria\ (\%)} = \frac{\frac{R1+R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1+m2}{2}} * 100$$

$$\mathbf{Blanco\ (B)} = \frac{BR1 + BR2}{2} - Bp - BA$$

3.6 Determinación de las propiedades tecno-funcionales

El método que se aplicó fue el descrito por Femenia et al. (1997), las propiedades de hidratación (capacidad de retención de agua y capacidad de hinchamiento) fueron medidas en presencia de buffer fosfato (1M; pH 6.3), para simular el pH y las condiciones de los alimentos.

3.6.1 Capacidad de retención de agua.

La muestra (2.5 g) fue colocada en tubos de centrifuga, y suspendida por 24 horas en 50 ml de buffer fosfato (1M, pH 6.3). Después de la centrifugación (3000 rpm por 15 minutos) y filtrado, el líquido sobrenadante se eliminó y se pesó el residuo (P1), secándose en estufa a 102 °C durante 12 horas, los residuos fueron enfriados y nuevamente pesados (P2). La capacidad de retención de agua fue expresada como g/g de muestra seca. (Ver ANEXO C.1).

$$\text{Capacidad de retención de agua} = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - k)}$$

$$k = a * (P1 - P2)$$

$$a = 0.028 \frac{\text{g sal fosfato}}{\text{ml}}$$

3.6.2 Capacidad de hinchamiento.

Aproximadamente 0.5 g de muestra (W_i muestra) fueron colocados en probetas de 10 ml, se adicionó 10 ml de buffer fosfato (1M; pH 6,3) agitando suavemente, luego de alcanzar un equilibrio (16 horas de reposo), se midió el volumen final ocupado por la muestra, expresando el resultado como ml/g de muestra seca. (Ver ANEXO C.4).

$$CH = \frac{(\text{Volumen final ocupado por la muestra})}{W_i \text{ muestra}}$$

3.6.3 Capacidad de retención de grasa.

5 g de muestra (P1) fueron colocados en tubos de centrifuga, se agregó 30 ml de aceite comercial de girasol, dejándose reposar por 12 horas. Luego de la centrifugación (3000

rpm durante 5 min), el sobrenadante fue decantado, filtrado y eliminado, y el residuo pesado (P2). La capacidad de retención de grasa fue expresada como los g aceite/ g muestra seca. (Ver ANEXO C.7).

$$CRG = \frac{(P2 - P1)}{P1}$$

3.7 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron expresados como media \pm desviación típica de tres repeticiones, los mismos que fueron analizados utilizando la herramienta de Excel con un análisis de varianza de un solo factor con $p < 0.05$. (Ver ANEXO D).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis químicos

4.1.1 Composición nutricional

La composición nutricional de los subproductos de palmito se visualiza en el Cuadro 2, no existiendo diferencia estadística ($p > 0.05$) entre las capas 2 y 3. En concordancia con lo aseverado por Sam y Vásquez (2002) y Salazar et al. (2006) se destaca su mayor contenido de proteína con respecto a la parte comestible del palmito 3.21g/100g (Ojeda 2004); a la cáscara de cacao (4.21 g/100g) (Martínez et al. 2012a), subproductos de piña (4.0 g/100g), guayaba (4.8 g/100g) (Martínez et al. 2012b); cáscara de mango (1.45 a 2.05 g/100g) (Ajila et al. 2007) y limón (1.08 g/100g) (Garau et al. 2007). El aporte de cenizas es más alto que el de la parte comestible del palmito (1.04 g/100g) (Ojeda 2004), e inferior al de cáscara de cacao (8.42 g/100g) (Martínez et al. 2012a), mango (4.2 g/100g), maracuyá (5.0 g/100g), piña (4.5 g/100g) (Martínez et al. 2012b) y granada (12.6 g/100g) (Viuda-Martos et al. 2012).

Cuadro 2. Composición nutricional

Subproducto	Proteína g/100g	Cenizas g/100g	Grasa g/100g	Extracto libre de nitrógeno g/100g	Humedad g/100g
Capa 2	5,54 ± 0,29 ^a	3,34 ± 0,24 ^a	1,30 ± 0,12 ^a	89,82 ± 0,53 ^a	9,51 ± 0,16 ^a
Capa 3	5,31 ± 0,40 ^a	3,48 ± 0,61 ^a	1,19 ± 0,07 ^a	90,01 ± 0,75 ^a	9,39 ± 0,16 ^a

Los valores de grasa fueron comparables a los de la parte comestible del palmito (0.82 g/100g) (Ojeda 2004); con los subproductos de maracuyá (0.8 g/100g), piña (1.3 g/100g) y guayaba (1.4 g/100g) (Martínez et al. 2012b), e inferiores a los de subproductos de mango (5,9 g/100g), granada (24.3 g/100g) (Viuda-Martos et al. 2012). Su bajo contenido de grasa le proporciona estabilidad frente a la oxidación (Martínez et al 2012a).

4.2 Fibra dietaria

El contenido de fibra dietaria total y fibra dietaria insoluble fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la capa 2 comparado con la capa 3 (Cuadro 3). En la fibra dietaria soluble no existió diferencia estadística ($p > 0.05$) entre las capas, sin embargo el contenido de fibra dietaria total varió significativamente esto podría deberse a la composición química es distinta aunque se trate de partes similares de la planta.

Cuadro 3. Contenido de fibra dietaria.

Subproducto	Fibra dietaria total (g/100g)	Fibra dietaria insoluble (g/100g)	Fibra dietaria soluble (g/100g)	Relación
Capa 2	49,94 ± 0,63 ^a	36,20 ± 1,13 ^a	11,95 ± 1,74 ^a	3,02 : 1
Capa 3	43,61 ± 0,20 ^b	33,16 ± 1,04 ^b	11,61 ± 3,26 ^a	2,86 : 1

Las capas dos y tres de palmito presentaron valores menores de fibra dietaria total frente a los subproductos de espárrago (77.5 g/100g) (Fuentes-Alventosa et al. 2009), maracuyá (81.5 g/100g), piña (75.8 g/100g), guayaba (69.1 g/100g), mango (70.0 g/100g) (Martínez et al. 2012b), pulpa agotada de manzana (63.27 g/100g), piel de limón (50.9 g/100g) y piel de naranja (64.3 g/100g) (Figuerola et al. 2005); fueron comparables con los subproductos de granada (50.3 g/100g) (Viuda-Martos et al. 2012) y cáscara de cacao (55.99 g/100g) (Martínez et al. 2012a).

Los valores de fibra dietaria insoluble en el palmito fueron menores comparados con los subproductos de espárrago (66.8 g/100g) (Fuentes-Alventosa et al. 2009), maracuyá (46.0 g/100g), piña (75.2 g/100g), mango (41.5 g/100g) y guayaba (57.7 g/100g) (Martínez et al. 2012b), piel de limón (50.9 g/100g), piel de naranja (54.0 g/100g), pulpa agotada de manzana (63.9 g/100g) (Figuerola et al. 2005), cáscara de cacao (53.11 g/100g) (Martínez et al. 2012a) pero mayores a los subproductos de granada (30.4 g/100g) Viuda-Martos et al. 2012).

La fibra dietaria soluble fue comparable con los subproductos de guayaba (11.1 g/100g) (Martínez et al. 2012b), pero mostró valores más bajos a los subproductos de granada (19.9 g/100g) (Viuda-Martos et al. 2012), maracuyá (35.5 g/100g), mango (28.2 g/100g) (Martínez et al. 2012b), pulpa agotada de manzana (14.33 g/100g) (Figuerola et al. 2005) y superiores a los subproductos de espárrago (10.7 g/100g) (Fuentes-Alventosa et al. 2009), piña (0.6 g/100g) (Martínez et al. 2012b), cáscara de cacao (2.88 g/100g) (Martínez et al. 2012a), piel de limón (9.20 g/100g) y piel de naranja (10.28 g/100g) (Figuerola et al. 2005).

