



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

“Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L) y su incorporación en galletas”

TESIS

Para obtener el título de:

Ingeniero en Alimentos

Presenta:

García Luna Itzel Nashielli

Directores de Tesis:

M.C. Jesús G. López Luna

Dr. David Betancur Ancona

Huajuapán de León, Oax. Julio del 2003.

DEDICATORIAS

A Dios por darme fuerza, voluntad y valor pero principalmente por ser mi guía en la vida.

A mis Padres, a mi hermano Víctor y a mi Familia por apoyarme siempre, por su ejemplo de constancia, disciplina y su aliento para lograr mis metas.

A mi hijo Alejandro por ser mi razón de ser e iluminar mi vida con su sonrisa.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Jesús López Luna por brindarme su apoyo y sus conocimientos, por ser un buen asesor pero sobre todo por su amistad.

Al Dr. David Betancur Ancona por sus enseñanzas, experiencia y apoyo para la realización de este proyecto.

A la Universidad Tecnológica de la Mixteca por formarme profesionalmente con disciplina y calidad.

Al T. A. Félix Rascón y a la Q. B. P. Rita Velásquez por su apoyo para la realización de este proyecto.

Al Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca por el equipo facilitado para la realización de esta tesis

A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán por las instalaciones, equipo y reactivos facilitados para la realización de esta tesis.

Al M.C. Santiago Gallegos Tintoré y al Q.I. Cecilia Pérez Navarrete por su apoyo y enseñanzas, por ser mis amigos y hacer de mi estancia en Mérida una experiencia inolvidable.

Al C.P. Pedro Ángeles Gaytán por su confianza.

A Lucy, Beto, Pavlov y Hugo por los momentos inolvidables y lograr un sueño juntos.

A mis amigos, maestros, compañeros y a todas las personas que en algún momento me apoyaron y compartieron esa magia que es la amistad y el amor a la profesión.

ÍNDICE GENERAL

Índice General	iii
Lista de cuadros	v
Lista de figuras	vi
Resumen	vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
II.1.Generalidades del Mango	2
II.2. Producción	3
II.3. Comercialización	4
II.4. Aprovechamiento de desechos industriales	5
II.5. Definición de Fibra Dietética	7
II.6. Clasificación	8
II.7. Componentes de la fibra dietética insoluble (FDI)	9
II.8. Componentes de la fibra dietética soluble (FDS)	10
II.9. Propiedades funcionales de la Fibra Dietética	12
II.10. Efectos terapéuticos derivas del consumo de Fibra Dietética	14
II.11. Alimentos Enriquecidos con fibra	15
II.12.Galletas, definición y clasificación	16
III. Objetivos	18
III.1. General	18
III.2. Específicos	18
IV. Metodología	19
IV.1. Materiales, reactivos y equipo	19
IV.2. Obtención de la materia prima	19
IV.3. Obtención del residuo fibroso	19
IV.4. Caracterización fisicoquímica	20
IV.5. Propiedades funcionales	22
IV.6. Elaboración de las galletas	24

IV.7. Evaluación sensorial	25
IV.8. Caracterización del producto	25
IV.9. Análisis Estadístico	25
V. Resultados y discusiones	26
V.1. Obtención del residuo fibroso	26
V.2. Composición fisicoquímica	26
V.3. Propiedades funcionales	31
V.4. Evaluación sensorial y composición química del producto alimenticio	34
Conclusiones	39
Recomendaciones	41
Bibliografía	42
Anexos	50

LISTA DE CUADROS

1.	Distribución de partícula (%) del residuo fibroso obtenido de la cáscara de mango criollo	26
2.	Composición química (% b.s) del residuo fibroso de mango criollo	27
3.	Capacidad de retención de agua y aceite (% b.s) de diferentes residuos fibrosos.	32
4.	Composición proximal (% b.s) de las galletas elaboradas a base de salvado de trigo y los residuos fibrosos de mango criollo	36

LISTA DE FIGURAS

1.	Mango regional denominado “mango criollo”	2
2.	Principales estados productores de variedades comerciales de mango en el 2001.	4
3.	Contenido de FDT, FDI y FDS del residuo fibroso obtenido de la cáscara de mango criollo	29
4.	Resultados de la evaluación sensorial de las galletas de mango y salvado	35
5.	Contenido de FDT, FDS y FDI de las galletas de mango y salvado	38

RESUMEN

Con la finalidad de buscar fuentes alternas de fibra dietética y considerando que la industria alimentaria requiere de la incorporación de la misma en los productos alimenticios, se ha encontrado que los concentrados de fibra dietética de frutas en general son de mejor calidad que la proveniente de granos alimenticios (cereales y leguminosas). Debido a esto el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos fibrosos de la cáscara de mango criollo (*Mangifera indica* L) proveniente de la región de Cuicatlán, Oax, obtenidos como desecho del proceso de extracción de la pulpa de dicha fruta.

Los residuos fibrosos presentaron un tamaño de partícula menor a 291 μm , 6.25 % de humedad, 5.43% de cenizas, 4.82% de proteína cruda, 1.98% de grasa cruda, 12.06 % de fibra cruda, 75.71% de E.L.N., 56.68% de fibra dietética total, 29.46% de fibra dietética soluble y 27.21% de fibra dietética insoluble.

Funcionalmente se obtuvo una retención de agua y de aceite de 4.07 ml agua/g muestra y 1.46 g aceite/ g muestra, respectivamente, una actividad emulsificante de 7.16% y una estabilidad de la emulsión de 55%.

Al incorporarse los residuos fibrosos en galletas integrales, se sustituyó el contenido de salvado de trigo por los residuos obtenidos y se evaluaron sensorialmente con jueces consumidores utilizándose una escala hedónica de siete puntos, encontrándose igualdad estadística ($P < 0.05$) entre los productos elaborados.

Debido a sus características, el residuo fibroso de mango criollo podría ser empleado en la elaboración de productos que requieran hidratación, generación de viscosidad y conservación de frescura, como son los productos de panificación o en productos auxiliares en padecimientos como hipercolesterolemia, enfermedades cardiovasculares, estreñimiento, diabetes, obesidad e incluso cáncer de colon.

I. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L) es una fruta de clima tropical que se cultiva en las regiones de la Cañada, Costa, Istmo y Papaloapan del estado de Oaxaca. Las principales variedades explotadas son Atkins, Manila y Ataulfo; existen variedades regionales que representan aproximadamente el 65% de la superficie cultivada que son el oro, obo, criollo y piña que no poseen un mercado fijo ni un buen precio debido principalmente al tamaño del fruto y a su fibrosidad siendo prácticamente desperdiciadas ante una falta de opciones para su utilización. Debido a esta situación productores de mango de la región de Cuicatlán han planteado la posibilidad de establecer una planta procesadora en la zona, utilizando variedades no comerciales en un proceso de transformación integral, dándole así un valor agregado a este fruto.

Industrialmente la pulpa extraída del mango se utiliza para la preparación de concentrados, pulpas, néctares y jugos. La cáscara, que es un subproducto en estas industrias representa aproximadamente el 21.51% del peso de la fruta, la cuál es desechada debido a que no se cuenta con ninguna tecnología para su aprovechamiento.

Teniendo en cuenta que en la actualidad ha aumentado la demanda de alimentos con un alto contenido de fibra dietética, lo cuál a propiciado el desarrollo de procedimientos tecnológicos para obtener mejores concentrados de fibra a partir de una diversa gama de materias primas entre las que se encuentran los subproductos industriales de frutas y verduras y debido a que se carece de información acerca de estudios realizados a residuos fibrosos de mango criollo; en este trabajo se evaluaron las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos fibrosos obtenidos de la cáscara de mango criollo y se incorporaron en galletas ricas en fibra dietética para consumo humano.

II. ANTECEDENTES

II.1. GENERALIDADES DEL MANGO

El mango (*Mangifera indica* L) es un árbol originario de Asia perteneciente a la familia de las anacardiáceas, está conformada por aproximadamente 50 especies pero sólo 3 o 4 producen frutos comestibles. Presenta una inflorescencia dispuesta en racimos, a la que se denomina panícula y mide de 20 a 60 cm; las flores pueden ser masculinas o hermafroditas, por lo general en una florescencia hay más flores masculinas que femeninas, pero únicamente estas últimas se constituyen en fruto.

