

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA.
INSTITUTO DE AGROINDUSTRIAS.

**Caracterización Físicoquímica y Funcional de la Fibra Dietética del
Fruto del Níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la Cáscara de
Mango Obo (*Mangifera indica* L).**

TESIS

Que para obtener el grado de
INGENIERO EN ALIMENTOS

Presenta:

Balbina Seniorina Sánchez Guzmán.

Director de tesis:

M. C. Jesús Godofredo López Luna.

Huajuapán de León Oax., Junio de 2005.

Este trabajo se realizó en las instalaciones de los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Alimentos (Laboratorio de Química, Laboratorio de Ciencias Químico Biológicas y Taller de Procesamiento de Alimentos) de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en el Centro de Diagnóstico Ambiental del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca y en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.

DEDICATORIAS.

A Dios por concederme la vida y acompañar mi sendero con sus ángeles.

A mis padres Julián y Juana Balbina, y a mis hermanos, Pedro, Patricio, Justo, Jesús y Martín, por ser mi apoyo y fortaleza.

AGRADECIMIENTOS.

Al M. C. Jesús G. López Luna por su apoyo, confianza y amistad, por guiarme en este proyecto y ser ejemplo de entrega y dedicación.

A la Dra. Elia Nora Aquino Bolaños y a la I. Q. Judith Ruiz Luna por su valiosa colaboración en este proyecto.

Al Dr. David Betancur Ancona por compartirme experiencias y conocimientos, de igual manera agradezco el apoyo de la Q. I. Cecilia Pérez Navarrete.

A los Institutos de Agroindustrias e Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, al Centro de Diagnóstico Ambiental del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca y a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, por facilitarme tanto material como reactivos, equipos y espacio para la realización de este trabajo.

A la Universidad Tecnológica de la Mixteca y a todo su personal, por haberme formado profesional y humanamente en un ambiente de calidad.

Al T. A. José Félix Rascón Castro y a la Q. B. P. Rita Velásquez Juárez por apoyarme tanto en mis prácticas como en la realización de esta tesis.

A la señora Marcela Cruz Hernández y familia, del municipio de Valerio Trujano, Cuicatlán; por su hospitalidad y amistad.

A Alejandra, Eliane, Kena y Reynolds, y a quienes me han apoyado brindándome conocimientos, consejos, amistad, cariño y amor.

De manera muy especial agradezco el apoyo, comprensión y amor de mi familia.
¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL.

Índice general.	v
Lista de Cuadros.	viii
Lista de figuras.	ix
Lista de abreviaturas.	x
Resumen.	xi
I. Introducción.	1
II. Antecedentes.	2
II.1. Generalidades.	2
II.1.a. Níspero.	2
II.1.b. Mango.	3
II.2. Fibra dietética.	5
II.2.a. Definición y constituyentes.	5
II.2.b. Clasificación.	7
II.2.c. Fuentes.	9
II.3. Caracterización fisicoquímica y funcional.	12
II.3.a. Color.	13
II.3.b. Tamaño de partícula.	13
II.3.c. Capacidad de retención de agua.	14
II.3.d. Capacidad de retención de aceite.	14
II.3.e. Capacidad de hinchamiento.	14
II.3.f. Capacidad de adsorción y absorción de agua.	15
II.3.g. Actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión.	15
III. Objetivos.	16
III.1. Objetivo general.	16
III.2. Objetivos particulares.	16
IV. Metodología.	17
IV.1. Obtención de materia prima.	17
IV.1.a. Nísperos.	17
IV.1.b. Cáscaras de Mango Obo.	17

IV.2. Secado.	17
IV.3. Caracterización fisicoquímica.	17
IV.3.a. Color.	17
IV.3.b. Tamaño de partícula.	18
IV.3.c. Composición proximal.	18
IV.4. Fracciones de fibra dietética.	19
IV.4.a. Fibra dietética total.	19
IV.4.b. Fibra dietética insoluble.	20
IV.4.c. Fibra dietética soluble.	20
IV.5. Caracterización funcional.	21
IV.5.a. Capacidad de retención de agua.	21
IV.5.b. Capacidad de retención de aceite.	21
IV.5.c. Capacidad de hinchamiento.	22
IV.5.d. Capacidad de adsorción de agua.	22
IV.5.e. Capacidad de absorción de agua.	22
IV.5.f. Actividad emulsificante.	24
IV.5.g. Estabilidad de la emulsión.	24
IV.6. Análisis estadístico.	24
V. Resultados y Discusión.	25
V.1. Níspero.	25
V.1.1. Secado.	25
V.1.2. Caracterización fisicoquímica.	26
V.1.2.a. Análisis de color.	26
V.1.2.b. Tamaño de partícula.	27
V.1.2.c. Composición proximal.	29
V.1.3. Fracciones de fibra dietética.	31
V.1.4. Propiedades funcionales.	34
V.1.4.a. Capacidad de Retención de Agua y aceite.	34
V.1.4.b. Capacidad de Hinchamiento, Capacidad de Adsorción de agua y Capacidad de Absorción de agua.	36
V.1.4.c. Actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión.	38

V.2. Cáscara de Mango Obo.	39
V.2.1. Secado.	39
V.2.2. Caracterización fisicoquímica.	40
V.2.2.a. Análisis de color.	40
V.2.2.b. Tamaño de partícula.	41
V.2.2.c. Composición proximal.	43
V.2.3. Fracciones de fibra dietética.	45
V.2.4. Propiedades funcionales.	48
V.2.4.a. Capacidad de Retención de Agua y aceite.	48
V.2.4.b. Capacidad de Hinchamiento, Capacidad de Adsorción y Capacidad de Absorción de agua.	50
V.2.4.c. Actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión.	52
VI. Conclusiones.	54
VII. Recomendaciones.	56
VIII. Bibliografía.	57

LISTA DE CUADROS.

1.	Constituyentes y clasificación de la fibra dietética.	8
2.	Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos del fruto del níspero y salvado de trigo.	27
3.	Composición proximal (% b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	29
4.	Capacidad de retención de agua (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	34
5.	Capacidad de retención de aceite (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	35
6.	Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CA _d) y Capacidad de Absorción de agua (CA _b) (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	36
7.	Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE) (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	38
8.	Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo, cáscara de Mango Criollo y salvado de trigo.	40
9.	Composición proximal (% b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	43
10.	Contenido de FDT de la cáscara de Mango Obo en comparación con otras fuentes.	46
11.	Capacidad de retención de agua (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	49
12.	Capacidad de retención de aceite (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	50
13.	Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CA _d) y Capacidad de Absorción de agua (CA _b) (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	51
14.	Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE) (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	53

LISTA DE FIGURAS.

1.	Níspero japonés.	2
2.	Mango Obo.	4
3.	Curva de pérdida de peso (%) de los frutos del níspero.	25
4.	Distribución del tamaño de partícula (% en peso) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	28
5.	Contenido de Fibra Dietética Total (FDT), Soluble (FDS) e Insoluble (FDI) (% b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.	32
6.	Relación FDS:FDI en los residuos fibrosos del fruto del níspero.	33
7.	Curva de pérdida de peso de la cáscara de Mango Obo.	39
8.	Distribución del tamaño de partícula (% en peso) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	42
9.	Contenido de Fibra Dietética Total (FDT), Soluble (FDS) e Insoluble (FDI) (% b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	46
10.	Relación FDS:FDI en los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.	47

LISTA DE ABREVIATURAS.

AE	Actividad Emulsificante	a*	Coordenada CIELAB (rojo-verde)
C*	Cromaticidad	b*	Coordenada CIELAB (amarillo-azul)
°C	Grados Celsius	b. s.	Base seca
CAb	Capacidad de Absorción de agua	cm	Centímetro
CAd	Capacidad de Adsorción de agua	g	Gramos
CRA	Capacidad de Retención de Agua	g	Gravedades
CRA	Capacidad de Retención de aceite	h	Horas
CH	Capacidad de Hinchamiento	<i>h</i>	Tono
EE	Estabilidad de la Emulsión	kg	Kilogramos
ELN	Extracto Libre de Nitrógeno	µm	Micrómetros
FD	Fibra Dietética	mg	Miligramos
FDI	Fibra Dietética Insoluble	mL	Militros
FDS	Fibra Dietética Soluble	mm	Milímetros
FDT	Fibra Dietética Total	min	Minutos
Ha	Hectáreas	pH	Potencial de hidrógeno
L	Litro	p/v	Relación peso/volumen
<i>L</i>	Luminosidad	rpm	Revoluciones por minuto
N	Normalidad	v/v	Relación volumen/volumen
NR	No reportado		
Tons	Toneladas		

RESUMEN.

La Fibra Dietética (FD) ha llamado la atención de los investigadores, por los efectos fisiológicos asociados a su ingesta, como son el tratamiento del estreñimiento y prevención de cáncer de colon. Los cereales fueron considerados las fuentes de fibra por excelencia, sin embargo, se requiere de cierto balance para que el efecto fisiológico se vea reflejado, siendo las frutas y verduras quienes aportan fibra con mejores balances. En este trabajo se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y funcionales del fruto del níspero y la cáscara de Mango Obo como fuentes alternas de FD.

El color se ubicó entre el amarillo y el rojo, el tamaño de partícula fue menor a 500 μm , la cáscara de Mango Obo presentó 49.2% de partículas de tamaño mayor a 425 μm . La composición proximal de los residuos fibrosos estudiados fue la siguiente, 5.79% de humedad, 3.93% de cenizas, 7.16% de proteína cruda, 2.31% de grasa cruda, 4.69% de fibra cruda y 76.14% de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) para los nísperos, y 7.79% de humedad, 4.90% de cenizas, 6.79% de proteína cruda, 2.84% de grasa cruda, 16.36% de fibra cruda y 61.3% de ELN en la cáscara de Mango Obo. Los contenidos de Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI), determinados por el método de Prosky (1988) fueron 17.15%, 5.09% y 12.06% para los nísperos y 40.04%, 12.57% y 27.47% para la cáscara de Mango Obo; siendo ambas buenas fuentes de FD, pues su balance FDS:FDI se ubicó en 30:70 y 31:69 para cada uno. En cuanto a las propiedades de hidratación, se observó baja Capacidad de Retención de Agua ($\text{CRA} < 6 \text{ g agua/g}$) y de aceite ($\text{CRA} < 1.5 \text{ g aceite/g}$) en ambos materiales. La Capacidad de Adsorción de agua (CA_d) (85.85 y 63.79% para el níspero y cáscara de Mango Obo respectivamente) indicó que los productos de los nísperos requerirán envases con buena barrera a la humedad. La Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE) de la cáscara de Mango Obo (6.43% y 55.55%) y del níspero (2.14 y 33.33%) limita su empleo en productos que requieran la formación de emulsiones, pudiéndose aplicar en la industria de la panificación, de los cárnicos, de las conservas y en la elaboración de productos con bajo contenido calórico y alimentos funcionales comercializados como prebióticos.

I. INTRODUCCIÓN.

Oaxaca es un estado rico en diversidad de frutos de los cuales la mayoría no son explotados adecuadamente; un 75% de la producción de nísperos se pierde, aportando nulos beneficios a las comunidades donde se cultiva; también algunas variedades de mango existentes en el estado son menospreciadas para su comercialización como fruta fresca por su tamaño y fibrosidad, por lo que es necesario evaluar posibilidades de empleo, dándoles un aprovechamiento integral sin limitarse a su comercio como fruta fresca. Una de las posibilidades es emplearlos como fuente de Fibra Dietética (FD) alterna a la de los cereales, principalmente al salvado de trigo, que ha sido el típico ingrediente en alimentos enriquecidos con este componente, pero que al estudiar sus propiedades, se han encontrado deficiencias en cuanto al balance entre la fracción soluble e insoluble, predominando esta última, por lo que se ha recurrido al empleo de FD proveniente de otras fuentes, entre ellas, leguminosas, frutas y verduras; en ellas el balance mejora, llegando a considerarse buenas fuentes, pues se sabe que en términos de beneficio a la salud, un contenido de fibra soluble de 30% a 50% y de insoluble de 70 a 50% se considera bueno (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999), y las frutas y verduras cumplen con este requisito.

En el presente trabajo se realizó la caracterización tanto fisicoquímica como funcional de nísperos y cáscara de Mango Obo como fuente de FD. El conocimiento de sus propiedades es de utilidad a quienes se encuentren involucrados en el procesamiento de alimentos y nutrición, pudiéndose formular alimentos especiales dirigidos a personas con problemas de sobrepeso, con niveles altos de glucosa y/o colesterol, con cáncer de colon, o bien, complementos y suplementos alimenticios. La caracterización funcional toma importancia al formular alimentos, proporcionando una noción del posible comportamiento durante el proceso y del papel que desempeñe la fibra en el sistema alimenticio. La FD se puede aplicar en productos de panadería, en bebidas y en la industria de los cárnicos, por citar algunos ejemplos. Con el empleo de los nísperos y de la cáscara de Mango Obo como fuentes de fibra se impulsaría el aprovechamiento de frutos con bajo nivel de explotación.

II. ANTECEDENTES.

II.1. Generalidades.

II.1.a. Níspero.

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica*) pertenece a la familia de las *Rosáceas* (Fig.1) dentro de la subfamilia de las *Pomoideas*; se desarrolla en climas templado-semifrío y templado-cálido (Hueso y Alonso, 2002). Se trata de un arbusto perennifolio de cuatro a seis metros de altura, con copa redondeada, densa y con corteza gris fisurada; sus hojas son alternas, oblongo-elípticas cortamente pecioladas y con margen dentado (Granada.org, 2003). Las flores blancas se encuentran agrupadas en panículas terminales en número elevado, sin embargo no todas fructifican (ECN., 2003).



Figura 1. Níspero japonés

El fruto es un pomo globoso, piriforme, elíptico-oval y oblongo, con cáscara delgada densamente pubescente y color que va de amarillo pálido a anaranjado intenso; su pulpa es firme, jugosa y de sabor dulce-ácido.

Se trata de un producto altamente perecedero y delicado, pues se oxida rápidamente y es susceptible a daños por rozadura, incluso en el corte; es por eso que se le considera un fruto exótico que se consume en fresco, siendo altamente comercializado en China (López, 1998).

El níspero se emplea en la medicina tradicional japonesa en el tratamiento de bronquitis crónica, tos, fiebre y úlceras; y se le aprecia por la actividad anticancerígena de algunos componentes de sus hojas (Ito *et al.*, 2002).

Oaxaca suma en total una superficie plantada de nísperos de aproximadamente 70 hectáreas, de la cual se obtienen en promedio 250 toneladas, sin embargo sólo se cosecha y comercializa el 25% de la producción, el resto se pierde en la misma zona de cultivo al no ser cosechada (SAGARPA_OAX, 2002).

II.1.b. Mango.

El mango (*Mangifera indica* L) pertenece al Orden *Sapindales* y es el miembro más importante de las *Anacardiáceas* o familia del marañón (Fig. 2); se desarrolla en climas cálidos de tipo tropical (temperatura media anual de 22 °C o mayor); posee una altura entre 10 y 40 metros; copa en forma de domo y raíces profundas; sus hojas son alternas, simples, coriáceas, de forma oblonga elíptica o lanceolada y espaciadas irregularmente a lo largo de las ramas.

La inflorescencia es una panícula terminal donde se encuentran flores tanto masculinas como hermafroditas de 6 mm de diámetro cuando se encuentran abiertas; el fruto es una drupa cuya dimensión y peso va de 2.5 a 30 cm de largo y de 0.3 a 1.5 kg, según la variedad; su forma varía de redondeada a ovoide-oblonga, algunas veces comprimido lateralmente; su color es amarillo, rojo o verde en varias tonalidades; la semilla es grande y aplanada, adherida a la pulpa según su fibrosidad (INEGI, 1998).



Figura 2. Mango Obo.

Oaxaca ocupa el quinto lugar en volumen de producción y cuarto en superficie cultivada a nivel nacional. En la década de los 90's la producción del estado era inconstante, en 1994 alcanzó su punto más alto (208,000 Tons), descendiendo más del 30% al año siguiente (161,000 Tons). A partir de 1998 se le ha dado un mayor apoyo a los productores, integrándolos en el Consejo Estatal de Mango, organismo que promueve la tecnificación del manejo; sin embargo el apoyo directo es a las variedades del grupo indostano (SEDAF, 2003) como son Keitt, Tommy Atkins, Irwin, Haden, Oro y Zill por citar algunas (NOM – 129 – SCFI – 1998). De las ocho regiones geoeconómicas de Oaxaca, seis son productoras de mango, de ellas la Cañada y la Costa comparten el tercer lugar en producción con 10% cada una, con un rendimiento de 6.0 Tons/Ha (SEDIC-OAX, 1999), que corresponde aproximadamente a las dos terceras partes del rendimiento nacional (9.14 Tons/Ha) (SIAP, 2002). A pesar de que en la región de la Cañada existen variedades comerciales, predominan el mango piña, obo y criollo, que tienen un bajo nivel de explotación al no poseer un mercado fijo ni buen precio; una forma de volver atractivas estas variedades es mediante su procesamiento, aprovechando integralmente los frutos (pulpa, cáscara y hojas), de manera tal que se pueda obtener un ingreso extra al comercializar productos procesados y no únicamente la fruta fresca.