Fuentes-Alventosa et al. (2009) establece una clasificación para los subproductos en función al contenido de fibra dietaria total, por tal razón los subproductos del palmito se ubicarían en el grupo de recursos con bajo contenido de fibra dietaria total (30 – 50%). Sin embargo estos subproductos contienen mayor cantidad que los alimentos usados tradicionalmente como fuentes alternativas de fibra dietaria (Gartzia 2008) como granos enteros de arroz (0.94 g/100g), salvado de arroz (27.04 g/100g) Abdul-Hamid y Luan., citado por Elleuch et al. (2010)

Se observó una buena relación entre las fracciones insoluble/soluble de las capas 2 y 3 de palmito. Estas fracciones de fibra son importantes en términos de beneficios en la salud, considerando que un buen balance es cuando el contenido de fibra insoluble es de 3:1 con relación a la fracción soluble, Schneeman., citado por Grigelmo-Miguel et al. (1999).

4.3 Propiedades tecno–funcionales

En las propiedades tecno-funcionales, no existió diferencia estadística ($p>0.05$) entre las capas como se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Propiedades tecno-funcionales de los subproductos de palmito.

Subproducto	Capacidad de retención de agua (g/g)	Capacidad de hinchamiento (mL/g)	Capacidad de retención de grasa (g/g)
Capa 2	4,10 ± 0,07 ^a	12,88 ± 0,54 ^a	0,61 ± 0,08 ^a
Capa 3	3,92 ± 0,48 ^a	13,29 ± 0,69 ^a	0,66 ± 0,07 ^a

La capacidad de retención de agua fue similar a lo reportado para cáscara de cacao (4.63 g/g a 220 - 640 μ m) (Martínez et al. 2012a), subproductos de granada (4.5 g/g a 417.00 μ m) (Viuda-Martos et al. 2012), coco (4.42 g/g a 390 μ m) (Raghavendra et al. 2006) e inferior a los subproductos de mango (6.4 g/g), maracuyá (13.5 g/g), piña (14.6 g/g) y guayaba (10.2 g/g) con tamaño de partícula de 220 - 640 μ m (Martínez et al. 2012a).

La capacidad de retención de agua de los subproductos de palmito fue baja y podría estar relacionada con el contenido de fibra soluble, como se observa en el caso de los subproductos de naranja que presentan mayor proporción de fibra dietaria soluble con respecto al contenido de fibra dietaria total (57.1%) y alta capacidad de retención de agua (12.4 g/g) (Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso 1997), afirmando la aseveración de Viuda-Martos et al. (2012) que en altos contenidos de fibra dietaria soluble existe mayor capacidad de retención de agua.

Los valores de capacidad de hinchamiento fueron superiores a la cáscara de cacao (3.68 – 5.70 mL/g a 220 - 640 μ m) (Martínez et al. 2012a), subproductos de maracuyá (7.2 mL/g), piña (6.6 mL/g) y guayaba (1.4 mL/g) con tamaño de partícula de 220 - 640 μ m (Martínez et al. 2012b) e inferiores a los subproductos de zanahoria (18mL/g a 123 μ m) (Chau et al., citado por Elleuch et al. 2010). Los subproductos estudiados mostraron una alta capacidad de hinchamiento, y podría deberse a la conformación misma de los subproductos de palmito al presentar características celulósicas que forman parte de la fracción insoluble siendo tres veces mayor que la soluble. Esta fracción posee mayor capacidad de hinchamiento según López et al. (1996) y Femenia et al. (1997), como se observa en el caso de los subproductos de coco en los cuales la fracción insoluble corresponde al 92.82% con respecto a la fibra dietaria total y tiene una capacidad de

hinchamiento de 18 mL/g (Raghavendra et al. 2006). Una alta capacidad de hinchamiento contribuye al mantenimiento del volumen, la frescura en productos de panificación (panes, bollería, tortas) durante el almacenamiento (Sánchez 2005).

La capacidad de retención de grasa de los subproductos de palmito se encuentra en el rango de frutas y vegetales (<2 g/g) (Femenia, Lefebvre et al. 1997). Presentó valores comparables con los subproductos de maracuyá (0.9 g/g), piña (0.7 g/g), guayaba (0.7 g/g) a 220 - 640 μm (Martínez et al. 2012b), e inferiores a la cáscara de cacao (1.18 g/g) (Martínez et al. 2012a, 220 - 640 μm), subproductos de coco (4.81 g/g a 390 μm) (Raghavendra et al. 2006), mango (1.6 g/g) (Martínez et al. 2012b a 220 - 640 μm), granada (4.9 g/g a 417 μm) (Viuda-Martos et al. 2012), uva (1.20 - 1.52 g/g), limón (1.30 – 1.48 g/g), naranja (1.81 g/g) a 500 - 600 μm (Figueroa et al. 2005). Esta propiedad potencializa su uso como ingrediente de productos fritos típicos como por ejemplo bolones, buñuelos, empanadas de yuca, de verde y adicionado en panes que están destinados a la elaboración de apanaduras reduciendo la retención de grasa y mejorando la apariencia (Peraza citado por Sánchez 2005).

En la Figura 4, se presenta una comparación de las propiedades tecno-funcionales de las capas 2 y 3 de palmito con otros subproductos.

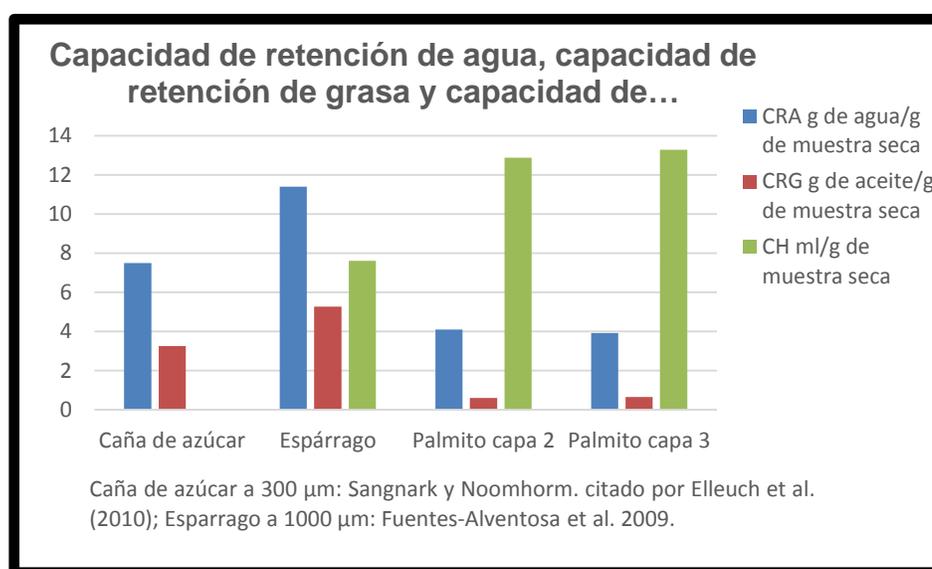


Figura 4. Comparación de las propiedades tecno-funcionales con otros subproductos.

Los resultados de esta investigación nos indican que los subproductos de palmito pueden considerarse como un ingrediente potencial en productos alimenticios aumentando el contenido de fibra dietaria y mejorando las propiedades tecnológicas del producto al que se adicione. Considerando que la adición de fibra a productos alimenticios es de gran importancia no solo por los efectos tecnológicos sino también porque contribuye en la salud mejorando el funcionamiento del sistema digestivo y previniendo enfermedades como el cáncer de colon, diverticulitis, diabetes entre otras (Raghavendra et al. 2006; Pérez-Hidalgo et al. 1997).