El fruto es una drupa con un endocarpio duro y comprimido al que están adheridas muchas fibras. Su periodo de desarrollo desde la antesis, que es el momento en que abre la flor y es fecundada, hasta la cosecha, es de aproximadamente de 100 a 110 días, dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas. En algunos climas cálidos, los frutos pueden alcanzar un tamaño definitivo en siete semanas a partir de la formación de la flor y estar lo suficientemente maduros para ser cosechados en unas doce o trece semanas (Chandler, 1996).

La media de las características morfológicas de las principales variedades comerciales de mango son: un peso promedio de 350 g; una composición promedio de 56.39% de pulpa, 21.51% cáscara y 22.09% semilla. La pulpa es de consistencia firme, con sabor dulce y baja acidez; la cáscara es firme, de color amarillo y poco resistente al manejo poscosecha. El mango criollo presenta un peso medio de 230 g; una composición de 19% cáscara, 8.5% semilla y 69% de pulpa; esta es de consistencia firme y fibrosa, con un sabor dulce y media acidez, la cáscara es firme y de color amarillo (FIRA, 1997).



Figura 1. Mango Regional Denominado “Mango Criollo”.

El desarrollo y producción comercial del mango se da en climas tropicales o semitropicales debido a su alta sensibilidad al frío. Las temperaturas medias óptimas son de 25 a 30 °C durante la floración y desarrollo del fruto, temperaturas mayores de 35°C dañan los árboles, especialmente si hay viento fuerte y baja humedad. Se obtiene una alta producción cuando la precipitación anual registra un rango de 500 a 1,000 mm. El árbol de mango es una de las especies más resistentes que se conocen para suelos superficiales e impermeables, sin embargo, los mejores suelos para una respuesta satisfactoria de este cultivo son los que tienen una textura limo-arenosa, con buena profundidad, adecuado drenaje y un pH entre 6 y 7 (Guzmán, 1996).

México cuenta con condiciones agroclimáticas favorables para la producción de mango durante la mayor parte del año, lo que permite conformar una oferta continua desde el mes de febrero, en el sureste, hasta mediados de noviembre en Baja California Sur, sin embargo, la mayor parte de la producción se concentra en los meses de abril a mayo.

II.2. PRODUCCIÓN

El mango es la fruta tropical más comercializada en el mundo, se cultiva en más de ochenta países, principalmente en los continentes Asiático y Americano. Según cifras de la FAO, la producción mundial en el 2001 fue de 23.2 millones de toneladas, concentrándose

el 84% en ocho países (India, China, Tailandia, México, Indonesia, Pakistán, Brasil y Filipinas). México es el mayor productor de mango de América y el tercero del mundo con un volumen de 1, 577,447 toneladas. En México la superficie cultivada es de 17,208 hectáreas, el 92% se encuentra concentrado en Veracruz, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, Chiapas y Colima. Los principales estados productores en el año 2001 fueron Veracruz (16%), Nayarit (15%), Guerrero (13%), Oaxaca (13%), Chiapas (11%), Sinaloa (10%), Michoacán (8%) y Colima (5.0%), como se indica en la figura 2. (SAGARPA, 2001).

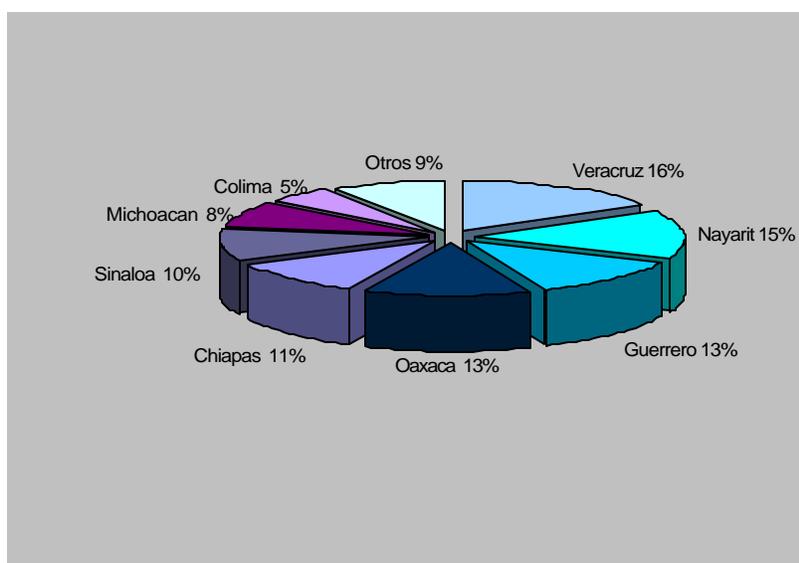


Figura 2. Principales estados productores de variedades comerciales de mango en el año 2001.

II.3. COMERCIALIZACIÓN

El consumo nacional demanda el 90% de la producción de mango, la cual se compone principalmente de las variedades Manila, Manililla, Oro y Ataulfo.

Para su industrialización, la fruta se comercializa del productor al emparador; así como entre intermediarios y productores para su comercialización en fresco. Frecuentemente en algunas regiones los intermediarios compran la fruta en el árbol, antes de la cosecha, con lo

cual los productores dejan de obtener una parte importante de los ingresos que ganarían si hubiesen vendido el mango ya cosechado. La variedad criolla llega a tener un precio muy bajo en el mercado, aproximadamente un 40% menor al de las variedades comerciales; generalmente su comercialización se da entre productores e intermediarios y se vende como fruta fresca a granel.

Oaxaca ocupó en el año 2001 el tercer lugar en volumen de producción y el cuarto lugar en superficie cultivada. La región del Istmo es la zona de mayor importancia en producción de mango comercial (56.6%), seguida por Tuxtepec (21%), la Cañada (10%) y la Costa (10%).

El destino de la producción en el estado es mayoritariamente el mercado nacional en fresco que acapara el 85%, destinándose el 8% al mercado de exportación y el 7% al mercado industrial (SAGARPA, 2001).

En la industrialización del mango se elaboran puré, jugos, conservas, deshidratados, mermeladas y cubos de pulpa congelada. Actualmente se plantea la posibilidad de utilizar los desechos industriales para generar otros productos y brindar así un aumento en las utilidades de los productores a través de su comercialización.

II.4. APROVECHAMIENTO DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES.

Actualmente en la industria de transformados de frutas y vegetales los principales destinos de los residuos orgánicos generados en sus procesos son la alimentación animal o el desecho en vertederos, sin embargo, estos subproductos contienen sustancias como azúcares, ácidos orgánicos, sustancias colorantes, proteínas, aceites y vitaminas que pueden ser de interés en la industria alimentaria, farmacéutica, química o cosmética.

Durante las últimas décadas ha aumentado la industrialización de subproductos cítricos orientada hacia la extracción de flavonoides, hesperidina y naringina, empleados en la industria farmacéutica. Los carotenoides son utilizados como pigmentos naturales para

mejorar la coloración de jugos, concentrados y bebidas refrescantes (Infoagro, 2002). En el caso de los tomates, cada día es más valorado el licopeno, ya que estudios recientes lo han relacionado con la prevención de cáncer de próstata, así como con una menor incidencia de afecciones coronarias (Infoagro, 2002). La cáscara de manzana es utilizada para la alimentación animal, o tras un secado puede emplearse para la producción de pectina además puede usarse directamente como fibra dietética o como relleno de tartas (Infoagro, 2002). La cáscara de mango también es utilizada para la extracción de pectina (Ferreira, 2001). Otro desecho utilizado como fuente de fibra son las cáscaras de piña que se usan en la elaboración de galletas, panques y tartas, la fibra del bagazo de caña se incorpora en tortillas (Barbudo, 1992) y la de cítricos, cebada y salvado se utilizan directamente como complementos de fibra (Pérez, 2003). El Instituto Politécnico Nacional ha desarrollado diferentes investigaciones acerca de fibra dietética obtenidas de diversas fuentes y su incorporación en alimentos, entre las más importantes se tienen a la fibra de nopal (Zaragoza, 1998), zanahoria (Delahaye, 1998), col y avena (Zaragoza, 1998), naranja (Tamayo y Bermúdez, 1998), maracuyá (Baquero y Bermúdez, 1998) y lupino (Penna, 1998).