El mango tiene variadas aplicaciones; el fruto maduro se consume en fresco o se emplea en la elaboración de purés, concentrados, deshidratados, almíbares, mermeladas y fruta congelada, entre otros; en Latinoamérica se consume el fruto semimaduro como botana (con sal y chile). Las hojas son un excelente alimento para los rumiantes dado su contenido en proteínas (8-9%) y calcio; tanto de la corteza como de las hojas se obtiene un colorante amarillo empleado para teñir telas. En Asia la semilla se consume como verdura cuando el fruto aún no madura, así también, de las semillas pueden extraerse compuestos con propiedades antimicrobianas. Las cáscaras pueden emplearse como forraje para cerdos y como fertilizantes, (Augstburger *et al.*, 2000 y Toshihide *et al.*, 2000). Recientemente se ha investigado el posible uso de las cáscaras de mango como fuente de fibra dietética (García, 2003).

II.2. Fibra Dietética (FD).

II.2.a. Definición y constituyentes.

Desde que en 1953 Hipsley, citado por Peraza (2000), empleó por vez primera el término Fibra Dietética (FD), se han suscitado varios problemas para definirla adecuadamente. Al igual que ocurre con la mayoría de los conceptos relacionados con el análisis y composición de los alimentos, el término FD tiene su origen en la metodología empleada en su cuantificación. Desde el siglo XIX hasta 1970 prevaleció el término “fibra bruta o fibra cruda” (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001), que hace referencia al residuo libre de cenizas que queda tras el tratamiento con ácidos y lejías de la muestra de un producto vegetal (Matissek *et al.*, 1998), encontrándose constituida principalmente de celulosa, lignina y hemicelulosa (Kirk *et al.*, 2002), representando la parte indigestible y de valor nutricional nulo de un alimento; este residuo contiene cantidades considerables de proteína vegetal, perdiéndose en cambio parte de la lignina, la cual se gelatiniza o disuelve en el proceso (Hart y Fisher, 1991).

Al obtenerse indicios de que en realidad la parte indigestible era mayor que la cuantificada como fibra cruda, se empleó el término “fibra detergente”; con este proceso se incluyen menos sustancias nitrogenadas (Cho *et al.*, 1997), cuantificándose de mejor

manera celulosa, lignina, cutina y cenizas ricas en silicio (Cruz, 2002). Los valores de la fibra detergente se emplean hasta la actualidad en la alimentación animal, ya que para ellos su ingesta representa un aporte de energía; en cuanto a la alimentación humana no son totalmente válidos al no guardar buena correlación con los carbohidratos solubles no digestibles, es decir, se cuantifica la fibra insoluble, no así la soluble (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

Entre 1972 y 1976, Trowell y un conjunto de investigadores definieron la FD haciendo referencia tanto a los constituyentes de las paredes celulares como a su característica de ser resistente a las enzimas digestivas humanas, al tiempo que incluyeron en la definición a los polisacáridos resistentes a la digestión, como gomas, celulosa modificada, mucílagos, oligosacáridos y pectinas (DeVries *et al.*, 1999).

Después de que Trowell y colaboradores ampliaron el concepto de FD, Asp 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 (DeVries *et al.*, 1999). Hacia 1979 Prosky convocó a un conjunto de investigadores para desarrollar un método que cuantificara a la FD de una forma que se apegara a esta definición, lo cual se logró hasta 1985 cuando el método enzimático gravimétrico fue validado y adoptado por la AOAC (AACC, 2001).

Alrededor de 1992 se propuso una definición con base en su naturaleza química y en los beneficios a la salud que su ingesta provee. En la reunión anual de la *American Association of Cereal Chemists* (AACC) de 1999, se definió como el remanente de la parte comestible de las plantas y carbohidratos análogos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con completa o parcial fermentación en el intestino grueso; encontrándose dicho residuo constituido por polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas que pueden presentar algún efecto laxante, disminución del colesterol sanguíneo y/o atenuación de la glucosa en sangre (AACC, 2001). En el mismo año, la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) la definió como la parte

remanente comestible de las células vegetales, polisacáridos, lignina y sustancias asociadas resistentes a las enzimas digestivas humanas. Esta definición incluye macro constituyentes de los alimentos como celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, celulosa modificada, mucílagos, oligosacáridos, pectinas y sustancias minoritarias como ceras, cutina y suberina (DeVries *et al.*, 1999).

En la actualidad hay diversas formas de evaluar el contenido en fibra dietética, 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 (Monro, 1993) o por cromatografía de gases (Richard *et al.*, 1985). En algunos casos se cuantifica de manera independiente cada constituyente y finalmente las cantidades se suman (Marlett y Vollendorf, 1994).

Archibald y Kays (2000) reportaron el estudio de Fibra Dietética Total (FDT) contenida en cereales por un método instrumental basado en las propiedades espectroscópicas de sus componentes, método que no requiere la preparación de la muestra y que ahorra una gran cantidad de tiempo y reactivos. Kays y Barton (2002) reportaron el haber logrado cuantificar la Fibra Dietética Soluble (FDS) e Insoluble (FDI) por éste mismo método, y aunque los resultados se obtienen más rápido, se trata de una metodología en desarrollo.

II.2.b. Clasificación.

Los componentes de la FD pueden clasificarse con base a su solubilidad en agua en solubles e insolubles (Cuadro 1). Sus propiedades y efectos fisiológicos están determinados principalmente por las proporciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen (López y Marcos, 1999).

Cuadro 1. Constituyentes y clasificación de la fibra dietética.

Constituyentes.		Clasificación.	
		FDS ^a	FDI ^b
<i>Polisacáridos no-almidonosos y Oligosacáridos resistentes</i> ¹	Celulosa ²		X
	Hemicelulosa ³		
	Arabinoxilanos	X	X
	Arabinogalactanos	X	X
	Polifruktuosas ²		
	Inulina	X	
	Oligofruktanos	X	
	Galacto-oligosacáridos ³	X	
	Gomas ²	X	
Mucílagos ²	X		
Pectinas ²	X		
<i>Carbohidratos análogos</i> ¹	Dextrinas indigestibles ³		
	Maltodextrinas resistentes (de maíz y otras fuentes)		X
	Dextrinas resistentes de papa		X
	Compuestos sintetizados de los carbohidratos ³		
	Polidextrosa		X
	Metilcelulosa		X
Hidroxiopilmetilcelulosa		X	
Almidón resistente ²		X	
<i>Sustancias asociadas al complejo de polisacáridos no-almidonosos y lignina.</i> ¹	Ceras ³		X
	Fitatos ³	X	
	Cutina ³		X
	Saponinas ³	X	
	Suberina ²		X
	Taninos ²		X

³Cho *et al.*, 1997; ²Badui, 1999 y ¹AACC, 2001.

^aFDS=Fibra Dietética Soluble, ^bFDI=Fibra Dietética Insoluble.

La Fibra Dietética Soluble (FDS) puede formar geles viscosos en el tracto intestinal retardando la evacuación gástrica, generando una mayor sensación de saciedad y haciendo más eficientes la digestión y absorción de alimentos. La Fibra Dietética Insoluble (FDI) aumenta el volumen de las heces hasta 20 veces su peso debido a su capacidad de retención de agua, y se le relaciona con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos como estreñimiento y constipación (Zambrano *et al.*, 1998). Ambos tipos de fibra tienen capacidad de ligar moléculas de agua y algunos cationes, dando lugar a la formación de una red matricial en la cual la microflora del colon puede actuar, utilizando como sustrato principal a la FDS (fermentación colónica); esto permite el mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana y las células epiteliales (Manrique y Lajolo, 2001) al producir ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) que son absorbidos en su mayor parte (95-99%), sirviendo como fuente de energía y disminuyendo la síntesis de colesterol en el hígado (Larrauri *et al.*, 1996); además la presencia de dichos ácidos hacen disminuir el pH, lo que provoca un efecto vasodilatador local incrementando la absorción de agua y sales en el intestino (Calixto *et al.*, 2002). La fermentación colónica se relaciona con la prevención del cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares (Goñi y Matín-Carrón, 2001).

De acuerdo con los conocimientos disponibles hay que proceder con cautela y no generalizar acerca de la naturaleza preventiva y terapéutica de la fibra; en este sentido adquiere especial relevancia la necesidad de especificar las fuentes alimentarias que se utilizan, porque son las determinantes de su naturaleza química y de sus efectos hacia la salud (Bello, 2000).

II.2.c. Fuentes.

A finales de los 70's se obtuvieron reportes que dieron a conocer los beneficios de la ingestión de FD [20 a 35 g/día (INNSZ, 1990)] en relación con diversos padecimientos del hombre, a partir de entonces las investigaciones sobre este tema se han incrementado. La FD proviene principalmente de verduras, frutas, nueces y semillas, y de fuentes naturales no vegetales como los hongos (McDougall *et al.*, 1996). Anteriormente el

salvado de trigo, desecho de la industria harinera, era la única fuente comercial de fibra alimentaria empleada, cuya composición principal es 14–24% celulosa y 5–10% lignina (Bello, 2000), siendo 4:96 la relación FDS:FDI que presenta (Duque *et al.*, 1998); sin embargo a partir de los 80's se inició el empleo de otros cereales como fuente de FD, incluyéndose a la cascarilla del arroz y las hojuelas de avena (Calixto *et al.*, 2002); los análisis realizados sobre esta última la colocaron como la fuente de mejor calidad, pues aunque su contenido en fibra oscila entre 10.2 y 12.1%, la proporción soluble e insoluble es en promedio 41:59 (Manthey *et al.*, 1999), es decir, sus fracciones guardan cierto balance que no es común encontrar en otras fuentes de cereales (Calixto *et al.*, 2002), y dado que la función fisiológica y el comportamiento de la FD al ser adicionada a un producto depende de la relación que guarden sus fracciones de FDS:FDI (Fernández y Rodríguez, 2001), se buscan fuentes que cumplan con esta característica.

Para que una fuente de fibra sea considerada con un buen balance de FDS:FDI sus contenidos deberán ser como mínimo 30% de FDS y 70% de FDI, considerándose fibras con excelente balance aquellas que guardan una proporción de 50% de FDS y 50% de FDI (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999 y Calixto *et al.*, 2002).

La FD que se consume proviene en su mayoría de cascarillas de cereales, pero en ellas predomina la porción insoluble; se sabe que la avena y las leguminosas completas son las fuentes de FD de mejor calidad (Pérez-Hidalgo *et al.*, 1997), sin hacer a un lado a las frutas y verduras que pueden proveer en mayor proporción ambos tipos de fibra. Para obtener un equilibrio en el contenido de fibra soluble e insoluble, se ha recurrido a la mezcla de materiales, pues son muy pocas las fuentes que de manera natural lo tienen, siendo estas excepciones, la parte interior de la cebolla variedad *Hysam*, cuya relación es 50:50 (Jaime *et al.*, 2002), y la cáscara de mango variedad criollo, donde la proporción es 52:48 (García, 2003).

Ruales y Zumba (1998) cuantificaron y caracterizaron la fibra dietética contenida en frutas y hortalizas ecuatorianas, de éstas, la vainita (*Phaseolus mungo*) presentó el más alto contenido en fibra (47.1%), y aunque el paico (*Chenopodium ambrosoides*) presentó

el más bajo (8.6%), éste tiene el mejor balance en contenido de fibra dietética soluble e insoluble (40:60); por otro lado, Hernández y Gallardo (1998) estudiaron al chayote, brócoli y mamey, encontrando que son buenas fuentes de fibra insoluble por su alto contenido en celulosa (1.45, 3.49 y 0.95 g/100 g, respectivamente).

También se han estudiado los desechos de frutas, hortalizas y otros vegetales como fuentes alternas de FD, entre ellos se tienen los residuos de la industria de jugo de naranja (Tamayo y Bermúdez, 1998) y maracuyá (Baquero y Bermúdez, 1998). Jiménez-Escrig *et al.* (2001) analizaron la cáscara de guayaba, llegando a la conclusión que ésta puede ser un excelente ingrediente de alimentos, pues combina las propiedades de la fibra dietética y el beneficio de los componentes antioxidantes presentes, entre ellos la vitamina C y E, así como compuestos fenólicos y carotenoides. El bagazo de caña de azúcar (Sangnark y Noomhorm, 2003), la cascarilla del cacao (Redgwell *et al.*, 2003), los residuos fibrosos del “Jack bean” (*Canavalia ensiformis*) y del frijol lima (*Phaseolus lunatus*) (Betancur-Ancona *et al.*, 2004), son otros residuos que se han analizado; los resultados obtenidos permiten seleccionar los tipos de alimentos a los cuales pueden incorporarse, según el aporte de fibra soluble e insoluble que se desee (Pak, 2001).

El contenido en FD está en función de la fuente, pudiéndose presentar diferencias significativas tan solo al cambiar de variedad, tal es el caso de trece variedades de manzanas, donde su contenido fluctúa entre 1.91 y 3.62 % de producto fresco (Gheyas *et al.*, 1997); en seis variedades de avena se encontraron valores de 10.2 a 12.1% de FDT (Manthey *et al.*, 1999) y en 15 variedades trigo los valores se encuentran en un intervalo de 10.1 a 19.9% de FDT (Pak, 2001). Otro factor que puede influir es el fotoperiodo, como en el caso de las cáscaras de maracuyá (Cruz, 2002), donde el simple cambio de estación del año influye significativamente, obteniéndose contenidos desde 61.76 hasta 63.25%.

La búsqueda de nuevas fuentes de FD a partir de frutos y de sus residuos (cáscaras y bagazos) ha llevado al desarrollo de procedimientos para su obtención y conservación que incluyen el lavado, trituración o despulpado, secado, molienda y envasado (Fernández y Rodríguez, 2001); de ellos el secado es el paso más importante.

La finalidad del secado de alimentos es su conservación mediante la reducción del contenido de agua, la eliminación del agua libre reduce tanto la actividad microbiana como la enzimática (Barbosa-Canovas *et al.*, 1997), permitiendo el almacenamiento de productos por tiempos prolongados. Geankoplis (1999) menciona que los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por abajo del 10% en peso, sin embargo, en la mayoría de los productos alimenticios secos se requiere una humedad cercana al 5% e incluso menor para mantenerlos estables y no poner en riesgo la vida útil del producto.

En la industria de los alimentos, es necesario conocer el potencial de aplicación de cada una de las nuevas fuentes de FD, es por ello que se examinan tanto las proporciones de fibra soluble e insoluble como las propiedades funcionales de una nueva fuente de fibra, pues durante el procesamiento podrían producirse modificaciones importantes que han de tomarse en cuenta en función al destino final del producto y propiedades que se pretende presente (Zambrano *et al.*, 2001).

II.3. Caracterización fisicoquímica y funcional.

El término funcionalidad de un componente o ingrediente de un alimento puede definirse como cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica algunas de las características de un alimento y que contribuye a la calidad del producto final (Badui, 1999).

Las propiedades funcionales de las diferentes fuentes de fibra son estudiadas para obtener sus características individuales y tener una visión global de su posible aplicación en alimentos y efecto fisiológico en el organismo humano; dichas propiedades son el reflejo

de la composición, de las cantidades presentes de fibra soluble e insoluble (López *et al.*, 1996), de la naturaleza química, de la estructura de la fibra, del proceso al cual fue sometida para su obtención y del tamaño de partícula (Rosado y Díaz, 1995).

II.3.a. Color.

El color es sin duda una de las propiedades sensoriales más importantes, el fabricante de alimentos ha de considerar este aspecto al formular sus productos, pues dependiendo del color que la fibra presente, podrá aplicarse en alimentos con coloración similar para no alterar su aspecto final. Esta propiedad depende de la fuente que le ha dado origen y del proceso al cuál se le sometió para obtenerla (Calvo y Durán, 1997).

II.3.b. Tamaño de partícula.