CONCLUSIONES

- Los subproductos de palmito tienen un contenido destacable de proteína, cenizas y bajo contenido de grasa con respecto a la parte comestible (corazón).
- Las capas dos y tres de palmito pueden ser consideradas como fuente moderada de fibra dietaria total con alto contenido de fibra dietaria insoluble y con buena relación fibra dietaria insoluble/soluble, Además poseen baja capacidad de retención de agua y capacidad de retención de grasa pero alta capacidad de hinchamiento; pudiendo ser añadidas en productos que requieren mantener o incrementar el volumen como el pan y en productos fritos para disminuir su apariencia grasosa.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2001. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46(3): 112-126.
- Ajila, CM; Bhaut, S.G y Prasada Rao, UJ 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indianmango varieties. *Food Chemistry* 102(1): 1006-1011
- Ajila, CM; Aalami, M; Leelavathi, K. et al. 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11(1): 219-224.
- Anderson, JW; Baird, P; Davis Jr, RH. et al. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* 67(4): 188-205.
- Araya, LH; Clavijo, RC y Herrera, C. 2006. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Santiago de Chile, Sociedad Latinoamericana de Nutrición. 56 N. 4.
- Ayala-Zavala, JF; Vega-Vega, V; Rosas-Domínguez, C. et al. 2011. Agroindustrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International* 44(7): 1866-1874.
- Babio, N; Balanza, R; Basulto, J. et al. 2010. Dietary fibre: influence on body weight, glycemic control and plasma cholesterol profile. *Nutrición hospitalaria* 25(3): 327-340.
- Badui, S. 2006. *Química de los alimentos*. 4ª Edición. Editorial Universidad Alambra. México DF.
- Bayas, A. 2010. "Utilización de residuo fibroso seco obtenido de la cáscara de palmito del pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK); en la elaboración de barras alimenticias

energéticas, (BAE), en la industria Agrícola Exportadora C.A INAEXPO". Carrera de Ingeniería en Alimentos. Ambato. Universidad tecnica de Ambato: 201.

Buenrostro-Figueroa, J; Garza-Toledo, H; Junquera, V. et al. 2010. Aprovechamiento de las cáscaras de mango como soporte para la producción de polisacaridasas. Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. México 2(3).

CICO. 2009. Perfiles del producto. Perfil del palmito. CORPEI (Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones). E exporta.: 46.

Champ, M; Langkilde, A-M; Brouns, F. et al. 2003. Advances in dietary fibre characterisation. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. Nutrition Research Reviews 16(1): 71-82.

Chandalia, M; Garg, A; Lutjohann, D. et al. 2000. Beneficial Effects of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. New England Journal of Medicine 342(19): 1392-1398.

Chau, CF y Huang, YL. 2004. Characterization of passion fruit seed fibres a potential fibre source. Food Chemistry 85: 189-194.

Chau, CF; Huang, YL y Lin, CY. 2004. Investigation of the cholesterol-lowering action of insoluble fibre derived from the peel of Citrus sinensis L. cv. Liucheng. Food Chemistry 87(1): 361-366.

Chau, CF; Wen, YL y Wang, YT. 2006. Improvement of the functionality of a potential fruit insoluble fibre by micron technology. International Journal of Food Science and Technology 41(9): 1054-1060.

DeVries, J.W; Prosky, I; Li, B et al. 1999. A historical perspective on defining dietary fiber. Cereal Foods World. American Association of Cereal Chemists, Inc. 0423(1): 367-369.

- Dhingra, D; Michael, M; Rajput, H. et al. 2011. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology* 2011(1): 1-12
- Djilas, S; Canadanovic-Brunet, J y Cetkovic, G. 2009. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 15(4): 191-202.
- Dreher, ML. 2001. Dietary Fiber Overview. *Handbook of Dietary Fiber*. New York, Marcel Dekker, Inc 4: 18.
- Elleuch, M; Bedigian, D; Roiseux, O. et al. 2010. Dietary fibre and fibre-rich byproducts of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry* 124(2): 411-421.
- Espírito, AP; Cartolano, S; Silva, T. et al. 2012. Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. *International Journal of Food Microbiology*. 154 (2012): 135–144.
- Falcón, M. R; Barrón, J. M; Romero A.L. et al. 2011. Adverse effect on the food protein quality of diets high in dietary fiber. *Revista Chilena de Nutrición*. 38(1): 369-375.
- FAO 1997. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Análisis de fibra dietaria. Apéndice II. Tema 3, 1997
- Femenia, A; Lefebvre, A; Thebaudin, J. et al. 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Food Science* 62 N. 4:(1): 635-639.
- Figuerola, F; Hurtado, M; Estevez, A. et al. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91(3): 395-401.

- Fuentes-Alventosa, JM; Rodríguez-Gutiérrez, G; Jaramillo-Carmona, S. et al. 2009. Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry* 113(5): 665-671.
- Garau, MC; Simal, S; Rosello, C. et al. 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(2007): 1014-1024.
- García, M. 2010. *Protocolos para la salud y el bienestar*. Cataluña. España. 31(1): 1-343.
- Gartzia, I. 2008. *Agrofibra: Desarrollo de ingredientes alimentarios a base de fibra dietética procedentes de residuos agroalimentarios*. AZTY Tecnalia. (1): 1-16.
- Goñi, I y Hervert-Hernández, D. 2011. Bioactivities and Impact on Health. By-Products from Plant Foods are Sources of Dietary Fibre and Antioxidants. *Phytochemicals*. I Rasooli, InTech: 95-116.
- Griguelmo-Miguel, N; Gorinstein, S y Martín-Belloso, O. (1999). Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65(1999). 175-181.
- Guillon, F y Champ, M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33 (2000): 233-245.
- Guzmán, CE. 2008. *Fibra Dietética*. U. d. Chile. Santiago de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 31.
- Horwitz, W. and G. W. Latimer (2005). *Official Methods of Analysis*. Maryland, AOAC International 7.

- Idrovo, D. 2009. Analisis de Mercado - Ecuador. Manos unidas - Progetto di reinserimento sociale degli adolescenti in situazione di rischio. ENGIM Asesorato ambiente cooperazione tra i popoli: 88.
- Itzel, G. 2003. Caracterizacion fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Manguifera indica L*) y su incorporación en galletas. Universidad tecnológica de la Mixteca. Oaxaca. Huajuapán de León. p1-50.
- Jones, R. W; Krull, L. H; Blessin, C. W. et al. 1979. Neutral Sugars of Hemicellulose Fractions of Pith from Stalks of Selected Plants. Cereal Chemistry 1979. 56(5). 441-442.
- Koubala, B; Kansci, G; Garnier, C; et al. 2011. Physicochemical properties of dietary fibres prepared from Ambarella (*Spondias cytherea*) and Mango (*Mangifera indica*) Peels. Food Bioprocess Technol. 15(2011): 1202-1207
- Kuklinsk, C. 2003. Nutrición y bromatología. Barcelona, España. 306. Ediciones Omega:410.
- Larrauri, JA. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. Trends in Food Science & Technology 10(1): 3-8.
- Lattimer, J y Haub, M. 2010. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. Nutrients. Department of human nutrition. Kansas State University. 127: 1-24.
- López, G; Ros, G; Rincón, F. et al. 1996. Relationship between Physical and Hydration Properties of Soluble and Insoluble Fiber of Artichoke. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 44(1): 2773-2778
- Martínez, R; Torres, P; Meneses, MA. et al. 2012a. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao L*) co-products. Food Research International. 49(2012): 39-45.