La necesidad de aumentar la ingesta de fibra dietética ha propiciado el desarrollo de procedimientos tecnológicos para obtener mejores concentrados de fibra. La preparación de concentrados, así como sus características dependen del tipo de subproducto industrial empleado (frutas, verduras, legumbres o cereales), así como de la época en que se cosechan (Pérez, 2003).

Para la obtención de productos con alto contenido de fibra dietética se han empleado dos diferentes procedimientos: biotecnológicos y selectivos, este último emplea procedimientos como la molienda y extracción para aumentar la concentración del componente de interés. Según las características de la materia prima, destino previsto y recursos disponibles se realizan indistintamente las siguientes operaciones tecnológicas (Pérez y Sánchez, 2001):

Trituración. Se realiza según las características del subproducto. Con la trituración se logra una reducción adecuada y una mayor uniformidad en el tamaño de los materiales, lo que incide en una mayor eficiencia en el lavado y en el secado.

Lavado. Se realiza para purificar la fibra por la extracción de las sustancias no deseables. Se pueden emplear como solventes, soluciones diluidas de ácidos minerales, álcalis, sales de ácido, peróxidos y agua.

Decantación. Tiene como fin separar el agua no ligada, elevando la eficiencia del resto de las operaciones.

Secado. Tiene como fin reducir la humedad a niveles tales que no pongan en riesgo la vida útil del producto.

Molienda. Tiene como fin reducir el tamaño del material hasta su pulverización. El tamaño de partícula dependerá del tipo de fibra y de su campo de aplicación.

Envasado. Se pueden utilizar cajas de cartón corrugado con polietileno en su interior, también se emplean sacos de papel multicapa, o envases que posean barreras a la humedad con el fin de evitar la contaminación con hongos.

Los desechos agroindustriales no forman un problema en la actualidad, pero sí debe existir un interés y preocupación por lograr un mejor aprovechamiento de estos a fin de obtener un mayor rendimiento de los recursos actuales.

II.5. DEFINICIÓN DE FIBRA DIETÉTICA

Por años se ocupó el término de fibra cruda, el cual es el residuo de un alimento cuando es tratado en el laboratorio con solventes ácidos y álcalis calientes (Rosado, 1989). Nutriólogos y médicos se han abocado a estudiar el papel de la fibra en la fisiología humana y han encontrado que el término de fibra cruda no se apega realmente a lo que

sucede en el organismo. El proceso de digestión involucra la acción de las enzimas y el jugo gástrico sobre los alimentos, de tal manera que no existe un tratamiento alcalino tan drástico como el que se realiza en el análisis de fibra cruda. Debido a estas investigaciones fue introducido el término: fibra dietética para desplazar al de fibra cruda.

La fibra dietética es la parte indigerible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del ser humano sano, con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso (Prosky, 1988).

II.6. CLASIFICACIÓN

La fibra dietética puede clasificarse como fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI), de acuerdo a su comportamiento en medio acuoso. Mientras la fibra soluble forma una dispersión en agua, la considerada insoluble no lo hace. Como consecuencia de esa diferencia de hidratación, ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos distintos. La fibra soluble puede formar geles viscosos en el tracto intestinal mientras que la insoluble aumenta el volumen de las heces (Brown, 1996). Dada la capacidad de la fibra soluble o viscosa de formar geles, este tipo de nutriente tiene la propiedad de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficientes la digestión y absorción de alimentos, generando una mayor sensación de saciedad (Tiwary *et al.*, 1997). La fibra insoluble se caracteriza por su capacidad de retención de agua, llega a aumentar la masa fecal hasta 20 veces su peso, por lo que está relacionada a la protección y alivio de algunos trastornos digestivos (Liaron, 1990). Tanto la fibra soluble como la insoluble pueden ser utilizados por la microflora del colon como sustratos para su fermentación éste proceso es denominado fermentación colónica y permite el mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana y las células epiteliales; además produce gases y ácidos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) que son absorbidos en su mayor parte (95-99%), disminuyendo la síntesis de colesterol en el hígado (Pandolf y Clydesdale, 1992).

II.7. COMPONENTES DE LA FIBRA DIETÉTICA INSOLUBLE (FDI).

Celulosa.

Es el constituyente estructural mayoritario de la pared celular de plantas superiores, representa entre 20-30% y 40-90% del peso seco de las paredes primaria y secundaria, respectivamente. Consiste en un polímero lineal de residuos de D-glucosa unidos por enlaces β (1 \rightarrow 4) que se asocian mediante puentes de hidrógeno formando agregados conocidos como microfibrillas. Esta estructura hace de la celulosa una sustancia virtualmente insoluble en solventes comunes, en particular el agua (Manrique y Lajolo, 2001).

Hemicelulosa.

Comprende un conjunto de polisacáridos estructurales que pueden variar ampliamente de acuerdo al tipo de célula de la que provengan y que poseen la capacidad de ligarse a las fibrillas de celulosa mediante puentes de hidrógeno. Es una fracción que no puede extraerse mediante agua o soluciones de agentes quelantes, siendo necesario para ello soluciones alcalinas entre 1 y 4 molar que consiguen eliminar los puentes de hidrógeno que la mantienen ligada a la celulosa. No consiste sólo de un tipo de estructura química, el nombre se aplica a una variedad de polímeros sacáridos que tienen características de solubilidad en común y generalmente consiste en polímeros con más de dos azúcares. Las moléculas tienden a ser pequeñas (50 – 200 unidades de sacáridos) con ramificaciones. Mediante métodos enzimáticos-gravimétricos una parte se cuantifica como FDI y el remanente como FDS. Según Brett *et al.*, (1996) los componentes principales de esta fracción son Mananos, Galactomananos y Xiloglucanos.

Almidón resistente.

Es una pequeña porción del almidón total presente en un alimento que es resistente a la hidrólisis enzimática, por lo cual puede clasificarse propiamente como fibra dietética. Se le ha definido como la suma del almidón y productos de su degradación que no son absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos. Esta definición incluye a la amilosa retrogradada, almidón físicamente inaccesible, gránulos de almidón resistentes a la

digestión y fragmentos de almidones química y térmicamente modificados (Fennema, 1993).

Estructuras no sacáridas de la Fibra Dietética Insoluble:

Lignina.

La lignina está íntimamente formada e infiltrada a través de la celulosa de la pared celular, resultando una dura y rígida matriz de gran fuerza. Cuando se encuentra presente suficiente lignina, la estructura resultante llega a ser leñosa e incomedible, por lo cual solamente los tejidos con bajo nivel de lignificación son un importante componente de la fibra dietética. El tejido lignificado es hidrofóbico y resiste el desdoblamiento enzimático en el intestino delgado y el desdoblamiento bacteriano en el intestino grueso, por lo que puede ser completamente recuperado en las heces (Peraza *et al.*, 2001).

Cutina.

Es una capa cerosa hidrofóbica compuesta de largas cadenas alifáticas hidroxiladas de ácidos grasos, es resistente a la digestión por lo que puede ser recuperada en la materia fecal (Peraza *et al.*, 2001).

Suberina.

La estructura propuesta de la suberina es la de una combinación ramificada y entrecruzada de fenoles, hidroxiácidos y ácido dicarboxílico. Los monómeros son enlazados por ésteres y es probable que esté unida a la pared celular debido a la similitud en su composición (Manrique y Lajolo, 2001).

II.8. COMPONENTES DE LA FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE (FDS).

Hemicelulosa.