Dependiendo de la granulometría que la fibra presente será el tipo de alimento o proceso en el cual se incorporará. La fibra fina (de tres a cinco micrómetros) puede emplearse como sustituto de grasas, las de mayor tamaño se aplican en hojuelas de maíz y en productos donde su textura lo permita (Cruz, 2002). Fuertes (1998) señala que el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500 μm ; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa dificultando la masticación y deglución, tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación al favorecerse la formación de grumos, ocasionar apelmazamiento y por lo tanto compresión del producto. En un estudio realizado por Sangnark y Noomhorm (2003), específicamente con bagazo de caña, se encontró que una disminución en el tamaño de partícula puede tener influencia en el incremento de la densidad y podría reducir la capacidad de retención de agua y de ligar aceite (debido posiblemente a la ausencia de una estructura matricial proporcionada por la celulosa, entre otros factores); en consecuencia, se afecta fisiológicamente el tránsito intestinal al decrecer el volumen de la masa fecal. Este comportamiento también fue observado por Dreher en 1999 –citado por Betacur-Ancona *et al.*, 2004– al disminuir el tamaño de partícula del salvado de trigo.

II.3.c. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por una muestra de materia seca de peso conocido, en presencia de un exceso de agua y bajo la acción de una fuerza patrón (Tamayo y Bermúdez, 1998). De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento (Zambrano *et al.*, 2001). La retención agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en una fibra se encuentran el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Baquero y Bermúdez, 1998). Esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados (Cruz, 2002).

II.3.d. Capacidad de retención de aceite (CRa).

Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las solubles, sirviendo como emulsificante. A esta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra (Cruz, 2002). La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (Peraza, 2000).

II.3.e. Capacidad de Hinchamiento (CH).

Se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua (Tamayo y Bermúdez, 1998). En esta característica tiene influencia la cantidad de los componentes polisacáridos, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Femenia *et al.*, 1997). En la industria panificadora la inclusión de fibra, en referencia a esta propiedad, soluciona problemas relacionados con la pérdida de volumen y humedad, proporcionando mayor estabilidad durante la vida de anaquel al favorecer una apariencia de frescura (Cruz, 2002).

II.3.f. Capacidad de adsorción y absorción de agua (CA_d y CA_b).

La determinación de la CA_d se basa en el equilibrio del vapor de agua del medio con respecto al alimento y es útil para predecir la estabilidad y cambios deteriorativos de la fibra durante su almacenamiento. La CA_b es definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se le coloca en una cantidad suficiente de la misma, siendo importante esta propiedad cuando la fibra ha de emplearse en productos extrudidos, ya que el material debe ser humectado antes del proceso y durante el mismo. Ambas propiedades se relacionan con la composición química de la fibra, el origen de los compuestos asociados, el pH y la forma en que se prepara la muestra (Zambrano *et al.* 2001).

II.3.g. Actividad Emulsificante y Estabilidad de la emulsión (AE y EE).

La primera se refiere al volumen de aceite emulsificado por la fibra antes de que la fase de inversión o colapso de la emulsión ocurra, la segunda se relaciona con el volumen de aceite retenido por la fibra después del colapso de la emulsión (Peraza *et al.*, 2001). En esta característica tiene influencia la interacción que se pueda presentar entre proteínas, polisacáridos y demás compuestos involucrados en la emulsión (Dickinson, 1995). Fibras capaces de formar emulsiones estables pueden emplearse en productos de larga vida de anaquel, protegiendo la estructura y calidad visual del producto (Peraza *et al.*, 2001).

III. OBJETIVOS.

III.1. Objetivo general.

Caracterizar fisicoquímica y funcionalmente la fibra dietética de los frutos del níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la cáscara del Mango Obo (*Mangifera indica* L).

III.2. Objetivos particulares.

III.2.a. Caracterizar fisicoquímicamente los frutos del níspero y la cáscara del Mango Obo como fibra dietética.

III.2.b. Cuantificar la fibra dietética total, soluble e insoluble contenidas en los frutos del níspero y en la cáscara del Mango Obo.

III.2.c. Caracterizar funcionalmente ambos materiales.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. Obtención de la materia prima.

IV.1.a. Nísperos.

Se emplearon nísperos cultivados en Santiago Tillo, Oaxaca; correspondientes a la cosecha 2003, los cuales fueron escaldados por tres minutos, se les retiraron las semillas y se secaron en estufa de convección *RIOSSA NOM HOF-48* por 24 horas a 60 °C (Cruz, 2002).

IV.1.b. Cáscaras de Mango Obo.

Se empleó Mango Obo de Cuicatlán, Oaxaca; correspondiente a la cosecha 2003. El fruto se escaldó hasta alcanzar 75 °C de temperatura interna (IDEA, 2002), se despulpó en equipo *Jersa DRAI0020* y la cáscara se secó a 60 °C en estufa de convección *RIOSSA NOM HOF-48* por 24 horas (Cruz, 2002).

Ambos materiales se molieron en un molino *Ciclotec* hasta obtener un tamaño de partícula inferior a 500µm (Fuertes, 1998), posteriormente las muestras fueron colocadas en recipientes con tapa de rosca y almacenadas a temperatura ambiente hasta su análisis.

IV.2. Secado.

La curva de pérdida de peso se obtuvo al secar los materiales a 60 °C, en estufa de convección (*RIOSSA NOM HOF-48*) y registrando el peso a intervalos de 2 h durante un lapso de 24 h (Cruz, 2002); la humedad total del producto se determinó según el método 925.09 de la AOAC (1997) (Secado en estufa a 100 °C a peso constante).

IV.3. Caracterización fisicoquímica.

IV.3.a. Color.

Las coordenadas de color L , a^* , b^* , C^* y h del sistema CIELAB, se obtuvieron por lectura directa, empleando un espectrofotómetro *Minolta 508d*; donde a L se le relaciona con la claridad y sus valores van de cero (negro) a cien (blanco), a^* define al componente cromático que va de rojo (+) a verde (-), b^* al que va de amarillo (+) a azul (-); C^* y h son

valores en coordenadas cilíndricas, C^* corresponde a la saturación y h al tono; la diferencia de color (ΔE) se calculó según la fórmula propuesta por Calvo y Durán (1997).

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$$

La lectura se realizó utilizando un blanco a un ángulo de observación de 10° y una fuente de iluminación D65.

IV.3.b. Tamaño de partícula.

Se determinó por el método de Fuertes *et al.*, (1993). 500 g de muestra se hicieron pasar por una serie de tamices *Mont-inox* malla 40, 60, 80, 100, 200 y 250 (425, 250, 180, 150, 75 y 58 μm respectivamente) con ayuda de un *Rotap*; después de 20 min se pesaron las fracciones retenidas en cada uno de ellos, calculándose los porcentajes de retención.

Una vez determinado el tamaño de partícula se reunieron las fracciones obteniéndose una mezcla heterogénea de partículas sobre la cual se realizó la caracterización.

IV.3.c. Composición proximal.

Los componentes proximales se determinaron por los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997), comprendiendo los siguientes análisis:

- a) Humedad (método 925.09). Secado en estufa a peso constante a 100°C .
- b) Cenizas (método 923.03). Calculadas como el peso remanente después de calcinar la muestra en la mufla a 550°C durante dos horas.
- c) Proteína cruda (método 954.01). Valoración del nitrógeno total por el método de Kjeldahl, calculando el contenido de proteína como Nitrógeno X 6.25.
- d) Grasa cruda (método 920.39). Cuantificación de lípidos libres después de una extracción con éter etílico.
- e) Fibra cruda (método 962.09). Calculada después de su digestión ácida y alcalina.
- f) Carbohidratos totales. Cuantificados por diferencia como Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).

IV.4. Fracciones de Fibra Dietética.

IV.4.a. Fibra Dietética Total (FDT).

Se empleó el método enzimático gravimétrico de Prosky *et al.*, (1988). Se utilizaron cuatro crisoles para fibra a peso constante, primeramente colocados en la mufla durante 45 min a 550 °C, para eliminar impurezas; posteriormente se les agregaron 0.5 g de celite (Sigma C-8656) y se les añadió 10 mL de etanol al 78%, mismo que fue eliminado utilizando vacío para formar una capa esparcida, se colocaron en la estufa a 130 °C durante 90 min, se enfriaron en desecador y se pesaron.

Por otro lado, se pesó por cuadruplicado 1 g de muestra en base seca (b. s.) y se transfirió a sendos matraces erlenmeyer de 500 mL, se adicionó 50 mL de buffer fosfato 0.05N a pH 6 (se pesaron 9.6593 g de NaH₂PO₄ anhidro y 1.4 g de Na₂HPO₄·7H₂O, se diluyeron con 700 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 6 con HCl 0.325 N o NaOH 0.275 N y se aforó a 1 L); posteriormente los matraces se colocaron por 10 min en un baño *Gallenkamp* con agua a ebullición y agitación constante a 60 rpm. Sin sacarlos se les añadió 0.1 mL de la enzima α -amilasa termoestable (*Sigma A-3306*) y se agitaron durante 15 min a la misma velocidad; una vez pasado el tiempo los matraces se sacaron y se enfriaron bajo chorro de agua hasta temperatura ambiente, se midió el pH y se ajustó a 7.5 con NaOH a 0.275 N. Posteriormente se colocaron los matraces en el baño de agua a 60 °C durante 10 min y sin sacarlos se les agregó 0.1 mL de proteasa (*Sigma P-3910*) preparada momentos antes de su uso (25 mg de proteasa disuelta en 0.5 mL de buffer de fosfato de pH 6) y se incubaron durante 30 min manteniendo la agitación a 60 rpm; una vez terminado el tiempo se enfriaron a temperatura ambiente y se les ajustó el pH a 4-4.3 con HCl 0.325 N. Posteriormente se colocaron los matraces en el baño de agua a 60 °C durante 10 min y sin sacarlos se les adicionó 0.3 mL de amiloglucosidasa (*Sigma A-9913*), se incubaron durante 30 min agitando a 60 rpm. Terminado este tiempo se les adicionó etanol al 95% precalentado a 60 °C, en una relación aproximada 1:4 (v/v), dejando reposar a dicha temperatura durante una hora. El contenido de cada matraz se filtró a vacío en cada uno de los crisoles a peso constante y con celite. El residuo que quedó en cada matraz se lavó con tres porciones de 20 mL de etanol al 78%, dos porciones de 10 mL de etanol al 95% y dos porciones de 10 mL de acetona.

Los crisoles con el residuo se secaron a 105 °C durante toda la noche en la estufa, se enfriaron y pesaron. A los residuos de la muestra de dos crisoles se les determinó proteína (Nitrógeno X 6.25) y el residuo de los otros dos se incineró durante 4 horas a 550 °C para después ser enfriados y pesados. Se corrió un blanco en forma similar al procedimiento de FDT pero sin adición de muestra.

El contenido de FDT se calculó de la siguiente manera:

$$\%FDT = \frac{(\text{Peso del residuo-proteína-cenizas-peso del blanco}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

IV.4.b. Fibra Dietética Insoluble (FDI).

Se realizó en forma similar a la FDT, pero eliminando el paso de adición del volumen de alcohol al 95% en relación 1:4 (Prosky *et al.*, 1988). Los cálculos se realizaron en forma similar a los empleados en la determinación de FDT.

IV.4.c. Fibra Dietética Soluble (FDS).

Se obtuvo por diferencia entre la fibra dietética total y la fracción insoluble.

$$FDS = FDT - FDI$$

IV.5. Caracterización funcional.

IV.5.a. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Se obtuvo por el método propuesto por Chau *et al.* (1997). En un tubo para centrífuga se adicionaron 10 mL de agua destilada a un gramo de muestra (b. s.), se agitó un minuto con ayuda de un agitador magnético y una placa de agitación (velocidad 6), a continuación se centrifugó en un equipo *IEC HN – SII* a 2200 x g (4500 rpm) por 30 min y se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de agua se expresó como los mL de agua retenidos por un gramo de fibra.

$$\text{Capacidad de retención de agua} = \frac{\text{mL de agua retenida}}{\text{g de muestra}}$$

IV.5.b. Capacidad de Retención de aceite (CRa).

Se realizó según lo sugieren Chau *et al.* (1997). Se adicionaron 10 mL de aceite de maíz a 1 g de muestra en un tubo para centrífuga, se agitó durante un min empleando un magneto y una placa de agitación (velocidad 6), posteriormente se centrifugó en un equipo *IEC HN – SII* a 2200 x g (4,500 rpm) por 30 min y se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de aceite se expresó como los gramos de aceite retenidos por un gramo de fibra. La densidad del aceite de maíz fue 0.92 g/mL.

$$\text{Capacidad de retención de aceite} = \frac{\text{mL de aceite retenido}}{\text{g de muestra}}$$

IV.5.c. Capacidad de Hinchamiento (CH).

Fue determinada según la técnica citada por Tamayo y Bermúdez (1998). Se colocaron 0.5 g del producto en un tubo graduado, después de medir el volumen (V_o) ocupado por el producto se adicionó un exceso de agua (5 mL) y se agitó con ayuda de un magneto, se dejó en reposo por 24 h para luego medir el volumen final (V_f) de la muestra. Los cálculos fueron:

$$CH = \frac{V_f (\text{mL}) - V_o (\text{mL})}{\text{Peso muestra (g)}}$$

IV.5.d. Capacidad de Adsorción de agua (CA_d).

Se determinó siguiendo la técnica de Chen *et al.* (1984), para ello se colocó un gramo de muestra (b. s.) en un micro-ambiente de 98% de humedad relativa en equilibrio, el cual se logró colocando 20 mL de solución salina saturada de sulfato de potasio en frascos de vidrio herméticamente cerrados. La muestra se dejó en el micro-ambiente hasta alcanzar peso constante, reportándose la CA_d como la ganancia en peso expresada en gramos de agua por gramo de muestra seca.

$$\% \text{ CA}_d = \frac{\text{g de agua adsorbidos}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

IV.5.e. Capacidad de Absorción de agua (CA_b).

Se realizó según el método 88-04 propuesto por la AACC (1984). Primero se determinó la CA_b aproximada; para ello se pesaron 2.5 g de muestra, se adicionó agua hasta la saturación agitando vigorosamente con ayuda de un *vortex*, se centrifugó a 2000 x g (2,400 rpm) durante 10 min en un equipo *Beckman CS-15R* para luego retirar el exceso de agua y pesar.

La CAb aproximada se calculó de la siguiente manera:

$$\text{CAb aproximada} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{g de muestra}}$$

Con la CAb aproximada se procedió a calcular el peso de la muestra para la determinación, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de muestra} = \frac{7.5}{(\text{CAb aproximada} + 0.5)}$$

Posteriormente se determinó la cantidad de agua necesaria para completar a 7.5 g el peso de la muestra que se utilizó. Esto se calculó restando a 7.5 g el peso de la muestra determinado con anterioridad. El resultado obtenido fue la cantidad de agua que se adicionó a la muestra para completar un peso de 7.5 g.

Para determinar la CAb se colocó muestra en cuatro tubos y se adicionó 0.75 y 0.25 mL de agua por arriba y por abajo de lo determinado, se agitó vigorosamente durante 2 min en el *vortex*, se centrifugó en un equipo *Beckman CS-15R* a las condiciones antes citadas y se pesó, se calcularon los gramos de agua absorbidos en cada tubo para obtener un promedio. La CAb de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{CAb} = \frac{\text{Promedio de agua absorbida (g)}}{\text{muestra (g)}} \times 100$$

IV.5.f. Actividad Emulsificante (AE).

Para realizar esta técnica señalada por Chau *et al.* (1997) se prepararon 7 mL de una suspensión de fibra al 2% (p/v) y se homogeneizaron a 11,000 rpm (*Cafromo Rz-1*) por 30 s usando un agitador de dedal, en seguida se adicionaron 7 mL de aceite de maíz y se homogeneizaron por un minuto más, por último se centrifugó en equipo *Beckman CS-15R* a 1,200 x g (1,600 rpm) por 5 min en tubos de centrífuga graduados y se midió el volumen de la emulsión formada.

$$\%AE = \frac{\text{Volumen de capa emulsificada (mL)} \times 100}{\text{Volumen de toda la capa en el tubo (mL)}}$$

IV.5.g. Estabilidad de la Emulsión (EE).

Para la estabilidad de la emulsión (Chau *et al.*, 1997), se prepararon 7 mL de una suspensión de fibra al 2% (p/v) homogeneizándose en un *Cafromo Rz - 1* a 11,000 rpm por 30 s usando un agitador de dedal, después se adicionaron 7 mL de aceite de maíz y se homogeneizó por un minuto más. Después se calentaron en baño María a 80 °C por 30 min y se enfriaron a temperatura ambiente. Para terminar, se centrifugó en un equipo *Beckman CS-15R* a 1,200 x g (1,600 rpm) por 5 min en tubos graduados y se midió el volumen de la emulsión.

$$\%EE = \frac{\text{Volumen de capa emulsificante remanente (mL)} \times 100}{\text{Volumen de la emulsión original (mL)}}$$

IV.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los estudios se realizaron por triplicado, determinándose las medias de tendencia central y dispersión de los resultados obtenidos (Montgomery, 1991).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

V.1. Níspero.