- Martínez, R; Torres, P; Meneses, MA. et al. 2012b. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate Food Chemistry.135(2012):1520-1526.
- Matos-Chamorro, A y Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. Revista investigación ciencia tecnología de alimentos, 1(2010): 6-7.
- Megazyme, 2005. Total dietary fiber assay procedure. Megazyme International Ireland Limited. K-TDFR. 12/05.
- Mendoza, N. 2007. Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor. Instituto de Agroindustrias. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León - Oaxaca.
- Mildner-Szkudlar, S; Zawirska-Wojtasiak, R; Szwengiel, A. et al. 2011. Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds insourdough mixed rye bread. International Journal of Food Science and Technology 46(7): 1485-1493.
- Molina, ME y Martín, AP. 2007. La fibra dietética procesada como alimento funcional. Offarm. Granada. 26 (1): 70-77.
- Mora, J y Gainza, J. 1995. Palmito de pejibaye, (*Bactris gasipaes Kunth*): Su cultivo e industrialización. p13-15.
- Núñez-Rikanki, G y Matos-Chamorro, A. 2011. Alimentary fiber and functional properties. (1): 1-9.
- Ojeda, HT. 2004. Evaluación de la eficiencia de la gallinaza sobre el ahijado y calidad comercial del tallo de palmito *Bactris gasipaes*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador.

- Pak, DN. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. Anales de la Universidad de Chile. VI serie 11: 3-7.
- Pérez-Hidalgo, M; Guerra-Hernández, E y García-Villanova, B. 1997. Determination of insoluble dietary fiber compounds: cellulose, hemicellulose and lignin in legumes. *Ars Pharmaceutica* 38(4): 357-364.
- Raghavendra, SN; Ramachandra, SR; Rastogi, NK. et al. 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering* 72(2006): 281-286.
- Raghavendra, SN; Rastogi, NK; Raghavarao, KSMS. et al. 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.
- Ramírez, A y Pacheco, E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*. 34(1): 293-298.
- Ramulu, P y Udayasekhara Rao, P. 2003. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 16(6): 677-685.
- Redondo-Cuenca, A; Villanueva-Suárez, M y Mateos-Aparicio, I. 2008. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods. *Food Chemistry* 108: 1099–1105.
- Redondo, L; Albert, TL; Anguera, A. et al. 2008. *Fibra Terapéutica*. Madrid Laboratorios Madaus S.A: p6.
- Robertson, J.A; de Monredon, F.D; Dysseleer, P; Guillon, F. et al. 2000. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 33, 72–79.

- Rodríguez, R; Jiménez, A, Fernández, J. et al. 2005. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Food Science & Technology*. 17(2006) 3-15.
- Romero, R. 2011. Propuesta para el mejoramiento de la línea de producción de conservas de corazones de palmito en una empresa agroindustrial. Ingeniería química y agroindustria. Quito, Escuela politécnica Nacional 124.
- Rupérez, P y Saura-Calixto, F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. *Eur Food Res Technol*. 212 :349–354
- Rustad, T; Storro, I y Slizyte, R. 2011. Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology* 46(10):2001-2014.
- Salazar, H; Ceballos, A; González, J. et al. 2006. Estudio comparativo del desarrollo fisiológico del palmito de chontaduro (*Bactris gasipaes* K) para dos sistemas de siembra en el cultivo de la granja Montelindo de la Universidad de Caldas y la evaluación de diferentes sistemas de almacenamiento. *Vector* 1(1): 69 - 78.
- Sam, G y Vásquez, O. 2002. Harina de los subproductos de *Bactris Gasipaes* HBK y su uso en panificación. *Revista Amazonica de Investigación N. (1)*: p.39 - 49.
- Sánchez, B. 2005. Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética del fruto del Níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la cáscara de Mango Obo (*Mangifera indica* L). Instituto de Agroindustrias. Huajapán de León. Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca: 72.
- Schädel, C; Blöchl, A; Ritcher, A. et al. 2010. Quantification and monosaccharide composition of hemicelluloses from different plant functional types. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(1): 1-8.
- Saura-Calixto, FD. 2003. Antioxidant Dietary Fibre. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2(1): 223-226.

- Saura-Calixto, F. 2010. Alimentos saludables y de diseño específico. Alimentos funcionales. España. p: 98-102
- Segura, F; Echeverri, R; Patiño, A et al. 2007. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. Vitae, Revista de la facultad de química farmacéutica. 14.
- Tosh, S y Yada, S. 2009. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. Food Research International 10(1): 1016.
- Verdú, JM y Gassull, MA. 2002. Nutrición y alimentación humana: Fibra alimentaria, Océano. Vol 2. 700p.
- Villarroel, M; Acevedo, C; Yáñez, E. et al. 2003. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53(1): 1-8.
- Viuda-Martos, M; Ruiz-Navajas, Y; Martín-Sánchez, A. et al. (2012). Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum L*) bagasses powder co-product. Journal of Food Engineering, 110(2012): 220-224.
- Zarzuelo, A y Gálvez, J. 2008. Fibra. "Alimentos funcionales" Aproximación a una nueva alimentación. Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Madrid, Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios 235.

ANEXOS

ANEXO A

DATOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN PROXIMAL

A.1 Humedad

Subproducto	Lote	Muestra	W cápsula (g)	Wi muestra (g)	W cápsula + Wf muestra (g)	Wf muestra (g)
Capa 2	1	1	29,8579	1,3304	31,0594	1,2015
		2	29,9607	1,3241	31,1639	1,2032
		3	29,9304	1,3537	31,1542	1,2238
	2	1	28,7742	1,2197	29,8794	1,1052
		2	31,2733	1,3635	32,5080	1,2347
		3	30,0341	1,2240	31,1410	1,1069
	3	1	51,0567	1,3355	52,2659	1,2092
		2	60,5232	1,5878	61,9597	1,4365
		3	29,9598	1,2814	31,1206	1,1608
Capa 3	1	1	30,0313	1,1817	31,1041	1,0728
		2	31,3518	1,4257	32,6475	1,2957
		3	28,6922	1,3496	29,9144	1,2222
	2	1	30,1814	1,4072	31,4545	1,2731
		2	29,8149	1,4858	31,1609	1,3460
		3	30,1100	1,3664	31,3487	1,2387
	3	1	29,9598	1,2813	31,1202	1,1605
		2	29,1849	1,3485	30,4040	1,2191
		3	29,7214	1,4874	31,0661	1,3447

W: peso; Wi: peso muestra inicial; Wf: peso muestra final

Ejemplo de cálculo de humedad de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$\text{Humedad} = \frac{(W_i \text{ muestra} - W_f \text{ muestra})}{W_i \text{ muestra}} * 100$$

$$\text{Humedad} = \frac{(1,3304 \text{ g} - 1,2015 \text{ g})}{1,3304 \text{ g}} * 100 = 9,69\text{g}/100\text{g}$$

A.2 Resultados de humedad

Subproducto	Lote	Muestra	Humedad (g/100g)
Capa 2	1	1	9,69
		2	9,13
		3	9,6
	2	1	9,39
		2	9,45
		3	9,57
	3	1	9,46
		2	9,53
		3	9,41
Capa 3	1	1	9,22
		2	9,12
		3	9,44
	2	1	9,53
		2	9,41
		3	9,35
	3	1	9,43
		2	9,59
		3	9,59