Consiste en una cadena principal de homoglicano (D-xilanos y D-mananos) con otros residuos de azúcares que aparecen en general como cadenas laterales. Los ácidos urónicos

participan frecuentemente en la composición del polímero por lo que posee propiedades ácidas y puede formar puentes de hidrógeno.

Pectinas.

Incluye un grupo de polisacáridos ricos en ácido galacturónico, ramnosa, arabinosa y galactosa. Son característicos de la laminilla media y de la pared primaria de plantas dicotiledóneas. Los polisacáridos representativos de este grupo según Manrique y Lajolo, (2001) son: Ramnogalacturonano tipo I, Poligalacturonanos u homogalacturonanos, Arabinogalactanos tipo II y Arabinanos.

?-glucanos.

Son un grupo de polímeros de glucosa tipo ?, con enlaces mezclados. Tan sólo el cambio de los enlaces de la estructura posicional imparte grandes diferencias a las características del polímero; mientras que la molécula de celulosa es esencialmente insoluble en agua con una gran resistencia al corte y la tensión, los polímeros ?-1,3 y ?-1,4 son una goma alimenticia soluble en agua con relativamente poca resistencia a cualquier tipo de fuerza. Los granos son la primera fuente de ?-glucanos, algunos tienen relativamente alto contenido de ?-glucanos como la cebada (2.0-9.0 %), avena (2.5-6.6 %) y centeno (1.9-2.9%) (Rodríguez, 2000).

Gomas Galactomananas.

Las gomas galactomananas solubles son normalmente encontradas como parte de la fracción de hemicelulosa del alimento. Se encuentran en leguminosas como el frijol. La conformación básica química de estas gomas consiste en un esqueleto de polímero de manosa con cadenas laterales de galactosil (Badui, 1999).

Ácido fítico.

El ácido fítico es la principal forma de almacenamiento de fósforo en cereales, leguminosas y semillas oleaginosas. Aproximadamente el 75% del ácido fítico está asociado con los componentes de la fibra soluble y no se ha detectado en la fracción insoluble. Por otra parte, algunos cationes (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2}) reaccionan con el ácido fítico formando a

los fitatos, que no son aprovechados por el hombre y que se encuentran principalmente en los cereales.

Inulina y fructoligosacaridos.

La inulina y la oligofruktosa son carbohidratos complejos que actualmente están siendo considerados como parte de la fibra dietética. Químicamente es una mezcla de poli y oligosacáridos. La oligofruktosa es el nombre común de los fructoligosacaridos. Su composición química esta conformada principalmente por fructosas (Coussement, 1999).

Taninos.

Los taninos son una clase de compuestos fenólicos. Pueden funcionar como antioxidantes capturando los radicales libres y deteniendo las reacciones de deterioro celular, por lo que el consumo de cantidades pequeñas puede ser benéfico a la salud reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas, principalmente cáncer y enfermedades cardiovasculares. (Badui, 1999).

La naturaleza química, la estructura de la fibra y sus propiedades físico-químicas son características que determinan sus propiedades funcionales, su comportamiento en el intestino y sus efectos fisiológicos.

II.9. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA.

El término funcionalidad de un componente o ingrediente de un alimento ha sido definido 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 la fibra dietética son influenciadas no solamente por los constituyentes de la fibra, también por el procesamiento al cual fue sometida y por el

tamaño de partícula. A continuación se mencionan las principales propiedades funcionales de la FD:

Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua relaciona la cantidad máxima de agua absorbida que es retenida y que se encuentra en equilibrio con un medio de potencial químico conocido; de esta propiedad depende en gran medida el nivel máximo de incorporación de la FD a un producto. Fisiológicamente también es importante ya que la CRA es la que le dará una función específica en el organismo. Los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en una fibra son: tamaño de partícula, pH y fuerza iónica (Thibault *et al.*, 1992).

Capacidad de retención de aceite.

La capacidad de retención de aceite está relacionada con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra. Las partículas con gran superficie presentan teóricamente la mayor capacidad para adsorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa. La grasa queda atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Las fibras insolubles presentan mayores valores de adsorción de grasa que las solubles, sirviendo como emulsificante.

El mecanismo de adsorción de aceite es debido a las propiedades superficiales. La densidad de carga y la naturaleza hidrofóbica de las partículas podrían ser importantes para la incorporación de fibras en los alimentos (López, G. *et al.*, 1997).

Actividad Emulsificante

Esta se refiere al volumen de aceite emulsificado por la fibra antes de que la fase de inversión o colapso de la emulsión ocurra. Los factores que influyen son el tamaño de partícula, la velocidad de adición del aceite, la temperatura, el pH, la fuente de fibra, la clase de aceite usado, los azúcares, la velocidad de mezclado, la solubilidad y la concentración de la fibra, entre otros (Peraza *et al.*, 2001).

Estabilidad de la emulsión

Es el volumen de aceite retenido por la fibra después de la fase de inversión o colapso de la emulsión. Los factores que influyen son los mismos que para la actividad de la emulsión (Peraza *et al.*, 2001).

Las propiedades fisicoquímicas de la fibra y la respuesta fisiológica a su ingestión han demostrado cierta relación con enfermedades como obesidad, constipación, hemorroides, diverticulitis, cáncer de colón, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Rosado, 1989). En todos los casos el mecanismo de acción de la fibra está asociado con las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la fibra dietética antes mencionadas.

II.10. EFECTOS TERAPÉUTICOS DERIVADOS DEL CONSUMO DE FIBRA DIETÉTICA

La evidencia clínica ha establecido que la ingesta de fibra en la dieta reduce la concentración de colesterol en la sangre, mejora el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, facilitando la pérdida de peso y la reducción de las necesidades de insulina o de agentes orales en los individuos diabéticos obesos, además del mantenimiento del tracto gastrointestinal. La alta ingesta de fibra y las comidas ricas en fibra son también sugeridas para la protección contra el cáncer de colón y han demostrado disminuir la presión sanguínea en individuos con una ligera a moderada hipertensión.

Debido a los beneficios que brinda la fibra a la salud, deberían hacerse mayores esfuerzos para la incorporación de este componente en las terapias nutricionales para diversos padecimientos, así como hacer recomendaciones en planes nutricionales para la protección de la salud de personas sanas. Una dieta alta en frutas, vegetales y granos es un plan nutricional práctico para elevar la ingesta de fibra diaria (Liaron, 1990).

Dada la heterogeneidad de la fibra dietética resulta incorrecto hacer generalizaciones sobre su efecto fisiológico y la relación de éste con las diferentes patologías. No todos los atributos de la fibra se localizan en un mismo tipo de fibra, ni siquiera en una misma fuente de fibra dietética, por eso es importante establecer en la dieta un balance en el consumo de ambas fracciones de fibra (Liaron, 1990).

Consumo

En general el consumo recomendado por el INNSZ, (1990) es de 20-35 g/día, en su mayoría de fibra dietética soluble. Varios estudios sobre la dieta de la mayor parte de la población mexicana establecen un consumo per cápita de 25-35 g de fibra dietética diaria, siendo la fibra de tortilla de maíz y el frijol las principales fuentes de fibra dietética en la mayor parte de la población rural mexicana.

La deficiencia en la ingesta de fibra en zonas urbanas ha sido suplida con la FD contenida en preparados comerciales que representan un modelo de consumo diferente, menos natural, pero más práctico para los consumidores (Sloan, 1994).

II.11. ALIMENTOS ENRIQUECIDOS CON FIBRA

En los Estados Unidos, el departamento de Agricultura recomienda que cada individuo ingiera diariamente por lo menos cinco porciones de frutas y verduras ricas en fibra. En realidad son pocas las personas que consumen la porción diaria recomendada, por lo que han aparecido en el mercado productos alimenticios con un considerable contenido de fibra que ayudan a complementar su ingestión diaria.

Según Sloan (1994), una de las principales tendencias a trabajar en el área de los alimentos es el enriquecimiento de los mismos con fibra dietética, con la finalidad de proveer al público los beneficios fisiológicos que procura una alimentación rica en este componente. Los alimentos así elaborados deben presentarse a un precio conveniente y sobre todo tener un sabor agradable.