V.1.1. Secado.

Los nísperos escaldados presentaron inicialmente una humedad (H) de 79.19%; su peso se redujo al 46% del inicial (H=56%) durante las dos primeras horas (Fig. 3), a las cuatro horas disminuyó al 31% (H=34%); transcurridas seis horas de secado el peso decreció al 21% (H=5.2%); a partir de este tiempo la pérdida de peso, y en consecuencia la humedad del material, continuó en descenso con ligeras variaciones. A las 24 horas de proceso, la humedad fue de 2.2% y la materia seca representó aproximadamente el 20% del producto fresco.

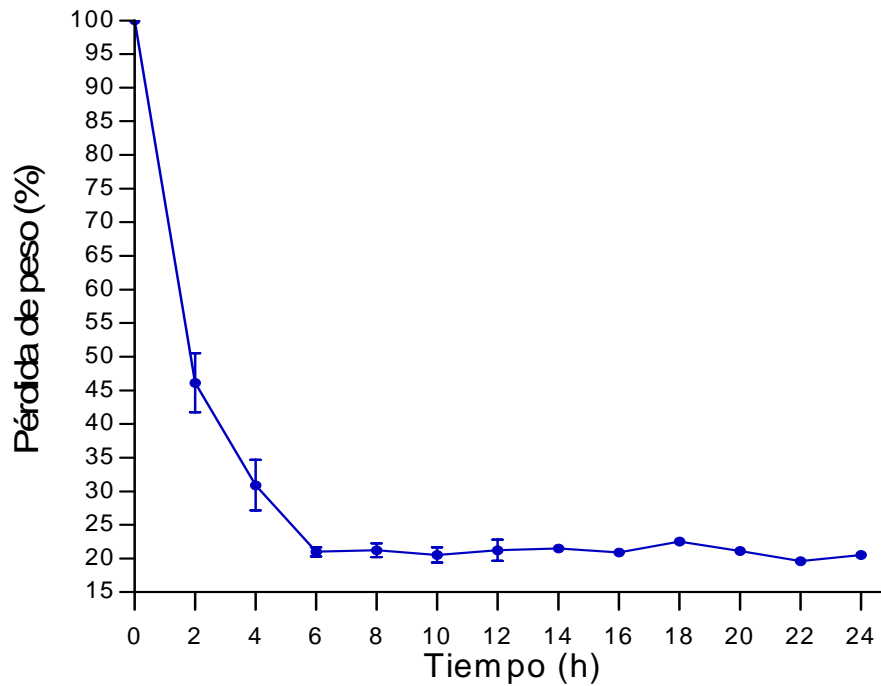


Figura 3. Curva de pérdida de peso (%) de los frutos del níspero.

La eliminación de agua durante el secado se reduce debido a la disminución de la porosidad y la capilaridad; a medida que la pulpa pierde humedad se va compactando, lo que dificulta la transmisión del agua a través del sólido (Casp y Abril, 1999). El contenido final de agua depende de factores como la temperatura a la cual se realiza la operación, humedad del medio circundante y la facilidad con que se desplace el aire; también de la superficie de contacto y del espesor de la capa del material a secar sobre la charola (Barbosa-Canovas *et al.*, 1997). La relativa facilidad de secado de los nísperos pudo deberse, principalmente, en función de su porosidad, ya que la pulpa de los frutos presenta mayor porosidad que las cáscaras (Arthey y Dennis, 1991).

Cruz (2002) y García (2003) emplearon un tiempo de secado de 24 horas para la obtención de residuos fibrosos de cáscaras de maracuyá y de Mango Criollo, respectivamente, sin embargo, con la gráfica obtenida se puede establecer un tiempo de secado que podría oscilar entre seis y ocho horas, para el níspero, lo cual representaría un ahorro de energía y por lo tanto una disminución en el costo de procesamiento. En dicho tiempo se alcanza una humedad cercana al 5%, teniendo la ventaja de poder almacenar el producto a temperatura ambiente (Geankoplis, 1999). La humedad de los materiales empleados como fuente de fibra oscila desde el 11% hasta el 2% (Fernández y Rodríguez, 2001; Wittig, 2001; Cruz, 2002 y García 2003) encontrándose la de los nísperos en este intervalo.

V.1.2. Caracterización fisicoquímica.

V.1.2.a. Análisis de color.

Los resultados del análisis de color se muestran en el Cuadro 2; el color de los nísperos se ubicó entre el amarillo y el rojo, ya que los valores de a^* y b^* fueron positivos, además de que L fue mayor a 50.

El valor numérico de C^* indicó que la intensidad en el color que los nísperos presentaron fue mayor a la del salvado de trigo y los valores de h indicaron tonalidades que incluyen al amarillo-naranja y ocre (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos del fruto del níspero y salvado de trigo.

FUENTE	PARÁMETRO				
	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i>
Níspero	65.95 ± 1.71	9.69 ± 0.62	27.86 ± 0.59	29.51 ± 0.48	70.81 ± 1.38
Salvado de trigo	70.07 ± 0.90	5.76 ± 0.27	14.57 ± 0.68	15.67 ± 0.69	68.41 ± 0.88

El color que los nísperos presentaron pudo deberse al grado de madurez de los frutos, a la influencia de las condiciones de procesamiento, específicamente a reacciones de pardeamiento enzimático y/o no-enzimático (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999), y a la oxidación de pigmentos (Casp y Abril, 1999).

Las características de color que los frutos del níspero presentaron permiten su aplicación en productos de tonalidades más claras a la del salvado de trigo, pues la ΔE obtenida fue de 14.46; dichos productos podrían ser galletas y panecillos dorados, polvos para preparar bebidas y conservas de frutas de tonalidad similar, ya que la aplicación de la fibra depende del color del producto al cual será adicionada, controlando la cantidad agregada para no afectar sus propiedades ópticas y disminuir el riesgo de rechazo (Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso, 1999).

V.1.2.b. Tamaño de partícula.

En la figura 4 se presenta la distribución de tamaño de partícula obtenida en la muestra molida de los nísperos. En orden descendente los porcentajes de retención fueron los siguientes: 27.45% en la malla 40 (500 – 425 μm), 20.37% en la 60 (425 – 250 μm), 17.47% en la 200 (150 – 75 μm), 13.85% en la 80 (250 – 180 μm), en la malla 100 (180 – 150 μm) se retuvo el 10.53%, en la malla 250 (75 – 58 μm) la retención fue de 8.44%

y, finalmente, en la base se obtuvo un porcentaje de 1.89 ($\leq 58 \mu\text{m}$). Esta muestra presentó mayores porcentajes de retención en la malla 40, 60 y 200; obteniéndose menos del 50% (47.82%) de partículas con tamaño mayor a 250 μm .

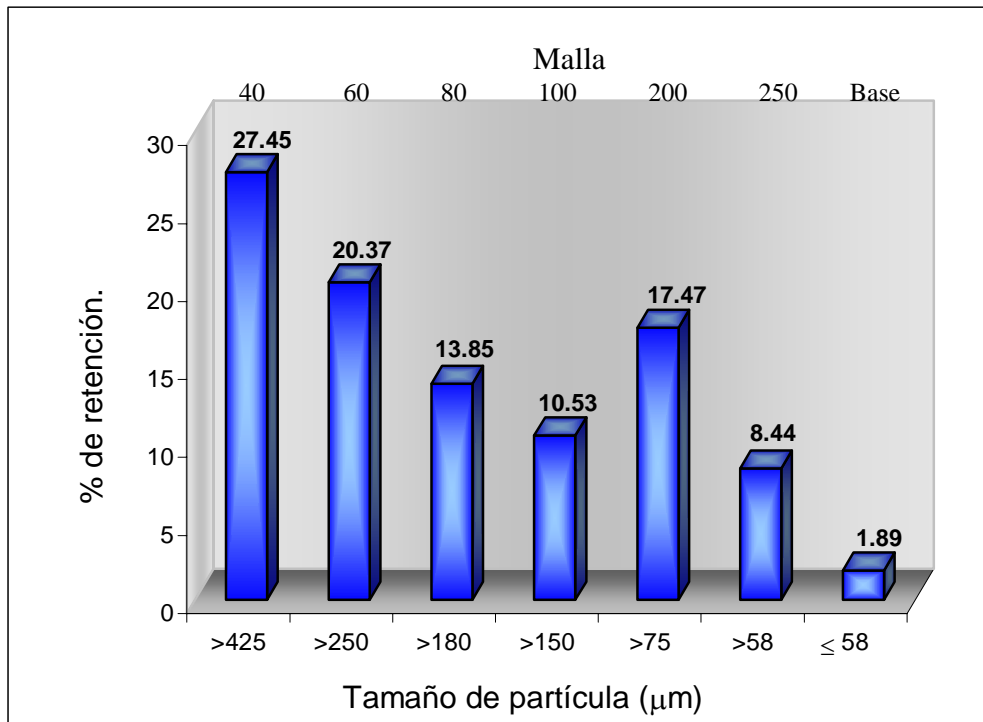


Figura 4. Distribución del tamaño de partícula (% en peso) de los residuos fibrosos del fruto del nispero.

Dentro de los factores que pudieron influir en el tamaño de partícula se tienen la humedad, fragilidad y la poca fibrosidad del material (Barbosa-Canovas *et al.*, 1997) ya que la pulpa del nispero y sus cáscaras probablemente no poseen fibras resistentes en comparación con otros frutos (piña y mango) (Ryugo, 1993). La facilidad para moler estos materiales hace posible su obtención en un solo paso de molienda, y en caso de requerirse un tamaño de partícula para una aplicación en específico, ésta podría lograrse modificando las condiciones de molienda.

Dado el tamaño de partícula presentado por la muestra de nísperos, podría emplearse en alimentos que no permitan una apariencia granulosa (panes de repostería) y en alimentos destinados a personas con problemas de glucemia, donde produciría cambios en la liberación de glucosa, ya que al estar disuelta parte de ella es absorbida por el intestino y otra fracción interactúa con la fibra, la cual actúa como barrera (Cruz, 2002).

V.1.2.c. Composición proximal.

La composición proximal de los nísperos se presenta en el Cuadro 3. Se observó que el contenido de humedad (5.79%) fue mayor al reportado en pulpa de mamey (2.62%) y cáscaras de toronja (5.4%) e inferior al contenido de agua de los desechos de naranja (cáscara, albedo y sacos de jugo) (6.0%), pero se ubicó dentro del intervalo reportado para frutos (2-10%) (Hernández-Unzón y Gallardo-Navarro, 1998; Tamayo y Bermúdez, 1998).

Cuadro 3. Composición proximal (% b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	(5.79 ± 0.09)
Cenizas	3.93 ± 0.15
Proteína cruda	7.16 ± 0.22
Grasa cruda	2.31 ± 0.02
Fibra cruda	4.69 ± 0.11
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	76.14 ± 0.37

La cantidad de cenizas es indicativo de la riqueza en minerales de la fuente de FD, la cual varía dependiendo de su biodisponibilidad y magnitud en que la planta los absorba (Orozco *et al.*, 1992). Los nísperos presentaron 3.93% de cenizas, probablemente constituido por Calcio, Hierro, Magnesio, Sodio y Potasio, principalmente (INNSZ,

1990); dicho valor, fue mayor al reportado en pulpa de naranja (3.25%) y menor al reportado en cáscaras de toronja (4.0%) y pulpa de mamey (8.47%) caracterizados como fuentes de FD (Hernández-Unzón y Gallardo-Navarro, 1998; Tamayo y Bermúdez, 1998).

La cantidad proteica en los nísperos (7.16%) se ubicó dentro de los valores observados en frutas y desechos de las mismas empleados como FD, ubicados entre 3.7 y 14.9% (Baquero y Bermúdez, 1998; Tamayo y Bermúdez, 1998). Se sabe que los frutos no aportan una cantidad importante de proteínas a la dieta, además en los nísperos se observó que la proteína determinada como indigerible, como parte de la cuantificación de FD, fue de 3.93%, representando aproximadamente el 55% de la proteína cruda; esta cantidad toma importancia no como fuente proteínica, sino parte de la FD, ya que al no ser resistente a la acción enzimática se comporta como tal (Larrauri *et al.*, 1997).

La grasa cruda en los nísperos (2.31%) se ubicó dentro del intervalo reportado para la mayoría de los residuos fibrosos empleados como fuentes de FD (0.1 – 3.9%) (Baquero y Bermúdez, 1998 y Fernández y Rodríguez, 2001). En los nísperos probablemente las grasas provienen en mayor proporción de las cáscaras donde regulan la transpiración y proporcionan protección de gases atmosféricos e insectos (Badui, 1999).

La cantidad de fibra cruda contenida en los nísperos escaldados fue de 4.69%. Dicha cantidad la determinan la fuente, el grado de madurez y el tratamiento al cual se somete el material para obtener la fibra (Cruz, 2002), por ejemplo, el lavado, el escaldado y la separación, por mencionar algunos procesos, tienen influencia en este valor, ya que pueden perderse componentes solubles modificando la proporción cuantificada (Fernández y Rodríguez, 2001). Dado que la técnica para determinar fibra cruda cuantifica en mayor cantidad a la fracción insoluble de la FD (celulosa, lignina y hemicelulosa), debido a que implica un tratamiento ácido-alcalino drástico en el que se pierde parte de la fibra considerada como dietética, en la mayoría de los estudios de caracterización de fuentes de FD este valor no es reportado, dándole mayor importancia al contenido de fibra dietética total (Cho *et al.*, 1997).

El tratamiento al cual se somete la muestra en la cuantificación de la fibra cruda ocasiona que los resultados correspondientes al ELN se encuentren sobreestimados; el valor obtenido en la muestra analizada fue de 76.14%. En esta fracción se encuentran cuantificados, además de los carbohidratos simples, cierta cantidad de pectinas, hemicelulosa y celulosa (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001), que siendo parte de la FD, la técnica para fibra cruda no las incluye debido a que son hidrolizadas durante el procesamiento de la muestra (Zambrano *et al.*, 1998).

V.1.3. Fracciones de Fibra Dietética (FD).

El contenido en Fibra Dietética Total (FDT) que presentaron los nísperos (17.15%) fue mayor al reportado en salvado de trigo (16%), principal fuente de fibra en la industria de alimentos (Duque *et al.*, 1998), menor a la reportada en pulpa de melón (17.6%) y chirimoya (17.4%), pero dentro del intervalo de la mayoría de las frutas (5 – 20%) (Ruales y Zumba, 1998). La cantidad de FDT que se observó en los nísperos podría estar en función del grado de madurez de los frutos, pues se sabe que en la etapa de maduración la pared celular se torna delgada y la síntesis de sustancias celulósicas y pécticas no cesa (Ryugo, 1993); otro factor de influencia pudo ser el proceso de escaldado, cabiendo la probabilidad de haberse drenado parte de la fracción soluble de la fibra, por lo que la FDT posiblemente pudo haber sido mayor (Fernández y Rodríguez, 2001)

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos para las fracciones de fibra que presentaron los nísperos. Se observó un contenido en Fibra Dietética Soluble (FDS) de 5%, y 12% de Fibra Dietética Insoluble (FDI); ambos valores se encuentran dentro del intervalo que Ruales y Zumba (1998) reportaron en el análisis de 15 frutas diferentes (de 1 a 16% de FDS y de 3.7 a 55% de FDI).

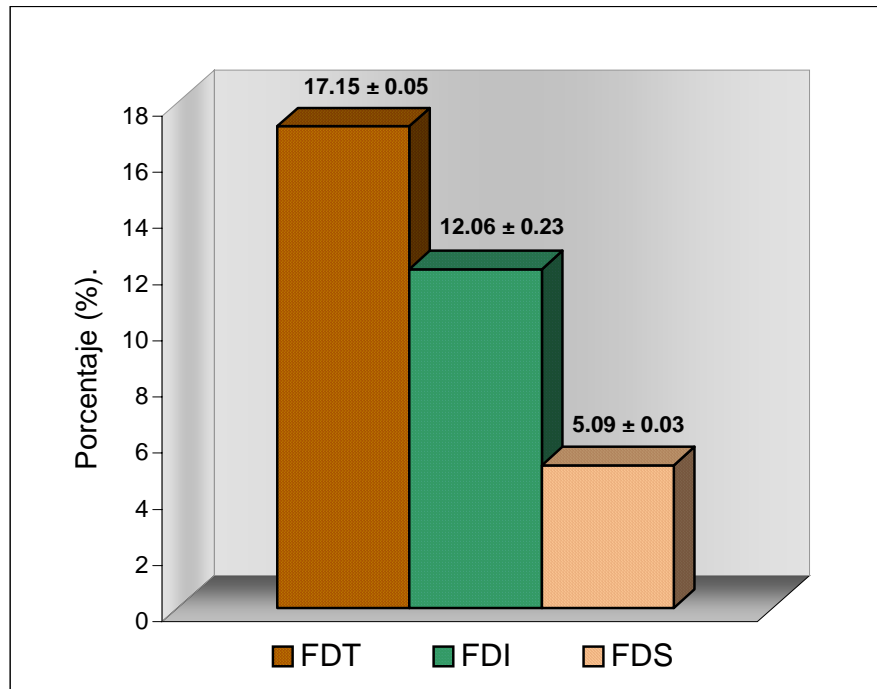


Figura 5. Contenido de Fibra Dietética Total (FDT), Soluble (FDS) e Insoluble (FDI) (% b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del nispero.