A.3 Proteína

Subproducto	Muestra	Wi muestra (g)	Volumen (HCl) (ml)	Normalidad (HCl)	Viraje (NaOH) (ml)	Normalidad (NaOH)
Capa 2	1	1,5001	30	0,1013	20,5	0,1092
	2	1,5003	30	0,1013	21,3	0,1092
	3	1,5133	30	0,1013	20,7	0,1092
Capa 3	1	1,5402	30	0,1013	20,5	0,1092
	2	1,5400	30	0,1013	20,8	0,1092
	3	1,5701	30	0,1013	21,5	0,1092
Blanco					0,9	
Wi: muestra inicial; V(HCl): Volumen de ácido clorhídrico para destilar; N(HCl) normalidad real del ácido clorhídrico; N (NaOH) normalidad real del hidróxido de sodio						

Ejemplo de cálculo de proteína de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$\text{Proteína} = \frac{((VHCl * NHCl) - ((VNaOH - VNaOH \text{ blanco}) * NNaOH)) * 1.4007}{W_i \text{ muestra}} * 6.25$$

$$\text{Proteína} = \frac{((30 * 0,1013) - ((20,5 - 0,9) * 0,1092)) * 1.4007}{1,5001} * 6.25$$

Proteína = 5,24 g/100g

A.4 Resultados de proteína

Subproducto	Muestra	Humedad (g/100g)	Proteína (g/100g)	Proteína (g/100g BS)
Capa 2	1	9,69	5,24	5,80
	2	9,39	4,73	5,22
	3	9,46	5,07	5,60
Capa 3	1	9,22	5,11	5,63
	2	9,53	4,92	5,44
	3	9,43	4,40	4,86

A.5 Cenizas

Subproducto	Muestra	W crisol (g)	Wi muestra (g)	W crisol + Wf cenizas (g)	W cenizas (g)
Capa 2	1	12,2813	5,0756	12,4281	0,1468
	2	15,0444	5,3211	15,1989	0,1545
	3	15,6500	5,0191	15,8143	0,1643
Capa 3	1	9,0221	5,0055	9,1624	0,1403
	2	12,3423	5,0351	12,5327	0,1904
	3	12,3334	5,3215	12,4866	0,1532

W: peso; Wi: peso muestra inicial; Wf: peso muestra final

Ejemplo de cálculo de cenizas de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$\text{Cenizas} = \frac{W \text{ cenizas}}{W_i \text{ muestra}} * 100$$

$$\text{Cenizas} = \frac{0,1468 \text{ g}}{5,0756 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Cenizas} = 2,89 \text{ g/100g}$$

A.6 Resultados de cenizas

Subproducto	Lote	Humedad (g/100g)	Cenizas (g/100g)	Cenizas (g/100g BS)
Capa 2	1	9,69	2,89	3,20
	2	9,39	2,90	3,20
	3	9,46	3,27	3,61
Capa 3	1	9,22	2,80	3,08
	2	9,53	3,78	4,18
	3	9,43	2,88	3,18

A.7 Grasa cruda

Subproducto	Muestra	Wi muestra (g)	W balón (g)	W balón + W grasa (g)	W grasa (g)
Capa 2	1	2,0082	64,3770	64,4004	0,0234
	2	2,0020	60,5553	60,5768	0,0215
	3	2,0067	66,3745	66,4004	0,0259
Capa 3	1	2,0007	61,5901	61,6108	0,0207
	2	2,0045	65,0732	65,0946	0,0214
	3	2,0063	61,5232	61,5462	0,0230

W: peso; Wi: peso muestra inicial.

A.8 Resultados de grasa cruda

Subproducto	Muestra	Humedad (g/100g)	Grasa cruda (g/100g)	Grasa cruda (g/100g BS)
Capa 2	1	9,69	1,17	1,30
	2	9,39	1,07	1,18
	3	9,46	1,29	1,42
Capa 3	1	9,22	1,03	1,13
	2	9,53	1,07	1,18
	3	9,43	1,15	1,27

Ejemplo de cálculo de grasa cruda de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$\text{Grasa cruda} = \frac{W \text{ grasa}}{W_i \text{ muestra}} * 100$$

$$\text{Grasa cruda} = \frac{0,0234 \text{ g}}{2,0082 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Grasa cruda} = 1,17 \text{ g/100g}$$

A.9 Extracto libre de nitrógeno

Subproducto	Muestra	Humedad g/100g	Cenizas g/100g	Grasa g/100g	Proteína g/100g
Capa 2	1	9,69	2,89	1,17	5,24
	2	9,39	2,90	1,07	4,73
	3	9,46	3,27	1,29	5,07
Capa 3	1	9,22	2,80	1,03	5,11
	2	9,53	3,78	1,07	4,92
	3	9,43	2,88	1,15	4,40

Ejemplo de cálculo de extracto libre de nitrógeno (ELN) de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$\text{ELN} = 100 - (\text{humedad g/100g} + \text{cenizas g/100g} + \text{grasa cruda g/100g} + \text{proteína g/100g})$$

$$\text{ELN} = 100 - (9.69\text{g}/100\text{g} + 2.89 \text{ g}/100\text{g} + 1.17 \text{ g}/100\text{g} + 5.24\text{g}/100\text{g})$$

$$\text{ELN} = 81.01 \text{ g}/100\text{g}$$

A.10 Resultados de extracto libre de nitrógeno

Subproducto	Muestra	Humedad (g/100g)	Extracto libre de nitrógeno (g/100g)	Extracto libre de nitrógeno (g/100g BS)
Capa 2	1	9,69	81,01	89,70
	2	9,39	81,91	90,40
	3	9,46	80,91	89,36
Capa 3	1	9,22	81,84	90,15
	2	9,53	80,70	89,20
	3	9,43	82,14	90,69

ANEXO B

CALCULO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA TOTA, INSOLUBLE Y SOLUBLE

B.1 Ejemplo de cálculo de fibra dietaria total, insoluble y soluble de la capa 2, lote 1, muestra 1.

- **Fibra dietaria Total**

Residuo de cenizas (R1)

$$R1 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$R1 = (14.2286g - 0.8634g - 12.3976g)$$

$$R1 = 0.9676 g$$

$$R_{\text{incinerado}} = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo incinerado}}) - W_{\text{crisol vacío}})$$

$$R_{\text{incinerado}} = (12.5362g - 12.3976g)$$

$$R_{\text{incinerado}} = 0,1386g$$

$$\text{Ceniza} = \frac{R_{\text{incinerado}}}{R1}$$

$$\text{Ceniza} = \frac{0.1386}{0.9676} = 0.143241 g$$

Gramos de cenizas (A)

0.143241g de ceniza	_____	1 g de residuo
X	_____	0.9676g de residuo

$$A = 0,1386 \text{ gramos de ceniza en R1}$$

Residuo de proteína (R2)

$$R2 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$R2 = (10.7322g - 0.8499g - 9.3942g)$$

$$R2 = 0.4881 g$$

Gramos de proteína (p)

$$\text{Proteína} = \frac{((V_{HCl} * NHCl) - ((V_{NaOH} - V_{NaOH \text{ blanco}}) * N_{NaOH})) * 0.014007}{R2} * 6.25$$

$$\text{Proteína} = \frac{(40 * 0.1001) - ((5.3 - 0.25) * 0.1025) * 0.014007}{0.4881g} * 6.25 = 0.6253029$$

$$\begin{array}{r} 0.6253029g \text{ de proteína} \quad \text{_____} \quad 1 \text{ g de residuo} \\ \quad \quad \quad \times \quad \quad \quad \text{_____} \quad 0.4881 \text{ g de residuo} \end{array}$$

p = 0,3052 g de proteína en R2

Residuo de cenizas del blanco (BR1)

$$BR1 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$BR1 = (20.9971 - 0.8300 - 20.1515)$$

$$\mathbf{BR1 = 0.0156 g}$$

$$R_{\text{incinerado}} = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo incinerado}}) - W_{\text{crisol vacío}})$$

$$R_{\text{incinerado}} = (20.1625 - 20.1515g)$$

$$R_{\text{incinerado}} = 0,0110g$$

$$\text{Ceniza} = \frac{R_{\text{incinerado}}}{R1}$$

$$\text{Ceniza} = \frac{0.0110g}{0.0156g} = 0.705128 g$$

Gramos de ceniza en el blanco (BA)

$$0.705128g \text{ ceniza} \quad \text{_____} \quad 1 \text{ g de residuo del blanco}$$

$$\quad \quad \quad \times \quad \quad \quad \text{_____} \quad 0.0156g \text{ de residuo del blanco}$$