Las aplicaciones tecnológicas de la fibra dietética no son restringidas, pues son adicionadas como ingredientes enriquecedores en algunas formulaciones, o buscando algún efecto en la textura en algunas otras.

La FDS es utilizada como espesante, pues al sustituir almidón, harina, azúcar, grasas y aceites no sólo se incrementa el contenido de fibra, sino que también disminuye el aporte calórico del producto. Es usada en helados, salsas, aderezos, refrescos con pulpa y jugos, entre otros productos.

Entre los alimentos enriquecidos con FDI se encuentran los productos de panificación y los cereales para desayunos; estos pueden tener un enriquecimiento bajo, medio o alto, observándose que, en el caso de la panificación, a mayor contenido de fibra se presente un color más oscuro, un sabor más fuerte y una textura más áspera (Barbudo, 1992).

Una de las formas más atractivas de presentar algún producto novedoso a los consumidores es mediante las golosinas, dentro de las que se encuentran los productos horneados, entre los que destacan las galletas. Se observó que un 39% de las mujeres y un 27% de los hombres adultos suelen consumirlas. En la década de los 90's las ventas aumentaron en un 17.2%, por lo que son las favoritas de los tecnólogos en alimentos para la elaboración de productos enriquecidos o fortificados (Sloan, 1995).

II.12. Galletas, definición y clasificación.

Las galletas son productos que no requieren preparación previa, de la cual el ingrediente característico es el cereal molido, ya sea que contenga o no carbohidratos edulcorantes, pero que excluye a los bizcochos o al pan.

Los ingredientes básicos comunes son harina, grasa, azúcar y jarabes, los agentes aereadores y la leche o el agua.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-F-6-1983 se clasifica a las galletas en tres tipos:

Tipo I	Finas
Tipo II	Entrefinas
Tipo III	Comerciales

Dicha norma describe las especificaciones sensoriales y microbiológicas que deben cumplir en forma general, así como las bromatológicas propias de cada tipo. En este último rubro se encuentra el contenido de grasa (extracto etéreo) que será el principal indicador del tipo en que se clasificará alguna galleta. En general se puede decir que las galletas del tipo I se caracterizan por tener un contenido de grasa mayor al 15%; las del tipo II se caracterizan por tener un contenido de grasa entre el 10-15%. Estos dos tipos de galletas tienen una textura que va de suave a semidura; no teniendo alguna especificación, pueden o no tener agregados. En cuanto a las del tipo III, se caracterizan por poseer un contenido de grasa menor al 10%, pueden o no llevar agregados en la superficie de la galletas, pero su característica básica es una consistencia seca y dura (Godoy, 1991).

III. OBJETIVOS

III. 1. GENERAL.

Caracterizar fisicoquímica y funcionalmente los residuos fibrosos obtenidos de la cáscara del mango criollo (*Mangifera indica*) e incorporarlos en galletas.

III.2. ESPECÍFICOS.

- ?? Determinar las características fisicoquímicas de la fibra obtenida del mango criollo.
- ?? Determinar las diferentes fracciones de la fibra dietética de los residuos fibrosos del mango criollo.
- ?? Determinar las propiedades funcionales de los residuos de fibra.
- ?? Evaluar la aceptación sensorial de galletas integrales elaboradas con los residuos fibrosos de mango criollo.
- ?? Determinar la composición proximal y las fracciones de fibra de las galletas elaboradas.

IV. METODOLOGÍA.

IV.1. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO

- Material de cristalería de laboratorio en general
- Despulpador marca Jersa
- Estufa de convección de aire marca Luckie
- Molino de dientes con malla 30 marca Pulmex
- Tamizador con agitación marca Rotap
- Tamices marca Tyler de malla número 50, 70, 100 y 230
- Equipo Kjeldahl, Soxhlet y Fibertec
- Baño con agitación regulada marca Gallenkamp
- Centrifugadora con refrigeración marca Beckman CS-15R
- Pistilo de teflón con agitador Caframo RZ1
- Batidora Kitchen Aid de 12 velocidades
- Ácido sulfúrico concentrado, ácido bórico concentrado, ácido clorhídrico, octanol, agua destilada, hidróxido de sodio, éter de petróleo, celite, etanol, regulador de buffer fosfatos,? -amilasa termoestable, proteasa, amilogucosidasa, acetona y aceite de maíz.
- Harina de trigo, mantequilla, huevo, azúcar, polvo para hornear, salvado de trigo.

IV. 2. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La fruta se obtuvo de la cosecha 2001-2002 del rancho “La Bonita” de la región de Cuicatlán, Oax.

IV. 3. OBTENCIÓN DEL RESIDUO FIBROSO

Se utilizó un lote de 60 Kg de fruta, el cual fue despulpado en un despulpador Jersa, la cáscara obtenida se introdujo nuevamente al equipo para eliminar los residuos de pulpa adheridos a la misma, finalmente se trocearon y colocaron en charolas y se secaron en una estufa de convección de aire Luckie a 60°C por 24 horas. Las cáscaras secas se molieron en un molino Pulmex y se envasaron en recipientes de plástico almacenándose a temperatura ambiente.

IV. 4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Los residuos fibrosos obtenidos fueron caracterizados físicoquímicamente aplicando los métodos que se describen a continuación:

a) Tamaño de partícula

Se realizó la determinación del tamaño de partícula mediante el método de Fuertes y *et al.*, (1993). Se colocaron 0.5 Kg de muestra en un Rotap durante 20 min, posteriormente se pesaron las diferentes fracciones retenidas en los tamices Tyler de malla 50, 70, 100 y 230 y se calcularon los porcentajes de retención.

b) Composición proximal

Se determinó la composición proximal de la fibra del mango criollo de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997), comprendiendo los siguientes análisis:

?? Humedad (método 925.09), por secado en estufa a 100°C hasta peso constante.

?? Cenizas (método 923.03), residuo inorgánico resultante de la incineración a 550°C hasta la pérdida total de la materia orgánica.

?? Proteína cruda (método 954.01), por el método de Kjeldahl, usando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.

?? Grasa cruda (método 920.39), lípidos libres extraídos con éter de petróleo en un sistema Soxhlet.

?? Fibra cruda (método 962.09), se calculó después de la digestión ácida y alcalina con un sistema Fibertec.

?? Carbohidratos totales. Cuantificados por diferencia como Extracto libre de Nitrógeno.

c) Fracciones de Fibra

?? Fibra Dietética Total (FDT)

Se determinó con el método de Prosky, (1988). Se utilizaron 4 crisoles para fibra a peso constante, los cuales primeramente fueron colocados en una mufla durante 45 min a 550°C, para eliminar todas las impurezas que pudieran tener, posteriormente se les agregó 0.5 g de celite (Sigma C-8656) y se les añadió 10 mL de etanol al 78%, que se eliminó utilizando vacío, formando así una capa delgada y homogénea de celite, se colocaron en la estufa a 130°C durante 90 min, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. En 4 matraces Erlenmeyer se pesaron muestras de 1 g de fibra en base seca y se les adicionó 50 mL de regulador de buffer fosfatos 0.05 N a pH 6 (se pesó 9.6593 g de Na₂HPO₄ monobásico y 1.4 g de NaH₂PO₄ dibásico, se diluyeron en 700 mL de agua destilada, se ajustó pH = 6 y se aforó a 1L). Se colocaron los matraces en un baño Gallenkamp a 100°C con agitación por 10 min y se les agregó 0.1 mL de enzima α -amilasa termoestable (Sigma A-3306) a cada uno de los matraces tapándolos con papel aluminio y se incubaron a la misma temperatura durante 15 min con agitación (60 rpm). Se enfriaron los matraces bajo agua a temperatura ambiente y se ajustó pH a 7.5 con NaOH a 0.275 N. Posteriormente se colocaron los matraces a 60°C por 10 min y se les agregó 0.1 mL de proteasa (Sigma P-3910); esta fue disuelta minutos antes de su uso (0.02 g de proteasa disuelta en 4 mL de regulador fosfato pH 6); dejándolos incubar a esa temperatura por 30 min con agitación constante de 60 rpm, se enfriaron nuevamente con agua y se ajustaron a pH 4.0 con HCl a 0.325N. Se colocaron en el baño de agua, se esperó hasta que su temperatura fuera de 60°C y se les adicionarán 0.3 mL de amiloglucosidasa (Sigma A-9913) se incubaron a esa temperatura por 30 min con agitación (60 rpm). Se les adicionó etanol al 95% a 60°C en relación 1:4 y se dejaron reposar a dicha temperatura durante una hora después de la cual se filtraron en los crisoles para fibra a peso constante. Se lavaron los matraces tres veces con 20 mL etanol al 78%, 2 veces con 10 mL de etanol al 95% y 2 veces con 10 mL de acetona. El tiempo de filtración y lavado varió entre 2 a 10 horas aproximadamente. Se colocaron los crisoles en una estufa toda la noche a 105 °C, al término de las cuales se registró su peso. Se colocaron 2 crisoles en la mufla a 550°C por 4 horas y a los dos restantes se les determinó proteína cruda.