La relación FDS:FDI que los nísperos presentaron (30:70) (Figura 6) fue mejor que la reportada en salvado de trigo (4:96) y se encontró entre lo reportado para pulpa de melón (27:73) y chirimoya (41:59); dicha relación se considera fisiológicamente adecuada, encontrándose en el intervalo indicado por Grigelmo-Miguel (*et al.*, 1999) de 30 a 50% de FDS y de 70 a 50% de FDI; pudiéndose así emplear el residuo fibroso de los frutos del nispero en el tratamiento de la obesidad y diabetes, al modificar el comportamiento del bolo alimenticio en su tránsito por el aparato digestivo (Zambrano *et al.*, 1998). El comportamiento en cuanto al balance entre la fracción soluble e insoluble de la FD se ha observado en forma general en las frutas y verduras, quedando en desventaja la fibra proveniente de los cereales debido al predominio de la FDI (Duque *et al.*, 1998; Herrera *et al.*, 1998, y Ruales y Zumba 1998).

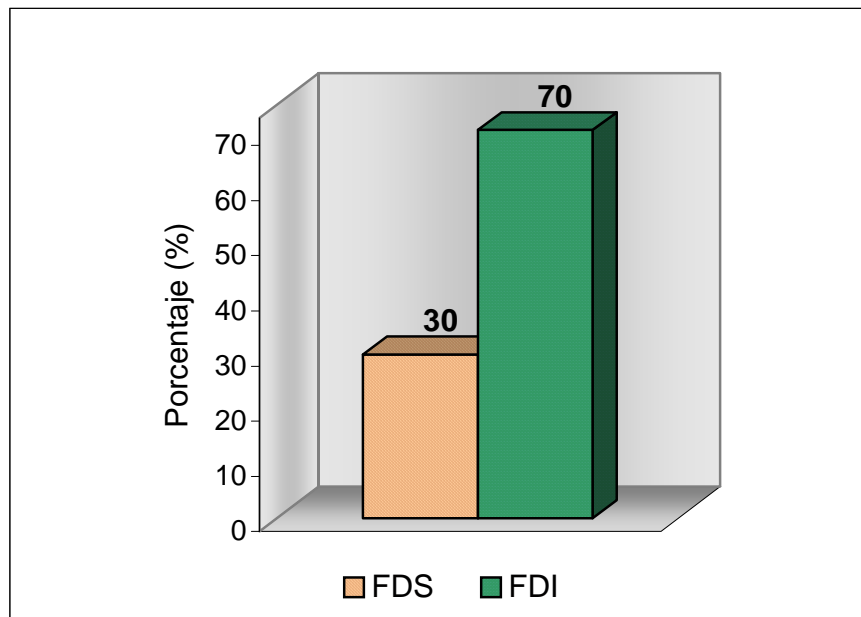


Figura 6. Relación FDS:FDI en los residuos fibrosos del fruto del níspero.

El predominio de la FDI (Figura 6) hace suponer que los residuos fibrosos del fruto del níspero podrían ser empleados en el tratamiento de enfermedades del aparato digestivo; pues aunado a sus propiedades de hidratación, regularían la velocidad del tránsito intestinal, incrementando el volumen de las heces y facilitando la evacuación, previniendo el estreñimiento, la apendicitis, la diverticulitis, el síndrome de colon irritable y el riesgo de desarrollar cáncer de colon, (Rosado y Díaz, 1995, Hernández-Unzón y Gallardo-Navarro, 1998 y Zambrano *et al.*, 1998).

Los datos relacionados con la composición de la fibra y la proporción que guardan sus fracciones soluble e insoluble, son básicos para el entendimiento de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, las cuales son requeridas en la formulación y preparación de alimentos ricos o enriquecidos en fibra y ayudan a predecir el posible efecto fisiológico al ingerirse (Hernández- Unzón y Gallardo-Navarro, 1998).

V.1.4. Propiedades funcionales.

V.1.4.a. Capacidad de Retención de Agua (CRA) y aceite (CRa).

Se observó que la CRA obtenida para el níspero fue menor que la reportada para la FD proveniente del bagazo de durazno, desechos de naranja y cáscara de maracuyá (Cuadro 4); pero mayor a la del salvado de trigo. Al comparar el resultado con los reportados para desechos de naranja y cáscara de maracuyá, se observó que a menor tamaño de partícula la CRA disminuyó. Teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación se incrementa debido a la mayor superficie de contacto que se obtiene, sin embargo, en la CRA no sólo influye el tamaño de partícula sino también la composición de la fibra, siendo la cantidad de FDS la que posiblemente haya tenido mayor influencia en el residuo fibroso de los frutos del níspero (Badui, 1999; Zambrano *et al.*, 2001 y García, 2003).

Cuadro 4. Capacidad de retención de agua (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.

Muestra	CRA (g agua/g fibra)	Tamaño de partícula
Níspero	3.80 ± 0.00	47.82% > 250µm
Durazno ³	9.2-12.1	NR
Desechos de naranja ² (cáscara, albedo y sacos de jugo)	7.65-8.23	65.9% > 250µm
Cáscara de maracuyá ¹	8.70	67.8% > 250µm
Salvado de trigo ⁴	2.48	NR

¹Baquero y Bermúdez, 1998; ²Tamayo y Bermúdez, 1998; ³Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999;

⁴Zambrano *et al.*, 2001.

Leterme *et al.*, (1998) señaló que una alta CRA oscila entre 10 y 12 g de agua/g de fibra; la cual se reportó en torta de maíz y cáscara de maracuyá con tamaño de partícula entre 595 y 425µm (Baquero y Bermúdez, 1998), en los materiales estudiados se observó un valor inferior al intervalo señalado por lo que se puede decir que la CRA fue baja.

El valor de la CRA determina el grado en que una fibra se puede incorporar a un sistema alimenticio para no deteriorar la viscosidad ni la apariencia del producto final; como la CRA en los nísperos fue baja su aplicación se vería limitada en aquellos productos que requieran de una apariencia de humedad (reellenos de pasteles), no así en productos secos (galletas, cereales para desayuno) (Larrauri *et al.*, 1997); sin embargo, si se modificase el tamaño de partícula, cabe la posibilidad de mejorar esta propiedad (Sangnark y Noomhorm, 2003).

El valor de CRa encontrado se muestra en el Cuadro 5, éste fue menor al reportado en residuos fibrosos de cáscaras de naranja y maracuyá pero se encuentra en el intervalo reportado para frutas enteras.

Cuadro 5. Capacidad de retención de aceite (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.

Muestra	CRA (g aceite/g fibra)	FDI (%)
Níspero	1.29 ± 0.00	12.06
Cáscara de naranja ³	1.95	45.0
Cáscara de maracuyá ²	1.50	49.4
Frutas ¹	<2	NR

¹ Femenia *et al.*, 1997; ² Baquero y Bermúdez, 1998; ³ Tamayo y Bermúdez, 1998.

López *et al.*, (1997) señalaron que a mayores cantidades de FDI, la capacidad de retener aceite incrementa; este comportamiento no se observó claramente al comparar las tres muestras, lo que podría estar en función de la cantidad de lignina presente (componente de la FDI), ya que Sosulski y Cadden –citado por López *et al.*, (1996)– encontraron que

las fuentes ricas en este componente son las que poseen una mayor capacidad de adsorber y retener grasa, otros factores que pudieron influir son el tamaño, forma y área superficial de las partículas de fibra, así como su composición química (López *et al.*, 1997).

Los residuos fibrosos del fruto del níspero, pueden emplearse en productos donde no se desee una alta retención de aceite, como en bocadillos fritos como buñuelos y churros, evitándose así una apariencia aceitosa (Peraza, 2000).

V.1.4.b. Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CA_d) y Capacidad de Absorción de agua y (CA_b).

La CH de los frutos del níspero (Cuadro 6) fueron inferiores a los reportados para el salvado de trigo pero se ubicaron en el intervalo de algunas cáscaras de frutas como toronja, naranja y maracuyá, ya que no se han reportado resultados sobre frutos completos. Uno de los factores que pudo tener influencia sobre esta característica es la cantidad de fibra insoluble; coincidiendo López *et al.*, (1996) y Femenia *et al.*, (1997) en que a mayor cantidad de FDI, mayor es la capacidad de hinchamiento debido principalmente a la presencia de hemicelulosa y a la estructura amorfa de la misma.

Cuadro 6. Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CA_d) y Capacidad de Absorción de agua (CA_b) (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.

Característica funcional	Níspero	Salvado de trigo	Cáscaras de Frutas
CH (mL/g)	3.61 ± 0.01	5.9 ± 0.10 ¹	5.3 – 7.8 ²
CA _d (%)	85.85 ± 0.00	30 ± 0.02 ²	30 – 158 ³
CA _b (g agua/ g fibra)	1.31 ± 0.00	2.91 ± 0.38 ²	1.42 – 6.36 ³

¹ Auffret *et al.*, 1994., ² Intervalo obtenido de los resultados reportados por Baquero y Bermúdez (1998) y por Tamayo y Bermúdez (1998)., ³ Intervalo obtenido de los resultados reportados por Zambrano *et al.*, 2001.

La CAd en los nísperos (Cuadro 6), fue mayor a la que presentó el salvado de trigo, ubicándose dentro del intervalo reportado para algunos materiales empleados como fuente de FD como bagazo de zanahoria, cascarilla de maíz y de soya, ya que en los frutos no se han reportado datos al respecto (Zambrano *et al.*, 2001). La alta CAd de los nísperos en comparación con el salvado de trigo puede deberse a la porosidad del material, al tamaño de partícula y principalmente a la cantidad de carbohidratos totales que éste presentó (ELN=76.14%), pues es sabido que los azúcares libres tienden a hidratarse con mayor facilidad (Santos, 1995).

La CAd es importante en el almacenamiento del material, sobre todo cuando es empleado como suplemento o ingrediente en la formulación de alimentos (concentrados, bebidas barras, etc.). El alto valor obtenido en los nísperos, indica que se requerirán envases pequeños en los que el espacio de cabeza sea reducido, o bien, empaques que ofrezcan excelente barrera a la humedad para garantizar su estabilidad en vida de anaquel, ya que el agua puede actuar como plastificante modificando sus propiedades (Zambrano *et al.*, 2001).

Se observó que el valor de CAb en los nísperos (Cuadro 6), fue menor a la que presentó el salvado de trigo, ubicándose por abajo del intervalo reportado para algunos materiales empleados como fuente de FD (bagazo de betabel, cascarillas de soya y salvado de trigo, entre otros) (Zambrano *et al.*, 2001). En esta propiedad pudieron influir el tamaño de partícula (área de contacto), la composición celular (cantidad de celulosa, hemicelulosa y pectinas) en relación a la cantidad de grupos hidroxilo libres capaces de interactuar con el agua externa y la cantidad de FDI principalmente que en el salvado de trigo fue mayor (Zambrano *et al.*, 1998).

La CAb y la CAd no pueden ser relacionadas ya que el agua se agrega a los sitios activos de diferente manera (Zambrano *et al.*, 2001); la primera está muy relacionada con la cantidad de enlaces que se puedan establecer entre los componentes de la fibra, mientras que la segunda se relaciona con fenómenos físicos de adhesión del agua al material (Badui, 1999).

V.1.4.c. Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE).

Las propiedades de emulsificación que los residuos fibrosos del níspero mostraron se reportan en el Cuadro 7; se observó que fueron menores a los reportados para cáscara de maracuyá y Mango Criollo. Las diferencias en las propiedades de emulsificación pueden estar relacionadas con el contenido de FDI, principalmente con la cantidad de celulosa, hemicelulosa insoluble, cutina y lignina (Pandolf y Clydesdale, 1992), además de la probable influencia del tamaño de partícula (Pérez-Navarrete, 2003).

Cuadro 7. Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE) (b. s.) de los residuos fibrosos del fruto del níspero.

Muestra	AE (%)	EE (%)
Níspero	2.14 ± 0.00	33.33 ± 0.00
Cáscaras de maracuyá ¹	2.85 – 3.57	60 – 65
Cáscaras de Mango Criollo ²	7.16 ± 1.45	55 ± 0.71

¹Cruz, 2002, ²García, 2003

Por los valores obtenidos, los nísperos se consideran un emulsificante pobre, pues para ser considerado como bueno, la estabilidad de la emulsión debe ser superior al 94%, considerándose emulsificantes pobres a las fibras con valores menores al 50% (Pérez-Navarrete, 2003). Debido a que sus propiedades no se lo permiten, el níspero deberá emplearse en productos donde no se requiera la formación de emulsiones; pero sí puede actuar fisiológicamente en el tratamiento de colesterolemia pues aunque la capacidad emulsificante sea baja, ésta se relaciona con la adsorción de ácidos biliares; el componente fibroso los adsorbe favoreciendo su excreción, de tal forma que para compensar la deficiencia, el hígado los sintetiza a partir del colesterol aportado por los alimentos disminuyendo su presencia en sangre (Olds, 1986).

V.2. Cáscara de Mango Obo.

V.2.1. Secado.

La figura 7, muestra la pérdida de peso para la cáscara de Mango Obo escaldado cuyo contenido de humedad inicial fue de 76.57%. En la primera etapa, se observó una rápida disminución de peso, dado que en este periodo se eliminó la mayor cantidad de agua libre (Casp y Abril, 1999).

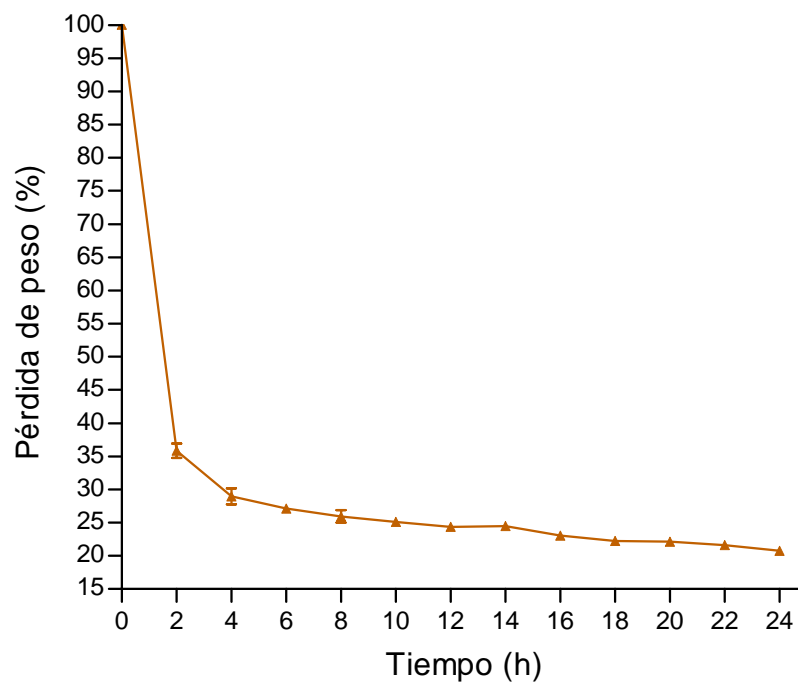


Figura 7. Curva de pérdida de peso de la cáscara de Mango Obo.

La reducción del peso de la cáscara de Mango Obo en las dos primeras horas fue al 35% ($H=42\%$) y a las cuatro al 28% ($H=37\%$); después de este punto la velocidad en pérdida de peso disminuyó notablemente, sin embargo la humedad del producto se mantuvo por arriba del 10% hasta las 16 horas ($H=12\%$), a las 18 horas transcurridas la humedad se ubicó en 8.9%. La humedad del material después de 24 horas fue de 2.1% y la materia seca representó aproximadamente el 23% del producto inicial. Esta humedad se ubica dentro de lo reportado para algunas cáscaras de frutas (2-10%) (Zambrano *et al.*, 1998).