BA = 0,0110 gramos de ceniza del blanco (BR1)

Residuo de proteína del blanco (BR2)

$$BR2 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$BR2 = 30.4655g - 0.8005g - 29.3049g$$

$$\mathbf{BR2 = 0.3601 g}$$

- **Fibra dietaria insoluble**

Residuo de cenizas (R1)

$$R1 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$R1 = (10,5018g - 0,8794g - 8,8386g)$$

$$R1 = 0,7838g$$

Gramos de cenizas (A)

$$R_{\text{incinerado}} = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo incinerado}}) - W_{\text{crisol vacío}})$$

$$R_{\text{incinerado}} = (8,8865g - 8,8386g)$$

$$R_{\text{incinerado}} = 0,0479g$$

$$\text{Ceniza} = \frac{R_{\text{incinerado}}}{R1}$$

$$\text{Ceniza} = \frac{0,0479g}{0,7838g} = 0,061113g$$

0.061113 g de ceniza		1g de residuo
X		0.7838 g de residuo

A = 0,04790 gramos de ceniza

Residuo de proteína (R2)

$$R2 = ((W_{\text{crisol}} + W_{\text{papel filtro}} + W_{\text{residuo seco}}) - W_{\text{papel filtro}} - W_{\text{crisol}})$$

$$R2 = (11,3201g - 0,8631g - 10,1143g)$$

$$R2 = 0,3427g$$

Gramos de proteína (p)

$$\text{Proteína} = \frac{((V_{\text{HCl}} * N_{\text{HCl}}) - ((V_{\text{NaOH}} - V_{\text{NaOH blanco}}) * N_{\text{NaOH}})) * 0,014007}{R2} * 6,25$$

$$\text{Proteína} = \frac{(40 * 0,1001) - ((4,7 - 0,25) * 0,1025) * 0,014007}{0,3427} * 6,25 = 0,9063154$$

0.9063154 g de proteína _____ 1 g de residuo
 X _____ 0,3427 g de residuo

p = 0,3106 gramos de proteína en R2

Residuo de cenizas del blanco (BR1)

$$BR1 = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo seco}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ crisol})$$

$$BR1 = (10.1207g - 0.8589g - 8.7623g)$$

$$BR1 = 0.4955g$$

Gramos de ceniza del blanco (BA)

$$R \text{ incinerado} = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo incinerado}) - W \text{ crisol vacío})$$

$$R \text{ incinerado} = (8.9984g - 8.7623g)$$

$$R \text{ incinerado} = 0,2361g$$

$$Ceniza = \frac{R \text{ incinerado}}{R1}$$

$$Ceniza = \frac{0.2361g}{0.4995g} = 0.476488$$

0.476488 g de ceniza _____ 1 g de residuo del blanco
 X _____ 0.4995 de residuo del blanco

BA = 0,2361 gramos de ceniza del blanco en BR1

Residuo de proteína del blanco (BR2)

$$BR2 = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo seco}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ crisol})$$

$$BR2 = (32.2183g - 0.8167g - 31,9886g)$$

$$BR2 = 0.4130g$$

Gramos de proteína del blanco (Bp)

$$\text{Proteína} = \frac{(\text{Blanco (VHCl * NHCl)} - (\text{VNaOH * NNaOH})) * 0.014007}{BR2} * 6.25$$

$$\text{Proteína} = \frac{(40 * 0.1001) - ((1.1 - 0.26) * 0.1025) * 0.014007}{0.4130g} * 6.25 = 0.8304786$$

0.8304786 g de proteína _____ 1 g de residuo del blanco
X _____ 0,4130 g de residuo del blanco

Bp = 0,3430 gramos de proteína del blanco

Blanco (B)

$$B = \frac{BR1 + BR2}{2} - Bp - BA$$

$$B = \frac{0,4995g + 0,4130g}{2} - 0,3430 - 0,2361$$

$$B = -0.12285g$$

$$FDI = \frac{\frac{R1+R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1+m2}{2}} * 100$$

$$FDI = \frac{\frac{0,7838+0,3427}{2} - 0,3106 - 0,04790 - (-0.12285)}{\frac{1,0033+1,0033}{2}} * 100$$

$$FDI = 32.65 \text{ g/100g}$$

- **Fibra dietaria soluble**

Residuo de cenizas (R1)

$$R1 = ((W_{crisol} + W_{papel\ filtro} + W_{residuo\ seco}) - W_{papel\ filtro} - W_{crisol})$$

$$R1 = (17.8412g - 0.8154g - 16.6010g)$$

$$R1 = 0.4248g$$

Gramos de cenizas (A)

$$R_{incinerado} = ((W_{crisol} + W_{papel\ filtro} + W_{residuo\ incinerado}) - W_{crisol\ vacio})$$

$$R_{incinerado} = (16.6572g - 16.6010g)$$

$$R_{incinerado} = 0,0562g$$

$$Ceniza = \frac{R_{incinerado}}{R1}$$

$$Ceniza = \frac{0.0562g}{0.4248g} = 0.1323 g$$

0,1323 g de ceniza	_____	1 g de residuo
X	_____	0.4248g de residuo

A = 0,0562 gramos de ceniza

Residuo de proteína (R2)

$$R2 = ((W_{crisol} + W_{papel\ filtro} + W_{residuo\ seco}) - W_{papel\ filtro} - W_{crisol})$$

$$R2 = (10.5135g - 0.8646g - 9.3018g)$$

$$R2 = 0.3471g$$

Gramos de proteína (p)

$$Proteína = \frac{((V_{HCl} * N_{HCl}) - ((V_{NaOH} - V_{NaOH\ blanco}) * N_{NaOH})) * 0.014007}{R2} * 6.25$$

$$Proteína = \frac{(41 * 0.1001) - ((4.5 - 0.25) * 0.1025) * 0.014007}{0.3471} * 6.25 = 0.9252969$$

$$\begin{array}{r}
 0.9252969 \text{ g de proteína} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ g de residuo} \\
 \times \hspace{10em} \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,3471 \text{ g de residuo} \\
 \hline
 \mathbf{p = 0,3212 \text{ g de proteína en R2}}
 \end{array}$$

Residuo de cenizas del blanco (BR1)

$$BR1 = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo seco}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ crisol})$$

$$BR1 = (10.4952g - 0.8300g - 9.4780g)$$

$$\mathbf{BR1 = 0.1872g}$$

Gramos de ceniza del blanco (BA)

$$R \text{ incinerado} = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo incinerado}) - W \text{ crisol vacío})$$

$$R \text{ incinerado} = (9.5151g - 9.4780g)$$

$$R \text{ incinerado} = 0,0371g$$

$$Ceniza = \frac{R \text{ incinerado}}{R1}$$

$$Ceniza = \frac{(0.0371g)}{0.1872g} = \mathbf{0.19818}$$

$$\begin{array}{r}
 0.19818g \text{ ceniza} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ g de residuo del blanco} \\
 \times \hspace{10em} \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.1872 \text{ de residuo del blanco} \\
 \hline
 \mathbf{BA = 0.0371 \text{ gramos de ceniza del blanco (BR1)}}
 \end{array}$$