El peso del blanco se realizó de forma similar a la técnica de fibra dietética total, solamente omitiendo la adición de muestra.

Los cálculos se realizaron, mediante la siguiente fórmula:

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

?? Fibra dietética insoluble (FDI) y soluble (FDS)

El contenido de FDI se realizó con la misma técnica que para FDT (Prosky, 1988) con la diferencia de que en este análisis se elimina la adición del volumen de alcohol al 95% en relación 1:4. Los cálculos del porcentaje de este componente en el alimento se realizaron de manera idéntica que en la obtención de FDT. El contenido de FDS se calculó restando el valor de la FDI a la FDT.

$$\% \text{ FDS} = \text{FDT} - \text{FDI}$$

IV.5. PROPIEDADES FUNCIONALES

a) Retención de agua

La retención de agua se realizó según la técnica planteada por Chau y *et al.*, (1997). Se adicionaron 10 mL de agua destilada a 1 g de muestra (b.s.) y se agitó un min con agitación magnética, posteriormente se centrifugó a 2200g (3000 rpm) por 30 min en un equipo Beckman CS-15R y por último se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL.

La capacidad de retención de agua se expresó como los mL de agua absorbidos por g de producto.

$$\text{mL agua retenida/ g muestra} = \frac{(\text{X mL de agua retenida})}{\text{g de muestra}}$$

b) Retención de aceite

La retención de aceite se realizó según la técnica planteada por Chau *et al.*, (1997). Se adicionaron 10 mL de aceite de maíz a 1 g de muestra (b.s.) y se agitó un min con agitación magnética; posteriormente se centrifugó a 2200 g (3000 rpm) por 30 min. en un equipo Beckman CS-15R, por último, se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL.

La capacidad de retención de aceite se expresó como los mL de aceite absorbidos por g de producto.

$$\text{mL aceite retenido/ g muestra} = \frac{(\text{X mL de aceite retenido})}{\text{g de muestra}}$$

c) Actividad y estabilidad emulsificante

La actividad emulsificante (AE) se analizó por la técnica propuesta por Chau *et al.*, (1997). Se prepararon 7.5 mL de una suspensión de residuo fibroso al 2% (p/v), se colocó en un tubo para emulsificar y se homogeneizó a 11,000 rpm durante un min usando un pistilo de teflón en el agitador Caframo RZ1, seguidamente se adicionaron 7.5 mL de aceite de maíz y se homogeneizó por dos min más; por último se centrifugó en tubos graduados a 1200 g (1600 rpm) por 5 min y se midió el volumen de la emulsión.

La estabilidad emulsificante (EE) se realizó de la misma manera que la actividad emulsificante, pero después de centrifugar se calentó la emulsión formada a 80°C por 30

min y se enfrió a temperatura ambiente. Para terminar, se centrifugó nuevamente en tubos graduados a 1200 g (1600 rpm) por 5 min y se midió el volumen de la emulsión.

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

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

IV. 6. ELABORACIÓN DE LAS GALLETAS

Se elaboraron galletas integrales basándose inicialmente en una formulación casera, la cuál se modificó hasta alcanzar una masa de fácil extensibilidad y cortado, sustituyendo la porción de salvado de trigo, la cual es la fuente más común de fibra en productos de panadería (Peraza *et al.*, 2002) por los residuos fibrosos de mango, obteniéndose la siguiente formulación:

* Harina de trigo (45.11%)	480 g
* Mantequilla (21.61%)	230 g
* Huevo (18.79%)	200 mL
* Azúcar (11.27 %)	120 g
* Polvo para hornear (0.37%)	0.40 g
* Salvado de trigo (residuo fibroso de mango) (2.81%)	30 g

Todos los ingredientes se mezclaron en una batidora Kitchen Aid a velocidad 5 por 15 min, extendiéndose la masa con la ayuda de un rodillo en una charola engrasada, se colocaron porciones cortadas en forma redonda (aprox. 10 g cada una), horneándose a 180°C por 15 min.

IV.7. EVALUACIÓN SENSORIAL.

Se realizó una prueba de nivel de agrado con un panel de 85 jueces consumidores (los cuales fueron seleccionados entre alumnos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca mediante una encuesta realizada previamente) utilizando una escala hedónica de 7 puntos con 2 muestras de galletas, para conocer el grado de satisfacción global de la galleta de mango con respecto a un control elaborado con salvado de trigo

IV.8. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

La composición proximal de las galletas se determinó mediante los métodos de la AOAC, (1997) y los contenidos de FDT, FDS y FDI fueron determinados con el método descrito por Prosky, (1988).

IV.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra

Se realizó un estudio estadístico para conocer las medidas de tendencia central y dispersión de los resultados obtenidos de acuerdo a los métodos señalados por Montgomery, (1991).

Fracciones de fibra y evaluación sensorial de las galletas

Además de las medidas de tendencia central y dispersión se realizó un análisis de varianza y análisis de comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS) de acuerdo a los métodos señalados por Montgomery, (1991).

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

V. 1. OBTENCIÓN DEL RESIDUO FIBROSO

Los porcentajes obtenidos de cáscara húmeda, semilla y pulpa del mango criollo fueron 19%, 8.5% y 69% respectivamente. Como resultado del secado y molienda de las cáscaras de mango criollo se obtuvo un polvo de color amarillo ocre, de olor y sabor agradable y con un rendimiento de 19.19% con base en la cáscara húmeda; este residuo fibroso fue almacenado a temperatura ambiente en botes de plástico con sello hermético

V.2. COMPOSICION FISICOQUÍMICA

a) Tamaño de partícula

Al residuo fibroso se le determinó el tamaño de partícula, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de partícula (%) del residuo fibroso obtenido de la cáscara de mango criollo.

NUM. TAMIZ	TAMAÑO DE PARTICULA (μm)	% RETENIDO
50	291	50.79
70	210	10.05
100	119	7.60
230	62	11.50
Base	<62	13.20

Se obtuvo un 50.79% en el tamiz 50, lo que indica que el tamaño de partícula del residuo fibroso obtenido es mayor de 291 μm ; podría considerarse adecuado para su incorporación en alimentos dirigidos a humanos, ya que según Fuertes, (1998) el tamaño ideal para este fin se ubica en un rango de 50 a 500 μm . El tamaño de partícula junto con la estructura, porosidad y densidad son características que podrían influir en algunas propiedades funcionales del residuo fibroso tales como la absorción de agua y aceite (Robertson y Eastwood, 1981), además el área superficial de contacto de las partículas produce cambios en la velocidad de liberación de glucosa (Stevenson *et al.*, 1994), por lo que los residuos podrían atraparla y retardar la velocidad de absorción de la misma, por lo tanto incorporarse en algún alimento dirigido a diabéticos.

b) Composición química

La composición proximal del residuo fibroso de cáscara de mango criollo, cuyo tamaño de partícula fue heterogéneo y menor a 291 μm se muestra en el cuadro 2.