La eliminación de agua se reduce, pues conforme el proceso se realiza, el diámetro de los poros se torna cada vez más pequeño y disminuye la capilaridad, dificultando la transmisión de materia a través del sólido (Casp y Abril, 1999). Cruz (2002) y García (2003) emplearon un tiempo de secado de 24 horas, para cáscara de maracuyá y mango criollo respectivamente, sin embargo, con la gráfica obtenida se puede establecer un tiempo de secado menor, entre 18 y 22 horas, lo cual representaría un ahorro de energía y por lo tanto una disminución en el costo de procesamiento. En este tiempo se alcanza una humedad en la que la acción bacteriana y enzimática no representan mayor problema pudiendo almacenarse los residuos a temperatura ambiente (Geankoplis, 1999).

V.2.2. Caracterización fisicoquímica.

V.2.2.a. Análisis de color.

Los valores de color que la cáscara de Mango Obo presentó se reportan en el Cuadro 8. Esta muestra se ubicó entre el amarillo y el rojo (a^* y b^* fueron positivos, y L fue mayor a 50) (Calvo y Durán, 1997), los valores numéricos obtenidos en h indicaron tonalidades que incluyen al naranja y ocre. Considerando al color amarillo como referencia, la muestra más amarilla fue la cáscara de Mango Obo escaldado ($b^*=25.26$), seguida de la correspondiente a la cáscara de Mango Criollo ($b^*=21.13$) y finalmente la del salvado de trigo ($b^*=14.57$).

Cuadro 8. Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo, cáscara de Mango Criollo y salvado de trigo.

FUENTE	PARÁMETRO				
	L	a^*	b^*	C^*	h
Cáscara de Mango Obo escaldado	61.74 ± 2.01	9.17 ± 0.61	25.26 ± 1.04	26.88 ± 0.89	70.01 ± 1.75
Cáscara de Mango Criollo	61.90 ± 0.66	7.30 ± 0.29	21.13 ± 1.00	22.36 ± 1.03	70.94 ± 0.23
Salvado de trigo	70.07 ± 0.90	5.76 ± 0.27	14.57 ± 0.68	15.67 ± 0.69	68.41 ± 0.88

Cada fuente de fibra dietética presenta una tonalidad característica y los parámetros de color (Cuadro 8) muestran cuán diversas pueden ser. Al ordenar en forma descendente los valores de C^* , las muestras se ubicarían de la siguiente manera, cáscara da Mango Obo escaldado, cáscara de Mango Criollo y salvado de trigo, siendo éste último el más oscuro. El color pudo cambiar según la variedad (Criollo–Obo), grado de madurez del fruto y por las condiciones de procesamiento; donde el escaldado al que se sometió la variedad Obo favoreció la fijación de color a diferencia del mango criollo que no fue escaldado, y lo más probable es que su coloración se haya debido a la acción enzimática (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999), además, durante el secado cambian las propiedades físicas y químicas del alimento como consecuencia de las reacciones de pardeamiento tanto enzimático como no enzimático; modificando la capacidad para dispersar, absorber y transmitir la luz de los materiales en estudio (Casp y Abril, 1999).

García (2003) reportó que la coloración ocre de la cáscara de Mango Criollo no escaldado, limitó el agrado de las galletas a las cuales fue adicionada, si se emplease cáscara de Mango Obo escaldada el grado de aceptación tal vez mejoraría, debido a que la ΔE fue de 4.53. El color que la cáscara de Mango Obo presentó permitiría su aplicación en productos de tonalidades más claras a la del salvado de trigo, ya que al calcular el valor de ΔE , éste fue de 13.97; siendo necesario controlar el nivel de incorporación. Prakongpan *et al.* (2002) proponen que las fuentes de fibra color amarillo se empleen en productos de panadería y aquellos con colores oscuros se empleen en productos cárnicos como hamburguesas.

V.2.2.b. Tamaño de partícula.

La cáscara de Mango Obo presentó la siguiente distribución de partícula (Figura 8) ordenada descendientemente: 49.18% en la malla 40 (500 – 425 μm), 23.30% en la 60 (425 – 250 μm), 9.09% en la 80 (250 – 180 μm), 7.38% en la 200 (150 – 75 μm), en la 100 (180 – 150 μm) se retuvo el 5.11%, en la 250 (75 – 58 μm) la retención fue de 4.53% y, finalmente, en la base ($\leq 58 \mu\text{m}$) se obtuvo un 1.40%. Se observó que en esta muestra el

porcentaje de retención disminuyó en forma casi proporcional al tamaño de partícula, a excepción de la malla 100 y 200, donde la segunda presentó una retención mayor.

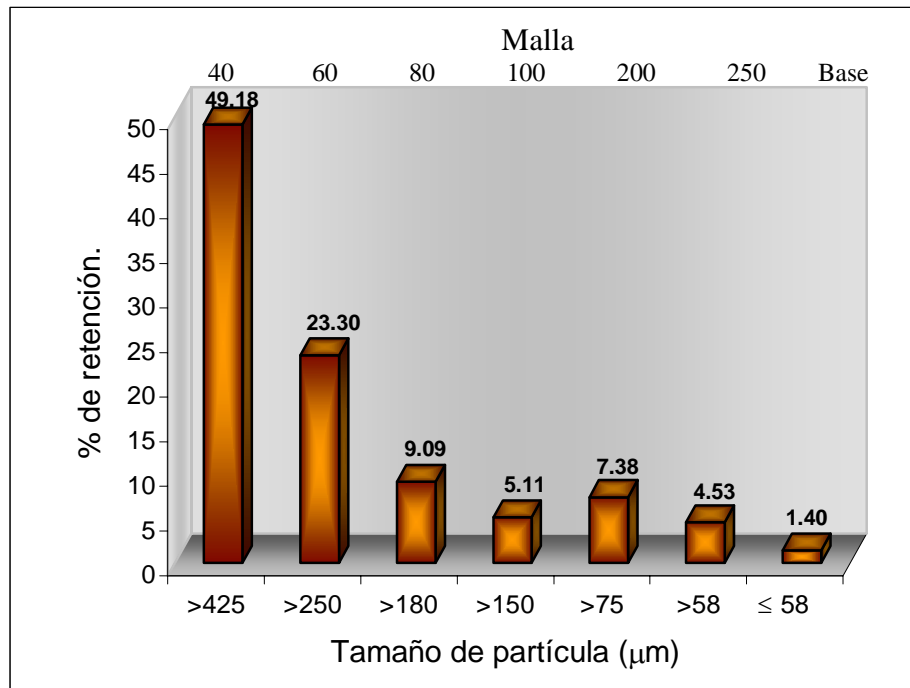


Figura 8. Distribución del tamaño de partícula (% en peso) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Se observó que la cáscara de Mango Obo presentó 72.48% de partículas con tamaño mayor a 250 μm, debido posiblemente a su fibrosidad, que se encuentra en función de la cantidad de celulosa (FDI), lo que representa una mayor resistencia a la molienda (Casp y Abril,1999); como lo reportaron López *et al.*, (1996), que observaron en muestras de alcachofa, que la fracción insoluble (alto contenido en celulosa) presentó mayor tamaño de partícula que la soluble.

Dado el tamaño de partícula, la cáscara de Mango Obo se podría emplear en alimentos semejantes a los elaborados con salvado de trigo como son el pan integral y las barras enriquecidas con fibra, así como aplicarse en alimentos destinados a personas con

problemas de glucemia (Cruz, 2002); teniéndose la ventaja de que en caso de requerir un tamaño de partícula en específico, se puede someter el material a un segundo paso de molienda o bien ajustar las condiciones de molienda para lograr el objetivo.

V.2.2.c. Composición proximal.

La composición proximal de la cáscara de Mango Obo escaldado se presenta en el Cuadro 9. El contenido de humedad (7.79%) fue mayor a la reportada por García (2003) en cáscaras de Mango Criollo (6.25%) y otras cáscaras de frutos que se emplean como fuente de FD (5-6%), debido posiblemente a que las cáscaras de mango no se sometieron a una trituración antes de ser secadas, lo que posiblemente influyó en la humedad final (Baquero y Bermúdez, 1998; y Tamayo y Bermúdez, 1998).

Cuadro 9. Composición proximal (% b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	7.79 ± 0.16
Cenizas	4.90 ± 0.08
Proteína cruda	6.79 ± 0.13
Grasa cruda	2.84 ± 0.08
Fibra cruda	16.36 ± 0.16
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	61.34 ± 0.30

El contenido de cenizas de la cáscara de Mango Obo (4.90%) fue menor al determinado en cáscara de Mango Criollo (5.43%) (García, 2003) y en cáscara de maracuyá (7.08 a 9.34%) (Cruz, 2002), pero mayor al reportado en cáscara de piña (3.0%) y naranja (3.2%) (Baquero y Bermúdez, 1998; Tamayo y Bermúdez, 1998). El contenido en cenizas indica la riqueza en minerales de la FD, siendo el Fósforo, el Magnesio y el Potasio los que

contiene el mango, principalmente (INNSZ, 1990). La diferencia en el contenido de minerales entre las variedades de mango puede deberse a que no todas las plantas absorben nutrientes en igual magnitud; dentro de los factores que influyen se encuentra la edad, densidad y distribución del sistema radicular; el grado de disolución de los minerales; la humedad del suelo, y los requerimientos propios de cada especie y variedad (Orozco *et al.*, 1992).

La cantidad proteica que presentó la cáscara de Mango Obo (6.79%) fue mayor a la que García (2003) reportó en cáscara de Mango Criollo (4.82%), la diferencia puede atribuirse a que se trata de variedades distintas aún cuando la especie sea la misma (Gheyas *et al.*, 1997). El contenido de proteínas en las fuentes de FD (salvado, cáscaras, bagazo de frutas y verduras) proviene principalmente de las glicoproteínas, constituyentes de la pared celular primaria. Su cantidad puede variar según las condiciones de cultivo, el grado de maduración y la capacidad que tenga la especie para fijar nitrógeno y transformarlo en proteína (Cruz, 2002). Aunque los frutos y sus subproductos no son fuente importante de proteína, la fracción indigerible, determinada como parte de la cuantificación de FD, toma importancia debido a su comportamiento como FD (Larrauri *et al.*, 1997); esta fracción fue de 5.27% en las cáscaras de la variedad Obo, lo que representó el 77% de la proteína total.

La cáscara de Mango Obo presentó mayor cantidad de grasa cruda (2.84%) que la variedad criolla (1.98%) (García, 2003), las cáscaras de naranja (0.6%) (Tamayo y Bermúdez, 1998) y maracuyá (0.49–0.79%) (Cruz, 2002). La diferencia obtenida en las cáscaras de mango puede deberse a la variedad. En los frutos el mayor contenido en grasa se encuentra en las semillas y en la cáscara, en ésta última, regulan la transpiración y proporcionan protección de gases atmosféricos e insectos (Badui, 1999).

La cantidad de fibra cruda lo determinan la fuente, el grado de madurez y el tratamiento al cual se somete el material para obtener la fibra dietética (Cruz, 2002). Esta cantidad fue de 16.36% para la cáscara de Mango Obo; al comparar esta cáscara con la de la variedad criolla (12.06%) (García, 2003) se observó que su contenido resultó mayor,

dicha diferencia se puede atribuir a la variedad y al proceso de escaldado, donde pudieron haberse drenado parte de los componentes de la FDS y aunque esta técnica cuantifica en mayor cantidad a la FDI (celulosa, lignina y hemicelulosa), la posible eliminación de la fracción soluble (pectinas, gomas, hemicelulosa soluble) ocasiona que la proporción de fibra cruda incremente.

El ELN fue de 61.34% en la cáscara de Mango Obo, siendo menor al contenido reportado en cáscara de Mango Criollo (69.46%) (García, 2003). En esta fracción pueden encontrarse cuantificados, además de los carbohidratos simples, cierta cantidad de pectinas, hemicelulosa y celulosa (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001), que son parte de la FD pero la técnica para fibra cruda no las incluye debido a que son hidrolizadas durante el procesamiento de la muestra (Zambrano *et al.*, 1998), que implica un tratamiento ácido-alcálico drástico en el que se pierde parte de la fibra considerada como dietética (Cho *et al.*, 1997), lo que ocasiona que los resultados correspondientes al ELN se encuentren sobreestimados.

V.2.3. Fracciones de Fibra Dietética.

En la figura 9 se presentan los resultados obtenidos para las fracciones de fibra dietética en los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo, observándose un contenido de 40% de Fibra Dietética Total (FDT), 12.6% de Fibra Dietética Soluble (FDS) y 27.5% de Fibra Dietética Insoluble (FDI).

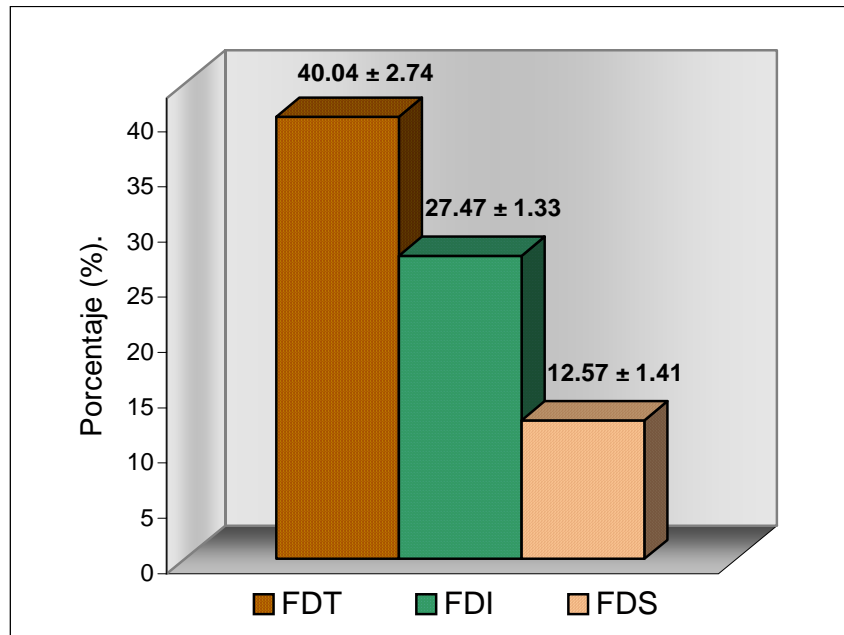


Figura 9. Contenido de Fibra Dietética Total (FDT), Soluble (FDS) e Insoluble (FDI) (% b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

La FDT en la cáscara de Mango Obo fue menor que la reportada por García (2003) para la cáscara de Mango Criollo (Cuadro 10), debido posiblemente a que se trata de variedades distintas y a que la primera se sometió a un proceso de escaldado donde pudo perderse parte de la fracción soluble (Casp y Abril, 1999). Al comparar el contenido en FDT de la cáscara de Mango Obo escaldada con cáscaras de maracuyá y naranja, se observó que fue menor.

Cuadro 10. Contenido de FDT de la cáscara de Mango Obo en comparación con otras fuentes.

Fuente	FDT (%)	FDS:FDI
Cáscara de Mango Obo	40.04	31:69
Cáscara de Mango Criollo ³	56.68	52:48
Cáscara de maracuyá ²	61.76 – 63.25	25:75
Cáscara de naranja ¹	79	43:57

¹Tamayo y Bermúdez, 1998; ²Cruz, 2002; ³García, 2003.

Si bien, el contenido de FDT fue menor, el balance que presentó en cuanto al contenido de fibra soluble e insoluble resultó bueno en términos de beneficio fisiológico (30 a 50% de soluble y de 70 a 50% de insoluble), (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999). En el Cuadro 10, se puede observar que la cáscara de Mango Obo presentó mejor balance al reportado en la cáscara de maracuyá, pero no mejor al reportado para la cáscara de naranja y de Mango Criollo; la ventaja que puede presentar la cáscara de Mango Obo sobre esta última, es que al ser escaldada no presentó el color ocre reportado por García (2003) , el cual limitó su aplicación en galletas; así se pueden encontrar buenas fuentes de fibra pero no llegan a aplicarse por alguna limitante sensorial. Generalmente los contenidos en FDS son mayores en frutas y verduras (Herrera *et al.*, 1998, y Ruales y Zumba 1998); en el caso de los residuos fibrosos analizados este comportamiento pudo observarse, aún cuando se supone que en el proceso de escaldado pudo perderse alguna cantidad de esta fracción.