Residuo de proteína del blanco (BR2)

$$BR2 = ((W \text{ crisol} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo seco}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ crisol})$$

$$BR2 = (10.4923g - 0.8100g - 9.3202g)$$

$$\mathbf{BR2 = 0.3621g}$$

B.2 Resultados de fibra dietaria total, insoluble y soluble

Subproducto	Lote	Muestra	Humedad g/100g	Fibra Dietaria			Fibra Detaria g/100g (BS)		
				Total	Insoluble	Soluble	Total	Insoluble	Soluble
Capa 2	1	1	9,69	45,06	32,65	11,45	49,90	36,16	12,68
		2	9,13	44,60	32,55	11,26	49,08	35,82	12,40
		3	9,60	46,92	31,41	13,71	51,90	34,75	15,16
	2	1	9,39	43,40	33,71	8,32	47,90	37,21	9,18
		2	9,45	45,64	36,59	7,46	50,41	40,41	8,24
		3	9,57	44,64	31,56	11,41	49,36	34,90	12,62
	3	1	9,46	45,95	33,16	10,12	50,75	36,63	11,18
		2	9,53	46,29	32,59	11,63	51,17	36,02	12,85
		3	9,41	44,43	30,69	12,01	49,04	33,87	13,26
Capa 3	1	1	9,22	41,47	29,11	11,56	45,68	32,06	12,73
		2	9,12	39,67	29,95	8,32	43,65	32,96	9,16
		3	9,44	38,21	28,00	9,84	42,20	30,91	10,86
	2	1	9,53	40,69	31,88	8,23	44,98	35,24	9,10
		2	9,41	38,17	29,77	7,60	42,14	32,87	8,39
		3	9,35	39,29	30,57	7,91	43,34	33,73	8,72
	3	1	9,43	40,41	29,99	10,10	44,62	33,11	11,15
		2	9,59	38,45	29,70	7,17	42,53	32,85	7,93
		3	9,59	39,15	31,40	7,33	43,31	34,74	8,11

ANEXO C
**DATOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES TECNO-
 FUNCIONALES**

C.1 Capacidad de retención de agua

Subproducto	Lote	Muestra	W tubo (g)	Wi muestra (g)	W papel filtro (g)	W tubo + papel filtro + residuo húmedo (g)	W residuo húmedo P1 (g)	W tubo + papel filtro + residuo seco (g)	W residuo seco P2 (g)	k
Capa 2	1	1	42,2431	2,5013	0,8567	69,9241	26,8243	48,6423	5,5425	0,5959
		2	40,3618	2,5502	0,8332	66,0024	24,8074	47,7328	6,5378	0,5115
		3	42,0009	2,4598	0,8632	65,3095	22,4454	47,7929	4,9288	0,4905
	2	1	42,3435	2,5023	0,8339	60,1133	16,9359	47,0987	3,9213	0,3644
		2	40,4663	2,5198	0,8532	62,0684	20,7489	45,9767	4,6572	0,4506
		3	39,5603	2,4874	0,8583	59,5575	19,1389	44,8394	4,4208	0,4121
	3	1	41,8967	2,5430	0,8695	64,4114	21,6452	47,5636	4,7974	0,4717
		2	42,2556	2,4873	0,8516	66,3909	23,2837	48,3676	5,2604	0,5047
		3	42,2334	2,4298	0,8418	65,1224	22,0472	48,6446	5,5694	0,4614
Capa 3	1	1	39,4357	2,3876	0,8593	57,1112	16,8162	43,5896	3,2946	0,3786
		2	42,3435	2,4564	0,8345	55,8862	12,7082	45,7886	2,6106	0,2827
		3	40,1734	2,4638	0,8455	64,1484	23,1295	46,8974	5,8785	0,4830
	2	1	42,1876	2,4387	0,8431	66,1654	23,1347	48,9239	5,8932	0,4828
		2	40,2063	2,5230	0,8578	67,4372	26,3731	47,6532	6,5891	0,5540
		3	43,4573	2,5493	0,8454	67,8729	23,5702	49,7480	5,4453	0,5075
	3	1	39,9890	2,4532	0,8674	68,4319	27,5755	47,9484	7,0920	0,5735
		2	42,1873	2,5023	0,8641	69,8343	26,7829	49,3467	6,2953	0,5737
		3	41,8647	2,5003	0,8564	59,6259	16,9048	47,2448	4,5237	0,3467

W: peso; Wi: peso muestra inicial

C.2 Ejemplo de cálculo de capacidad de retención de agua de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$P1 = ((W \text{ tubo} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo húmedo}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ tubo})$$

$$P1 = (69,9241g - 0,8567g - 42,2431g) = \mathbf{26,8243g}$$

$$P2 = ((W \text{ tubo} + W \text{ papel filtro} + W \text{ residuo seco}) - W \text{ papel filtro} - W \text{ tubo})$$

$$P2 = (48,6423g - 0,8567g - 42,2431g) = \mathbf{5,5425g}$$

$$k = a * (P1 - P2)$$

$$a = 0.028g/ml$$

$$k = 28 * 10^{-3}g/ml * (26,8243g - 5,5425g) = 0,5959$$

$$CRA = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - k)} = \frac{(26,8243g - 5,5425g)}{(5,5425g - 0,5959g/ml)} = 4,30g/g$$

$$CRA.BS = \frac{(100 * 4,30g/g)}{(100 - 9,69g/100g)} = 4,76g/g$$

C.3 Resultados de capacidad de retención de agua

Subproducto	Lote	Muestra	Humedad (g/100g)	CRA (g/g de muestra seca)	CRA (g/100g BS)
Capa 2	1	1	9,69	4,30	4,76
		2	9,13	3,03	3,34
		3	9,60	3,95	4,37
	2	1	9,39	3,66	4,04
		2	9,45	3,83	4,22
		3	9,57	3,67	4,06
	3	1	9,46	3,89	4,30
		2	9,53	3,79	4,19
		3	9,41	3,23	3,56
Capa 3	1	1	9,22	4,64	5,11
		2	9,12	4,34	4,77
		3	9,44	3,20	3,53
	2	1	9,53	3,19	3,52
		2	9,41	3,28	3,62
		3	9,35	3,67	4,05
	3	1	9,43	3,14	3,47
		2	9,59	3,58	3,96
		3	9,59	2,96	3,28

C.4 Capacidad de hinchamiento

Subproducto	Lote	Muestra	Wi muestra (g)	Volumen final ocupado por la muestra hidratada Vf (ml)
Capa 2	1	1	0,5045	6,1
		2	0,5020	6,3
		3	0,5162	6,2
	2	1	0,5042	5,9
		2	0,5020	5,8
		3	0,5240	5,9
	3	1	0,5051	6,0
		2	0,5240	5,6
		3	0,5160	5,8
Capa 3	1	1	0,5661	6,3
		2	0,5999	6,5
		3	0,5242	6,4
	2	1	0,5035	6,4
		2	0,5001	5,9
		3	0,5056	6,0
	3	1	0,5029	6,2
		2	0,5088	6,5
		3	0,5213	6,6
Wi: peso muestra inicial				

C.5 Ejemplo de cálculo de capacidad de hinchamiento de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$CH = \frac{\text{Volumen final ocupado por la muestra}}{\text{Wi muestra}}$$

$$CH = \frac{6,1 \text{ ml}}{0,5045 \text{ g}} = 12,09 \text{ ml/g}$$

$$CH.BS = \frac{(100 * 12,09 \text{ ml/g})}{(100 - 9,69 \text{ g}/100 \text{ g})} = 12,09 \text{ ml}/100 \text{ g}$$