Los residuos presentaron una humedad de 6.25%, similar a los obtenidos para residuos fibrosos de maracuyá (6.35%) (Bermúdez, 2001), piña (5.1%) (Baquero y Bermúdez, 1998) y naranja (6.0%) (Tamayo y Bermúdez, 1998). El contenido de humedad depende del grosor de la cáscara, así como del tiempo y temperatura de secado a las cuales se sometieron durante su procesamiento (Cruz, 2002).

Cuadro 2. Composición química (% b.s) del residuo fibroso de mango criollo.

COMPONENTE	%
Humedad	(6.25 \pm .21)
Cenizas	5.43 \pm .24
Proteína cruda	4.82 \pm .03
Grasa cruda	1.98 \pm .00
Fibra Cruda	12.06 \pm .21
E.L.N.	75.71 \pm .70

El valor de cenizas obtenido (5.43%) es menor que el reportado para maracuyá (6.10%) (Bermúdez, 2001), pero mayor que los reportados para piña (3.0%) (Baquero y Bermúdez, 1998) y naranja (3.2%) (Tamayo y Bermúdez, 1998). Debido a que el residuo obtenido por incineración refleja el contenido de sustancias minerales del alimento, el residuo fibroso de la cáscara de mango criollo podría ser más rico en este componente que los residuos de las frutas antes mencionadas.

En el contenido proteico del residuo se observa un valor de 4.82%, superior al reportado por Baquero y Bermúdez, (1998) para la piña (3.7 %), pero menor que el reportado por Tamayo y Bermúdez, (1998) y Bermúdez, (2001) para la naranja y el maracuyá (6.0% y 5.55% respectivamente). La principal fuente de proteínas en un residuo fibroso son las glícoproteínas presentes en la pared celular primaria donde forman una red de microfibrillas con la celulosa (Carpita y Gibeaut, 1983). La incorporación de estos componentes proteicos puede variar dependiendo de la naturaleza del fruto, el grado de maduración de la fruta y sus condiciones de cultivo.

Se observa una importante diferencia en el contenido de grasa del residuo de mango (1.98%) comparado con los de maracuyá (0.40 %) y naranja (0.6%) antes citados, lo cual puede deberse a la naturaleza del fruto.

El contenido de fibra cruda para el residuo fibroso del mango fue de 12.06 %, siendo mayores que los reportados por Saura-Calixto, (2001) para la fibra de guayaba (0.7%), pero menores que los reportados para la cáscara de maracuyá (24.83%) (Bermúdez, 2001), debido a que el contenido de fibra cruda de los alimentos depende de la fuente, estado de madurez y tratamiento recibido por la muestra durante la obtención del residuo fibroso (Cruz Salazar, 2002).

El extracto libre de nitrógeno obtenido por la muestra fue de 69.46%, mayor que el reportado por Cruz Salazar, (2002) para el maracuyá (55.01%) y el reportado por Tamayo y Bermúdez, (1998) para la naranja (5.9%). En esta fracción se encuentra parte de la

cantidad de pectinas, hemicelulosa, celulosa y otros carbohidratos que no son cuantificados con la fibra cruda.

c) Fracciones de fibra dietética

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos para las fracciones de fibra dietética en los residuos fibrosos de la cáscara del mango criollo.

La fibra dietética total obtenida para el residuo de mango fue de 56.68 %, puede observarse que el residuo fibroso presenta un mayor porcentaje de fibra dietética que los valores reportados por Ruales y Zumba, (1998) para la guanábana (21.2%), uvilla (44.3%) y guayaba (54.1%). El contenido de FDT en residuos fibrosos está en función de la fuente de la cual es extraída, siendo mayor este componente en frutas y verduras como el maracuyá (82.1%) (Baquero y Bermúdez, 1998) y betabel (22.3%) (Duque *et al.*, 1998) que en cereales y leguminosas como el salvado de trigo (16.0%) (Duque *et al.*, 1998) y fríjol (23.7%) (Herrera *et al.*, 1998).

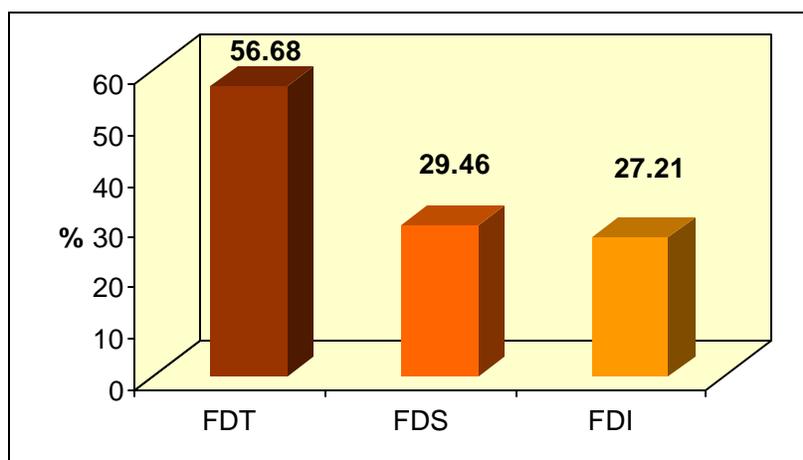


Figura 3. Contenido de FDT, FDI y FDS del residuo obtenido de la cáscara de mango criollo.

Generalmente los residuos fibrosos que son obtenidos de las frutas y verduras presentan un porcentaje mayor en la fibra dietética soluble. El residuo de mango presentó un valor de FDS de 29.46%, semejante a los obtenidos por Tamayo y Bermúdez, (1998) para la naranja (34%) y por Baquero y Bermúdez, (1998) para el maracuyá (32.7%), pero mayor que el obtenido por Duque *et al.*, (1998) para el salvado de trigo (0.6%). La cantidad de FDS que aportan los residuos fibroso al organismo son fisiológicamente importantes ya que esta fracción es el sustrato mayoritario para la fermentación colónica (Bingham *et al.*, 1990) por lo que con su ingesta se logra una disminución en la concentración de colesterol y glucosa en la sangre, un incremento en la eliminación de ácidos biliares y el crecimiento y proliferación de la flora bacteriana. Funcionalmente la fracción soluble determina la solubilidad, hinchamiento, capacidad de retención de agua y viscosidad de la fibra que son factores determinantes cuando se realiza la incorporación en un alimento ya que son estas propiedades las que determinan el grado máximo de incorporación. El residuo fibroso de mango presentó un contenido de FDI de 27.21%, menor que los reportados por Tamayo y Bermúdez, (1998) para la naranja (45%) y por Baquero y Bermúdez, (1998) para el maracuyá (49.4%). Esto puede deberse a que el contenido de celulosa en la pared celular de estas frutas es mayor que en los residuos de mango, pues esta fracción de fibra como lo indica Alabaster, (1989) esta constituida principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Se sabe que el consumo de FDI provoca en el organismo un aumento en el volumen y peso de la masa fecal, reduce la constipación y aumenta la eliminación de moléculas orgánicas, mutágenos y ácidos biliares por lo que reduce el riesgo de cáncer intestinal (López *et al.*, 1997).

Se ha relacionado que la presencia mínima de un 11% de fibra dietética total en la dieta incrementa la cantidad de heces. Los residuos fibrosos del mango mostraron una cantidad considerable de este componente, por lo que al ser consumidos provocarían un incremento del bolo fecal. El aumento de la masa del bolo fecal se debe a un incremento del residuo insoluble, como el caso de salvado de trigo, o bien, en un grado menor, por la presencia de fibras solubles que ocasionan un aumento de la masa bacteriana que normalmente representa la mitad de la masa fecal (Hernández *et al.*, 1998). En estudios realizados por Duque *et al.*, (1998) con ratas wistar, a las cuales les administró fibra de betabel y salvado,

se observó que la fibra de salvado de trigo es más eficiente en el incremento del bolo fecal, y que la fibra de betabel no afectó significativamente el aumento ponderado de peso en los animales ni la eficiencia de conversión alimentaria (ECA), mientras que el salvado de trigo causó una disminución en peso y una baja en la ECA.