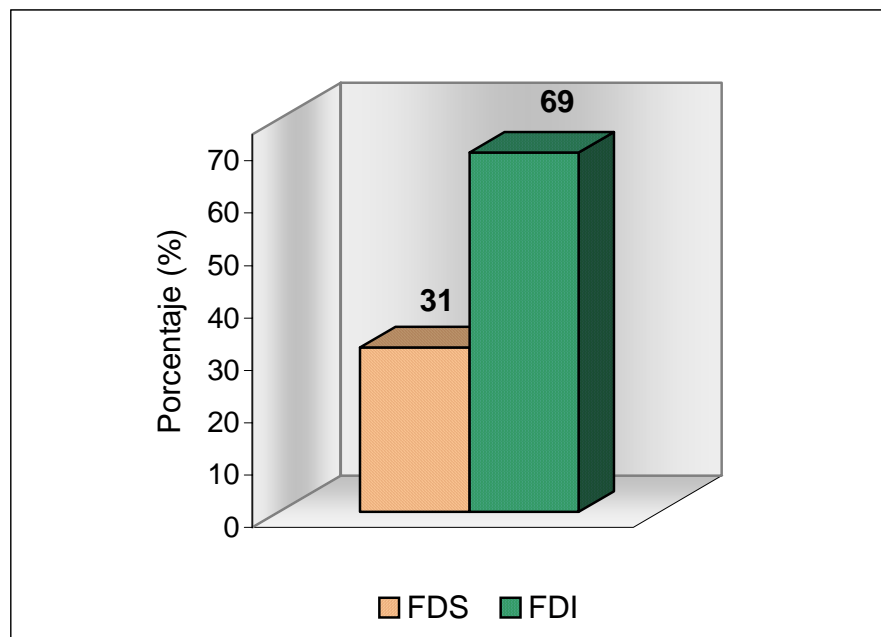


Figura10. Relación FDS:FDI en los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

En la figura 10 se puede observar el predominio de la proporción de FDI, constituida por celulosa, lignina y hemicelulosa, que casi no son susceptibles a la fermentación, por lo cual podría influir en la regulación intestinal, reduciendo el tiempo de tránsito de los alimentos e incremento del bolo fecal. Aunque la fracción soluble no fue tan alta, ésta tiene importancia, ya que incluye pectinas, gomas, mucílagos, hemicelulosas solubles y algunos polisacáridos de reserva de la planta, que influyen sobre la viscosidad del bolo alimenticio y del jugo gástrico en el estómago disminuyendo la velocidad de mezclado y absorción de nutrientes (Zambrano *et al.*, 1998) y al poder ser fermentada por las bacterias del colon, producen hidrógeno, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena corta, que son adsorbidos y metabolizados (Hernández- Unzón y Gallardo-Navarro, 1998), disminuyendo el riesgo de cáncer de colon y recto (Rosado y Díaz, 1995).

El estudio de la composición de la fibra en cuanto a sus fracciones soluble e insoluble, ayudan a predecir y entender el posible comportamiento de la misma ya sea en el organismo o en algún sistema alimenticio; es por esta razón que se debe caracterizar cada nueva fuente de fibra ya que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales se encuentran en función de su composición (Hernández- Unzón y Gallardo-Navarro, 1998).

V.2.4. Propiedades funcionales.

V.2.4.a. Capacidad de Retención de Agua (CRA) y aceite (CRa).

La cáscara de Mango Obo presentó mayor CRA que la cáscara de Mango Criollo y se ubicó dentro de lo reportado para algunas cáscaras de frutas (Cuadro 11). La CRA se relaciona con la composición de la FD en cuanto a su contenido de FDS y FDI, pues a mayor presencia de FDS dicha propiedad aumenta, debido a la propiedad de esta fracción para formar geles (Zambrano *et al.*, 2001); esta teoría se cumple al comparar los desechos de naranja con la fibra de maracuyá (Cuadro 18), pero no al comparar los resultados en las cáscaras de las dos variedades de mango; esta diferencia puede ser explicada dada la influencia del tamaño de partícula, la cual en el Mango Obo fue mayor que la reportada para el criollo; como se observó en estudios realizados en algunas fuentes de fibra, donde a menor tamaño de partícula la CRA disminuyó; Sangnark y Noomhorm (2003),

atribuyen este comportamiento a la posible ausencia de la matriz proporcionada por la celulosa (FDI), que resulta dañada en el proceso de molienda.

Cuadro 11. Capacidad de retención de agua (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Muestra	CRA (g agua/g fibra)	Tamaño de partícula	FDS (%)
Cáscara de Mango Obo	5.66 ± 0.07	72.5% > 250µm	12.57
Cáscara de Mango Criollo ³	4.07 ± 0.30	50.79% > 291 µm	29.46
Cáscara de naranja ²	7.65-8.23	65.9% > 250µm	34
Cáscara de maracuyá ¹	8.70	67.8% > 250µm	32.7

¹ Baquero y Bermúdez, 1998; ² Tamayo y Bermúdez, 1998; ³ García, 2003.

Los materiales estudiados presentaron una baja capacidad de ligar agua, pues según Leterme *et al.*, (1998) una alta capacidad oscila entre 10-12 g de agua retenida/g de fibra; tal fue el caso de la torta de maíz, fibra de maracuyá y la marca comercial Metamucil (Pérez-Navarrete, 2003). El valor de la CRA determina el grado en que una fibra se puede incorporar a un sistema alimenticio para no deteriorar la viscosidad ni la apariencia del producto (Larrauri *et al.*, 1997). El residuo fibroso de la cáscara de Mango Obo podría emplearse como ingrediente funcional, pues ayudaría a disminuir la sinéresis en productos como jaleas y mermeladas y a reducir el efecto de endurecimiento del pan por retrogradación del almidón (Badui, 1999); además de adicionarse en productos donde se requieran modificar las propiedades reológicas para mejorar tanto apariencia como aceptación, con la ventaja de reducir el contenido calórico, por la sustitución parcial de ingredientes altamente energéticos (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999).

La cáscara de Mango Obo presentó una CRA dentro del intervalo reportado para frutas completas (menor a 2 g de aceite/g de fibra) (Femenia *et al.*, 1994), siendo inferior a la reportada para cáscara de maracuyá y mayor a la de cáscara de Mango Criollo. Como

López *et al.*, (1997) señalaron, estos resultados pueden estar en función de la cantidad de FDI y en forma particular, de la cantidad de lignina presente, ya que Sosulski y Cadden – citado por López *et al.*, (1996)– encontraron que las fuentes ricas en lignina poseen una mayor capacidad de adsorber y retener grasa, este comportamiento se pudo observar al comparar las fuentes antes señaladas (Cuadro 12); en las que además de la cantidad de FDI presente pudo influir el tamaño, forma y área superficial de las partículas de fibra (López *et al.*, 1997).

Cuadro 12. Capacidad de retención de aceite (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Muestra	CRA (g aceite/g fibra)	Tamaño de partícula	FDI (%)
Cáscara de Mango Obo	1.38± 0.00	50.9% < 250 µm	27.47
Cáscara de Mango Criollo ²	1.34± 0.09	42.3% < 291µm	27.21
Cáscara de maracuyá ¹	1.50	NR	49.4

¹ Baquero y Bermúdez, 1998; ²García, 2003.

En el caso de los materiales en estudio, pueden emplearse en productos donde no se desee una alta retención de aceite, como en bocadillos fritos, churros y donas; reduciendo así la apariencia de productos embebidos en aceite.

V.2.4.b. Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CA_d) y Capacidad de Absorción de agua y (CA_b).

Los valores de hinchamiento, adsorción y absorción de agua que las cáscaras de Mango Obo presentaron se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de Adsorción de agua (CAd) y Capacidad de Absorción de agua (CAb) (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Característica funcional	Cáscara de Mango Obo	Cáscara de Mango Criollo	Cáscaras de frutas
CH (mL/g)	5.80 ± 0.01	4.59 ± 0.01	5.3 – 7.8 ¹
CAd (%)	63.79 ± 0.83	61.71 ± 1.10	30 – 158 ²
CAb (g agua/g fibra)	3.34 ± 0.02	2.85 ± 0.00	1.42 – 6.36 ²

¹ Intervalo obtenido de los resultados reportados por Baquero y Bermúdez (1998) y por Tamayo y Bermúdez (1998). ² Intervalo obtenido de los resultados reportados por Zambrano *et al.*, 2001.

La CH de la cáscara de Mango Obo se ubicó dentro del intervalo reportado para algunas cáscaras de frutas empleadas como FD y fue mayor a la de la variedad criolla (Cuadro 13); esta diferencia pudo ser causada por la cantidad de fibra insoluble que fue mayor en la cáscara de Mango Obo, como lo observaron López *et al.*, (1996) en fibra de alcachofa, donde la FDI presentó mayor capacidad de hinchamiento que la FDS; Femenia *et al.*, (1997) también señalaron que a mayor proporción de FDI, mayor es la capacidad de hinchamiento. Sobre esta característica también tienen influencia la estructura, la forma y el tamaño de las partículas (López *et al.*, 1996); éste último factor, asociado con la cantidad de celulosa presente en la muestra, pudo influir en los valores obtenidos, ya que tanto el tamaño de partícula como la fracción insoluble fueron ligeramente mayores en la cáscara de Mango Obo que en la de criollo.

La CAd en la cáscara de Mango Obo fue mayor que en la cáscara de Mango Criollo, debido a la mayor cantidad de carbohidratos totales cuantificados como ELN y al mayor tamaño de partícula, lo que posiblemente permitió la introducción del agua con mayor facilidad. Ambos valores se ubicaron dentro del intervalo reportado para algunas fuentes de FD, pudiéndose decir que su CAd fue media – baja de acuerdo al intervalo mencionado por Zambrano *et al.*, (2001), por lo que estos materiales y sus productos

podrían almacenarse en recipientes cerrados sin que pudiera presentarse aglomeración o pérdida de firmeza por la hidratación.

La CAb fue mayor en la cáscara de Mango Obo que en la cáscara de Mango Criollo, ubicándose ambos valores dentro del intervalo reportado para algunos residuos fibrosos (Zambrano *et al.*, 2001). En esta propiedad se incluye al agua fuertemente ligada y aquella que puede eliminarse debido a que su unión no es lo suficientemente fuerte para permanecer enlazada; sobre esta propiedad tiene influencia la composición de la pared celular y la presencia de grupos funcionales libres con capacidad de enlazar agua, ya sea por interacciones físicas o químicas; de manera que el origen de la fuente y las cantidades presentes de FDS y FDI delimitan el comportamiento (Zambrano *et al.*, 1998; y Badui, 1999).

Los resultados obtenidos, mostraron discrepancias en cuanto al concepto de Retención y Absorción; atribuido a la metodología empleada en su valoración (Zambrano *et al.*, 2001), por la controversia que presentan algunos resultados la AACC propone emplear ambos términos como sinónimos, indicando las condiciones bajo las cuales se realizó la determinación (AACC, 1984). En cuestiones tecnológicas, éstos resultados son importantes, ya que la CAb debe ser considerada durante el proceso al que se somete el material y la CRA es de utilidad una vez que el producto ha sido terminado, para conservar la apariencia de fresca, como en jaleas y panes (López *et al.*, 1997).

V.2.4.c. Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE).

Las características de emulsificación de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo se reportan en el Cuadro 14; se observó menor AE que en la cáscara de Mango Criollo, sin embargo, la EE fue semejante. Al compararla con la cáscara de maracuyá, la AE fue más alta pero menos estable.

Cuadro 14. Actividad Emulsificante (AE) y Estabilidad de la Emulsión (EE) (b. s.) de los residuos fibrosos de la cáscara de Mango Obo.

Cáscaras	AE (%)	EE (%)
Mango Obo	6.43 ± 0.00	55.55 ± 0.00
Mango Criollo ²	7.16 ± 1.45	55 ± 0.71
Maracuyá ¹	2.85 – 3.57	60 – 65

¹Cruz, 2002; ²García, 2003.

Las diferencias en estas propiedades pueden estar relacionadas con el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina (Pandolf y Clydesdale, 1992), componentes que podrían encontrarse en mayor cantidad en la variedad criolla. La cáscara de mango resultó ser pobre emulsificante, debido a que la EE fue menor al 50% y para que una fuente de FD se considere como buen emulsificante la estabilidad de la emulsión debe ser superior al 94% (Pérez-Navarrete, 2003); tal es el caso de los residuos fibrosos de *C. Ensiformis* que presentaron una EE de 100% (Peraza, 2000). Los resultados mostraron que la cáscara de Mango Obo deberá emplearse en productos donde no se requiera la formación de emulsiones, como bebidas instantáneas y galletas; y debido a que la actividad emulsificante se relaciona con la adsorción y excreción del colesterol, podría emplearse en la elaboración de productos dirigidos a su reducción (Olds, 1986).

VI. CONCLUSIONES.

La curva de secado ensayada indicó que el tiempo de secado puede reducirse a menos de 24 horas, de 6 a 8 para los nísperos y de 18 a 20 para la cáscara del mango, pues en ese tiempo la humedad baja a menos del 10%, porcentaje considerado seguro para el almacenamiento a temperatura ambiente.

Ambas muestras presentaron un color ubicado entre el amarillo y el rojo, siendo la cáscara de Mango Obo de color más oscuro ($C^*=26.88$ y $h=70.01$) que los nísperos ($C^*=29.51$ y $h=70.81$), pudiéndose emplear en productos con coloraciones similares, como los de panadería (Mango Obo) y galletas (níspero).

La cáscara de Mango Obo presentó mayor retención en la malla 40 ($>425 \mu\text{m}$) y los nísperos presentaron un tamaño de partícula más heterogéneo, debido posiblemente a su menor resistencia a la molienda.

La composición proximal de los residuos fibrosos estudiados fue la siguiente, 5.79% de humedad, 3.93% de cenizas, 7.16 % de proteína cruda, 2.31% de grasa cruda, 4.69% de fibra cruda y 76.14% de ELN para los nísperos; y 7.79% de humedad, 4.90% de cenizas, 6.79 % de proteína cruda, 2.84% de grasa cruda, 16.36% de fibra cruda y 61.3% de ELN en la cáscara de Mango Obo.

Se encontró que los nísperos tuvieron menor cantidad de FDT que la cáscara de Mango Obo (17.15 y 40.04% respectivamente) y la relación FDS:FDI fue 30:70 para el níspero y 31:69 para la cáscara de Mango Obo, lo que indica que ambos materiales son buena fuente de FD y con buen balance, pudiéndose emplear en la formulación de alimentos con bajo contenido calórico y para el control de algunas enfermedades gastrointestinales.

Las propiedades funcionales que el níspero presentó (CRA=3.8 g agua/g fibra, CRa= 1.29 g aceite/g fibra, CH=3.61 mL/g fibra, CAd=85.85%, CAb 1.31 g agua/g fibra, AE=2.14% y EE=33%); indicaron que puede emplearse como ingrediente en la formulación de alimentos enriquecidos en fibra como pueden ser concentrados de fibra, barras de fibra y galletas, requiriendo de envases que ofrezcan buena barrera a la humedad. Debido a su baja EA no podrá emplearse en productos que requieran la formación de emulsiones, pero puede combinarse con alguna otra fuente de FD para mejorar sus características.

Las propiedades funcionales que en la cáscara de Mango Obo se encontraron (CRA=5.6 g agua/g fibra, CRa= 1.38 g aceite/g fibra, CH=5.8 mL/g fibra, CAd=63.8%, CAb 3.34 g agua/g fibra, AE=6.43% y EE=55%); pueden permitir su incorporación a sistemas alimenticios que requieran de hidratación, viscosidad y conservación de frescura, como los productos de panadería y algunos cárnicos como hamburguesas, otra de las posibles aplicaciones de esta fuente de fibra es en la elaboración de concentrados de fibra.

VII. RECOMENDACIONES.

La determinación de las fracciones de Van-Soest podrían ayudar a predecir y explicar el comportamiento de la fibra, ya que estos estudios cuantifican celulosa, lignina, cutina y hemicelulosa.

Se propone la incorporación y evaluación de ambos materiales en algún sistema alimenticio para evaluar su comportamiento.