C.6 Resultados de capacidad de hinchamiento

Subproducto	Lote	Muestra	Humedad (g/100g)	CH (ml/g de muestra seca)	CH (ml/100g BS)
Capa 2	1	1	9,69	12,09	13,39
		2	9,13	12,55	13,81
		3	9,60	12,01	13,29
	2	1	9,39	11,70	12,91
		2	9,45	11,55	12,76
		3	9,57	11,26	12,45
	3	1	9,46	11,88	13,12
		2	9,53	10,69	11,82
		3	9,41	11,24	12,41
Capa 3	1	1	9,22	11,13	12,26
		2	9,12	10,84	11,93
		3	9,44	12,21	13,48
	2	1	9,53	12,71	14,05
		2	9,41	11,80	13,03
		3	9,35	11,87	13,09
	3	1	9,43	12,33	13,61
		2	9,59	12,78	14,14
		3	9,59	12,66	14,00

C.7 Capacidad de retención de grasa

Subproducto	Lote	Muestra	W tubo (g)	Wi muestra P1 (g)	W del tubo + muestra + aceite (g)	Wf muestra + aceite retenido P2 (g)
Capa 2	1	1	40,2284	5,0006	48,2290	8,0006
		2	42,1477	5,0068	49,1545	7,0068
		3	42,1458	5,0071	49,1529	7,0071
	2	1	40,4879	5,0084	48,4963	8,0084
		2	42,1348	5,0383	50,1731	8,0383
		3	39,4922	5,0041	47,4963	8,0041
	3	1	39,2327	5,0374	48,2701	9,0374
		2	41,9011	5,1247	49,0258	7,1247
		3	42,0637	5,0253	50,0890	8,0253
Capa 3	1	1	41,9166	5,0236	49,9402	8,0236
		2	42,2373	5,0217	49,2590	7,0217
		3	40,2999	5,0036	48,3035	8,0036
	2	1	39,3768	4,9952	48,3720	8,9952
		2	40,2686	5,0161	48,2845	8,0159
		3	39,5847	5,0056	47,5903	8,0056
	3	1	40,4243	5,0489	48,4732	8,0489
		2	42,0694	5,0054	50,0748	8,0054
		3	40,2493	5,0112	48,2605	8,0112

W: peso; Wi: peso inicial; Wf: peso final

C.8 Ejemplo de cálculo de capacidad de retención de grasa de la capa 2, lote 1, muestra 1.

$$P2 = ((W \text{ tubo} + W \text{ muestra} + \text{aceite}) - Wi \text{ muestra})$$

$$P2 = (48,2290g - 5,0006g) = 8,0006g$$

$$CRG = \frac{P2 - P1}{P1} = \frac{8,0006g - 5,0006g}{5,0006g} = 0,59 \text{ g/g}$$

$$CRG.BS = \frac{(100 * 8,006g/g)}{(100 - 9,69g/100g)} = 0,6643 \text{ g/g}$$

C.9 Resultados de capacidad de retención de grasa

Subproducto	Lote	Muestra	Humedad (g/100g)	CRG (g/g de muestra seca)	CRG (g/100g BS)
Capa 2	1	1	9,69	0,5999	0,6643
		2	9,13	0,3995	0,4396
		3	9,60	0,3994	0,4418
	2	1	9,39	0,5990	0,6611
		2	9,45	0,5954	0,6575
		3	9,57	0,5995	0,6629
	3	1	9,46	0,7941	0,8771
		2	9,53	0,3903	0,4314
		3	9,41	0,5970	0,6590
Capa 3	1	1	9,22	0,5972	0,6579
		2	9,12	0,3983	0,4383
		3	9,44	0,5996	0,6621
	2	1	9,53	0,8008	0,8852
		2	9,41	0,5980	0,6601
		3	9,35	0,5993	0,6611
	3	1	9,43	0,5942	0,6561
		2	9,59	0,5994	0,6630
		3	9,59	0,5987	0,6622

ANEXO D

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

D.1 Humedad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	28,54	9,513333333	0,02463333	0,156950098
Columna 2	3	28,18	9,393333333	0,02503333	0,158219257

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0216	1	0,0216	0,86979866	0,403807008	7,708647422
Dentro de los grupos	0,099333333	4	0,024833333			
Total	0,120933333	5				

D.2 Proteína

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	16,62	5,54	0,0868	0,294618397
Columna 2	3	15,93	5,31	0,1609	0,401123422

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,07935	1	0,07935	0,640694388	0,468302644	7,708647422
Dentro de los grupos	0,4954	4	0,12385			
Total	0,57475	5				

D.3 Cenizas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	10,01	3,336666667	0,0560333	0,23671361
Columna 2	3	10,44	3,48	0,37	0,608276253

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,030816667	1	0,030816667	0,1446679	0,723019082	7,708647422
Dentro de los grupos	0,852066667	4	0,213016667			
Total	0,882883333	5				

D.4 Grasa cruda

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	3,9	1,3	0,0144	0,12
Columna 2	3	3,58	1,193333333	0,00503333	0,070945989

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,017066667	1	0,017066667	1,75643225	0,255700704	7,708647422
Dentro de los grupos	0,038866667	4	0,009716667			
Total	0,055933333	5				

D.5 Extracto libre de Nitrógeno

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	269,46	89,82	0,2812	0,530282943
Columna 2	3	270,04	90,01333333	0,56903333	0,754342981

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,056066667	1	0,056066667	0,13188536	0,734863247	7,708647422
Dentro de los grupos	1,700466667	4	0,425116667			
Total	1,756533333	5				

D.6 Fibra dietaria total

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	149,83	49,94333333	0,39263333	0,626604607
Columna 2	3	130,82	43,60666667	0,04083333	0,202072594

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	60,23001667	1	60,23001667	277,899185	7,58629E-05	7,708647422
Dentro de los grupos	0,866933333	4	0,216733333			
Total	61,09695	5				

D.7 Fibra dietaria insoluble

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	108,59	36,19666667	1,27523333	1,129262296
Columna 2	3	99,49	33,16333333	1,08443333	1,041361289

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13,80166667	1	13,80166667	11,6979799	0,026774499	7,708647422
Dentro de los grupos	4,719333333	4	1,179833333			
Total	18,521	5				

D.8 Fibra dietaria soluble

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	35,86	11,95333333	3,04343333	1,744543875
Columna 2	3	34,82	11,60666667	10,6577333	3,264618405

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,180266667	1	0,180266667	0,02631406	0,879000319	7,708647422
Dentro de los grupos	27,40233333	4	6,850583333			
Total	27,5826	5				

D.9 Capacidad de retención de agua

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	12,29	4,096666667	0,00503333	0,070945989
Columna 2	3	11,77	3,923333333	0,23053333	0,480138869

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,045066667	1	0,045066667	0,38262346	0,569687677	7,708647422
Dentro de los grupos	0,471133333	4	0,117783333			
Total	0,5162	5				

D.10 Capacidad de hinchamiento

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	38,65	12,88333333	0,29293333	0,54123316
Columna 2	3	39,87	13,29	0,4699	0,685492524

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,248066667	1	0,248066667	0,65038235	0,465191877	7,708647422
Dentro de los grupos	1,525666667	4	0,381416667			
Total	1,773733333	5				

D.11 Capacidad de retención de grasa

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación típica
Columna 1	3	1,8315	0,6105	0,00681709	0,082565671
Columna 2	3	1,982	0,660666667	0,00558014	0,074700357

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,003775042	1	0,003775042	0,60901357	0,478759505	7,708647422
Dentro de los grupos	0,024794467	4	0,006198617			
Total	0,028569508	5				