La evaluación de las propiedades fisiológicas, como la capacidad antioxidante y capacidad de absorción de moléculas orgánicas resultaría interesante, pues al tratarse de frutos cabe la posibilidad de que algunos de sus componentes asociados a los pigmentos presenten estas propiedades; la realización de una prueba de capacidad de ligar metales sería de utilidad para valorar el posible efecto o intervención de la fibra en la absorción de cationes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- A.A.C.C. American Association of Cereal Chemist. 1984, Approved methods of the American Association of Cereal Chemist. St Paul MN.
- A.A.C.C. *American Association of Cereal Chemist*. 2001, The definition of dietary fiber. 46, 112-124.
- A.O.A.C *Association of Oficial Analytical Chemists*. 1997, Official methods of analysis, Editorial Gaithersburg. Cap. 2-13,14; Cap. 4-13, Cap. 25-28; Cap. 32-1,2.
- Archibald, Douglas y Sandra Kays. 2000, Deremination of total dietary fiber of intact cereal food products by near-infrared reflectance. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4477-4486.
- Arthey, David y Colin Dennis.1991, *Procesado de Hortalizas*, Editorial Acribia, España, 98.
- Artz, W. E.; C. C. Waren, A. E. Mohring y R. Villota. 1990, Incorporation of Corn fiber into Sugar snap cookies. *Cereal Chem.* 67 (3), 303-305.
- Auffret, A. M-C. Ralet, F. Guillon, J-L. Barry y J-F- Thibaulf. 1994, Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres. *Lebensm Wiss u TechndK* 27, 166-172.
- Augstburger, F.; Christine Streit, Joachim Milz, Jörn Berger, Petra Heid y Udo Censkowsky. 2000, *Agricultura Orgánica en el trópico y subtrópico*. Mango, Asociación Naturland, Alemania.
- Badui Dergal, Salvador. 1999, *Química de los alimentos*, Editorial Universidad Alambra, México, 108.
- Baquero, Claudia y Ana Silvia Bermúdez. 1998, Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. En *Temas de Tecnología de alimentos*. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 207-214.
- Barbosa-Canovas, Gustavo; Ph.D. Li Ma, Ph.D. Blas Barletta, M. S. 1997, *Manual de laboratorio de ingeniería en alimentos*. Editorial Acribia, España. 71-78.
- Bello G., José. 2000, *Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España, 240-242.

- Betancur-Ancona, David., Gwendolyne Peraza-Mercado, Yolanda Moguel-Ordoñez y Sonia Fuertes Blanco. 2004, Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry* 84, 287-295.
- Bravo, Laura, Nora Grados y Fulgencio Saura-Calixto. 1998, Characterization of syrups and dietary fiber obtained from Mesquite pods (*Prosopis pallida* L). *J. Agric. Food Chem.* 46, 1727-1733.
- Calixto, Saura; Goñi Cambrodón, Martín Albarrán y R. Pulido Ferrer. 2002, Fibra dietética en cerveza: contenido, composición y evaluación nutricional. Centro de Información Cerveza y Salud. España. 4-19, 43
- Calvo, Carlos y Luis Durán. 1997, Propiedades físicas II. Ópticas y color. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 1; editado por José Miguel Aguilera, CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 261-288.
- Casp V., Ana y José Abril R. 1999, Procesos de conservación de alimentos, Ediciones Mundi Prensa, España 332-336.
- Chau, C. F; Cheung, K. y Wong, Y. S. 1997, Funtional properties of Protein Concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal Agricultural Food Chemistry.* 45, 2500-2503.
- Chen, J., M. Piva y T. P. Labuza. 1984, Evaluation of Water Binding Capacity (WBC) of food fiber sources. *Journal food science.* 49, 59-63.
- Cho, Sungsoo; Jhonathan W. De Vries y Leon Prosky. 1997, Dietary Fiber, Análisis and Applications, AOAC International, USA. 1-9, 49-60, 119-132
- Cruz, Marisa. 2002, “Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*)” Tesis. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Cummings, John H., George T Macfarlane y Hans N. Englyst. 2001, Prebiotic digestion and fermentation. *Am. J Clin Nutr.* 73, 415S- 420S.
- De Vries, J. W., L. Prosky, B. Li y S. Cho. 1999, A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal foods world.* 423-01O, 367-369.
- Dickinson, Eric. 1995, Emulsion stabilization by polysaccharides and protein-polysaccharide complexes. En Food polysaccharides and their applications; editado por Alistair M. Stephen, *Marcel Dekker, Inc.*, USA. 501-502.

- Duque R. L., N. Y. Gallardo, M. A. Santoyo y P. Ma. E. Sánchez. 1998, Efecto fisiológico de seis tipos de fibras dietéticas sobre el volumen fecal en ratas *Wistar*. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. 79-85.
- Eastwood, Martín. 1993, La fibra dietética y la función gastrointestinal. *Dieta y salud*. Vol 2 no.2 publicación semestral Kellogg's. URL: www.kellogg's-nutrición.com/dieta-salud Consultada el 16 de Octubre de 2004.
- ECN. 2003, El cultivo del níspero. URL: www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/nisperos.asp. Consultada el 5 de noviembre de 2003.
- Femenia, A., A. C. Lefebvre, J.Y. Thebaudin, J. A. Robertson y C. M. Bourgeois. 1997, Physical and sensory propertie of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of food science*. 62, 635-639.
- Fernández Pérez, Marilis y José Luis Rodríguez Sánchez. 2001, Tecnología para la obtención de fibra dietética a partir de materias primas regionales. La experiencia en Cuba. En Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 212-213.
- Fuertes S. 1998, Tendencias actuales en el uso de la fibra dietética en la alimentación. Séptimo simposio de alimentos. Universidad Autónoma de Yucatán. 1-25.
- Fuertes, S; Ayala, B; Ledesma, L; Zumbado, H. y Benedicto, C. 1993, Utilización del Figura 1. Níspero japonés salvado de arroz precocido en la elaboración de panqué. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química*, Universidad Autónoma de Yucatán. 22, 11-14
- García, Itzel. 2003. "Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de Mango Criollo (*Mangifera indica L*) y su incorporación en galletas". Tesis. Universidad Tecnológica de la Mixteca. México.
- Geankoplis C. J. 1999, Procesos de transporte y operaciones unitarias. 3ª edición. Editorial CECSA, México. 579, 596-599.
- Gheyas, Ferdous., Silvia M. Blankenship, Eric Young y Roger McFeeters. 1997, Dietary fibre content of thirteen apple cultivars. *J.Sci.Agric*. 75, 333-340.
- Goñi C., Isabel y Nuria Martín-Carrón. 2001, Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente. En Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 312- 324.

- Granada.org. 2003, Ayuntamiento de Granada, medio ambiente: guía de parques y árboles. URL: [www.granada.org/internet/arboles.nst/o/b491563268836627c12568c1002bbac4?](http://www.granada.org/internet/arboles.nst/o/b491563268836627c12568c1002bbac4?OpenDocument) Consultado el 5 de noviembre de 2003
- Grigelmo-Miguel, Nuria; Shela Gorinstein y Olga Martín-Belloso. 1999, Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food chemistry* 65, 175-181.
- Grigelmo-Miguel, N. y O. Martín-Belloso. 1999, Influence of fruit dietary fibre addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. *Journal of Food Engineering* 41, 13-21.
- Hart, F. Leslie y Harry J. Fisher. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos. Editorial Acribia, España. 19.
- Hernández-Unzón, H. Y. y Y. Gallardo-Navarro. 1998, Composición parcial de los polisacáridos de las fibras de chayote, brócoli y mamey. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 43-53.
- Herrera, I., E. González y J. Romero. 1998, Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 149-154.
- Hueso, Martín y Francisca Alonso, 2002. Cultivo intensivo bajo plástico de níspero japonés CV "Magdall". URL: www.laspalmerillas.cajamar.es/Ensayos02/ Consultado el 12 de enero de 2004.
- Hughes, Joe S. 1991, Potential contributin of dry bean dietary fiber to health. *Food Technology*. September, 122-125.
- IDEA. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. 2002, Procesamiento del mango, Boletín técnico No. 16.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998, Cultivos perennes de México, VII censo agropecuario de México; 185-189.
- INNSZ. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. 1990, Tablas del valor nutritivo de los alimentos con mayor consumo en México.
- Ito, Hideyuki., Eri Kobayashi, Shu-Hua Li, Tsutomu Hatano, Daigo Shugita, Naoki Kubo, Susumu Shimura, Yoshio Itoh, Harukuni Tokuda, Hoyoku Nishino y Takashi Yoshida. 2002. Antitumor Activit of Compounds Isolated from Leaves of *Eriobotrya Japonica*. *J. Agric. Food Chem.* 50, 2400-2403.

- Jaime, Laura., Esperanza Mollá, Almudena Fernández, María A. Martín-Cabrejas, Francisco J. López-Andréu y Rosa M. Esteban. 2002. Structural Carbohydrates Differences and Potential Source of Dietary Fiber of Onion (*Allium cepa* L.) Tissues. *J. Agric. Food Chem.* 50, 122-128.
- Jiménez-Escrig, Antonio., Mariela Rincón, Raquel Pulido y Fulgencio Saura-Calixto. 2001, Guava fruti (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* 49, 5489-5493.
- Kays, Sandra y Franklin Barton. 2002, Near-infrared analysis of soluble and insoluble dietary fiber fractions of cereal food products. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3024-3029.
- Kirk, Ronald S., Ronald Sawyer y Harol Egan. 2002, Composición y análisis de los alimentos de Pearson, Editorial CECSA, México, 29-34.
- Larrauri José A., Isabel Goñi, Nuria Martín-Carrón, Pilar Rupérez y Fulgencio Saura-Calixto. 1996, Measurement of health-promoting properties in fruti dietary fibres: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index. *J. Agric. Food Chem.* 71, 515-519.
- Larrauri José A., Pilar Rupérez Bárbara Borroto y Fulgencio Saura-Calixto. 1997, Seasonal changes in the composition and properties of a high dietary fiber powder from grapefruit peel. *J. Sci. Food Agric.* 74, 308-312.
- Leterme, Pascal; Eric Froidmont, Florence Rossi y André Théwis. 1998, The high water-holding capacity f pea inner fibers affects the ileal flow of endogenous amino acids in pigs. *J. Agric. Food Chem.* 46, 1927 – 1934.
- López, G.; G. Ros, F. Rincón, M. J. Periago, M. C. Martínez y J. Ortuño. 1996. Relationship between physical and hidration properties of soluble and insoluble fiber of artichoke. *J. Agic. Food Chem.* 44, 2773-2778.
- López, Gines; Gaspar Ros, Francisco Rincón, Ma. Jesús Periago, Carmen Martínez y Josefina Ortuño. 1997. Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto intestinal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 47:203-207.
- López, L. 1998, Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero *Eriobotrya japonica* Thunb Lindl. En Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S. C. México. 109-114.
- López, V. S. y Marcos, A. 1999, La Fibra de cada día. *Cuadernos de nutrición.* 22 (3) 109-114.

- Manrique G., Daniel y Franco Ma. Lajolo. 2001, Maduración, almacenamiento y procesamiento de frutas y vegetales: Modificaciones en los componentes de la fibra soluble. En *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 284 – 288.
- Manthey, Frank A., Gary A. Hareland y Donna J. Huseby. 1999, Soluble and insoluble dietary fiber content and composition in oat. *Cereal Chem.* 76 (3) 417-420.
- Marlett A., Judith y Nicholas W. Vollendorf. 1994, Dietary fiber content and composition of differet forms of fruits. *Food Chemistry*. 51, 39-44.
- Matissek, Reinhard; Gabriele Steiner y Frank-M. Schnepel. 1998, Análisis de los alimentos, fundamentos- métodos- aplicaciones, editorial Acribia S. A. España, 22-27.
- McDougall, Gordon J., Ian M. Morrison, Derek Stewart y John R. Hillman. 1996. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *J. Sci. Food Agric*. 70, 133-150.
- Monro, John A. 1993, A nutritionally valid procedure for measuring soluble dietary fibre. *Food Chemistry* 47, 187-193.
- Montgomery Douglas C. 1991, Diseño y Análisis de Experimentos, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 66-67.
- NOM – 129 – SCFI – 1998. MANGO. Información comercial – etiquetado de productos agrícolas – mango. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- Olds Schneeman, Barbara. 1986, Dietary fiber: Physical and chemicl properties, methods of analysis, and physiological effects. *Food Technology*. February, 104- 110.
- Orozco Luna, F., F. Kirchner Salinas E. López González e I. Johan D. Berlijn. 1992, Suelos y fertilización, manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas, 30.
- Pak D., Nelly. 2001, Fibra dietética en alimentos chilenos. En *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 180-185.
- Pandolf, T. y F. M. Clydesdale. 1992, Dietary fiber binding of bile acid through mineral supplementation. *J. Food Sci*. 57, 1242-1245.

- Peraza, G. 2000. Caracterización de los residuos fibrosos de *Canavalia ensiformis* L. y *Phaseolus lunatus* L. y su incorporación a un producto alimenticio. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán-Facultad de Ingeniería Química. México.
- Peraza, G.; O. Moguel; B. S. Fuertes y A. D. Betancur. 2001, Caracterización de los residuos de *Canavalia ensiformis* L. y *Phaseolus lunatus* L. y su incorporación a un producto alimenticio. *Revista Cubana de Farmacia*.
- Pérez-Hidalgo, M., E. Guerra-Hernández y B. García-Villanova. 1997, Determination of insoluble dietary fiber compounds: cellulose, hemicellulose and lignin in legumes. *Ars Pharmaceutica* 38 (4), 357-364.
- Pérez-Navarrete, Cecilia. 2003, "Elaboración y caracterización de complementos alimenticios con alto contenido en fibra dietética de maracuyá (*Pasiflora edulis*)" Tesis. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Prakongpan, T., A. Nitithamyong y P. Luangpituksa. 2002, Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *Journal of Food Science* 67, 1308-1313.
- Prosky, L; Asp, N; Schweizer, T; De vires, J. y Fruda, I. 1988, Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and foods products: Interlaboratory study. *Journal of the A.O.A.C.* 71, 1017-1023.
- Redgwell R., D. Curti; S Hediger; A. Manez; S. Merinat y V. Trovato. 2003, Dietary fibre in cocoa shell: characterization of component polysaccharides. *Food Chemistry* 80, 103-112.
- Reyes H. A.; O. E. García, R. B. Infante, C. J. Rivera y M. C. Morón. 1998, Estudio bioquímico de dos tipos de cereales (maíz y arroz) y productos derivados de su procesamiento. En *Temas de Tecnología de alimentos*. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. 143-148.
- Richard M., Faulks y B. Timms. 1985, A rapid method for determining the carbohydrate component of dietary fibre. *Food Chemistry* 17, 273-287.
- Rosado, Jorge L. y Margarita Díaz. 1995, Propiedades fisicoquímicas relacionadas con función gastrointestinal de seis fuentes de fibra dietética. *Rev. Invest. Clin.* 47, 283-289.
- Ruales, Jenny y José Zumba. 1998, Cuantificación y caracterización de fibra dietética en frutas y hortalizas ecuatorianas. En *Temas de Tecnología de alimentos*. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 55-59.

- Ryugo, Kay. 1993, Fruticultura, Ciencia y arte. Editorial AGT, México, 23-29.
- SAGARPA- OAX. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Delegación Oaxaca. 2002, Cultivos Perennes.
- Sangnark, Arpathsra y Athapol Noomhoym. 2003, Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food Chemistry* 80, 221-229.
- Santos M. A. 1995, Química y Bioquímica de alimentos. UACH, México, 11-24, 43-60, 177-200.
- Saura-Calixto, Fulgencio y Alejandra García-Alonso. 2001, Metodología para el análisis de fibra y carbohidratos. En *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora, Brasil, 17-25.
- SEDAF. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal. 2003, Oaxaca, primer exportador de mango de calidad hacia EU. URL: <http://www.oaxaca.gob.mx/noticias/160403.htm> Consultada el 14 de diciembre de 2003
- SEDIC- OAX. Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial, Delegación Oaxaca. 1999, Mango de Oaxaca. URL: <http://oaxaca.gob.mx/sedic/agronegocios/spanish/mango.html> Consultada el 14 de diciembre de 2003
- Selvedra, R. R. y Stevens, B. J. 1985. Developments in the isolation and analysis of cell walls from edible plants. En *Biochemistry of cell plant*. Editado por C. J. Brett y J. R. Hillmans. Cambridge University. Londres. 39-78.
- SIAP. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2002, Avance de siembras y cosechas, Perennes 2002. México. URL: <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/agricultura/perennes/> Consultada el 20 de Enero de 2004
- Tamayo Yolanda y Ana Silvia Bermúdez. 1998, Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En *Temas de Tecnología de alimentos*. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 181-189.
- Toshihide Kabuki, Hadjime Nakajima, Megumi Arai, Shigeko Ueda, Shun'ichi Dosako y Yoshiharu Kuwabara. 2000, Caracterización of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica L*) kernel seeds. *Food Chemistry* 71, 61-66.

- Wittig De Penna, Emma; 2001, Elaboración de productos alimenticios con fibra. La experiencia en Chile. En Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 257.
- Zambrano Z., María de la Luz; Alma Delia Hernández Hernández y Yoja Gallardo Navarro. 1998, Caracterización fisicoquímica del Nopal. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 29-41.
- Zambrano Z., María de la Luz; Rosalía Meléndez Pérez y Yoja Teresa Gallardo Navarro. 2001, Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora, Brasil, 195-209.