Los residuos fibrosos de mango presentaron un balance entre las fracciones de fibra dietética soluble (29.46%) y fibra dietética insoluble (27.21%), similar al presentado por Chen y Anderson (1981) para la avena (FDT = 27.8%, FDS = 14% y FDI = 13.8%). La avena es considerada como una excelente fuente de fibra dietética debido principalmente a este balance entre las fracciones de fibra, por lo que es empleado como fuente de fibra en diversos productos alimenticios. Podría deducirse que los residuos fibrosos de mango pudieran tener el mismo fin y dirigirse a sujetos hipercolesterolémicos y productos para prevenir enfermedades cardiovasculares, estreñimiento, diabetes, obesidad e incluso cáncer de colon, ya que la respuesta fisiológica está relacionada con el balance de fracciones de fibras y no con la fuente de donde provenga la fibra (Kahlon *et al.*, 1990).

V.3. PROPIEDADES FUNCIONALES

a) Capacidad de retención de agua y aceite

Se determinó la capacidad de retención de agua y aceite del residuo fibroso de mango que tuvo un tamaño de partícula menor a 291 μ m. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 3.

La capacidad de retención de agua encontrada para la fibra de mango fue de 4.07 veces su peso en agua. Cruz Salazar (2002) encontró una capacidad de retención de agua para la fibra de maracuyá cosechada en primavera de 7.85 mL agua /g muestra, siendo mayor a la obtenida para el mango, al igual que la de maracuyá cosechado en otoño e invierno (6.87 y 6.92 mL agua /g muestra respectivamente).

Cuadro 3. Capacidad de retención de agua y aceite (% b. s) de diferentes residuos fibrosos.

PRODUCTO	RETENCION DE AGUA (mL agua retenida/g fibra)	RETENCION DE ACEITE (mL aceite retenido/g fibra)
Fibra de mango	4.07 ± 0.30	1.46 ± 0.09
Fibra de maracuyá (primavera) ^a	7.85 ± 0.21	2.25 ± 2.25
Fibra de maracuyá (otoño) ^a	6.87 ± 1.52	1.77 ± 0.03
Fibra de maracuyá (invierno) ^a	6.92 ? 1.52	1.70 ? 0.19

^a Fuente: Cruz Salazar, (2002).

La capacidad de retención de agua presentada por un determinado residuo fibroso está relacionada con factores como el pH, la fuerza iónica, el tamaño de partícula y la fuente de la cual proviene (Parrott y Thrall, 1978), siendo estos dos últimos factores los que mayor influencia presentan; además, según estudios realizados por Sosulsky y Cadden, (1982) y Rosado, (1989); la fibra dietética soluble es la fracción que presenta una mayor capacidad de retención de agua. Borroto *et al.*, (1995) reportaron que, en el caso de diferentes fuentes de fibra, independientemente de si es mayoritariamente fibra soluble o insoluble, la capacidad de retención de agua aumenta al incrementarse el tamaño de partícula. Estos resultados coinciden con los reportados por Baquero y Bermúdez, (1998) y Tamayo y Bermúdez, (1998) para maracuyá y naranja, respectivamente. Por otra parte, López *et al.*, (1997) reportaron que una reducción en el tamaño de partícula aumenta la capacidad de retención de agua, debido al incremento del área superficial de las partículas en contacto con el agua. El comportamiento presentado por el residuo fibroso de la cáscara de mango puede deberse, principalmente a su contenido de fibra dietética soluble e insoluble, así como a su tamaño de partícula, pero se hacen necesarios mayores estudios para determinar esta propiedad funcional de los residuos fibrosos.

La capacidad que tiene la fibra dietética para retener agua es de suma importancia, ya que de esta propiedad depende en gran medida el nivel máximo de incorporación de fibra. Fisiológicamente también es importante, ya que la cantidad de agua retenida por la fibra es la que dará una función específica en el organismo; pues la alta capacidad de retención de agua de la fibra no sólo incrementa la viscosidad del jugo intestinal, sino que también disminuye la velocidad de mezclado y absorción de los nutrientes en el intestino delgado (Rosado, 1989). Estos resultados sugieren que la fibra de mango se podría utilizar en productos que requieran hidratación, generación de viscosidad y conservación de frescura (por ejemplo, productos de panificación), con la ventaja de que aportaría una capacidad de absorción de agua ajustable por medio del tamaño de partícula seleccionado.

Con respecto a la capacidad de absorción de aceite, los residuos de mango presentan 1.46 ml aceite/g de muestra. Estos resultados son inferiores con los obtenidos por Cruz Salazar, (2001) para los residuos de maracuyá en primavera (2.25 ml aceite/g muestra), en otoño (1.77 ml aceite/g muestra) y en invierno (6.92 ml aceite /g muestra). Esta variación en los resultados puede deberse a que los residuos de maracuyá presentan un contenido menor de FDS (primavera 14.46%, otoño 16.50% e invierno 16.98%) lo que se traduce en una reducción de las propiedades de hidratación y adsorción de aceite de los residuos. Esto coincide con los estudios reportados por Robertson *et al.*, (1981) y Robertson y Eastwood, (1984) que han mencionado que la capacidad de retención de aceite dependen del método utilizado para evaluar la capacidad de retención del aceite, de la composición química, de la preparación de la muestra, del tamaño de partícula y del método de extracción de la fibra, de manera que cuando se determina esta propiedad deben considerarse estos factores.

b) Actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión.

La muestra de fibra de mango presentó una actividad emulsificante de 7.16%, valor superior al reportado por Cruz Salazar, (2002) para la fibra de maracuyá amarillo (3.21%). Dichas diferencias podrían relacionarse con el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, ya que según Pandolf y Clydesdale, (1992) la lignina, pectina y otros polisacáridos ácidos son compuestos absorbentes de ácidos grasos. Además de la influencia presentada

por estos componentes, tanto la actividad emulsificante como la estabilidad de la emulsión también se ven afectadas directamente por el tamaño de partícula, ya que según lo reportado por Pérez Navarrete (2003), la fibra de maracuyá con un tamaño de partícula de 73 μm presenta una actividad emulsificante de 52.2% y una estabilidad de la emulsión de 106.41%, siendo mayores a los obtenidos por Cruz Salazar, (2002) antes citados para un tamaño de partícula menor a 376 μm .

La estabilidad de la emulsión reportada por Cruz Salazar, (2002) para los residuos de maracuyá fue de 62%, mayor que la obtenida para la fibra de mango con 55%. Ambos residuos son pobres emulsificantes, ya que para que se considere una buena emulsión su estabilidad debe ser mayor a 94%, mientras que una emulsión pobre tiene un valor menor a 50% (Wang y Kinsella, 1976), por lo que los residuos podrían no actuar satisfactoriamente en alimentos que requieran la formación de una emulsión, ya que esta tendría una estabilidad deficiente. Esto podría mejorarse si se reduce el tamaño de partícula de este residuo.

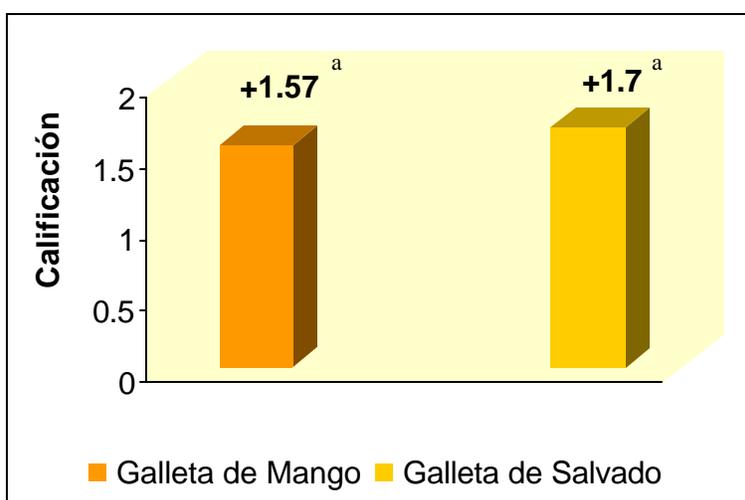
V.4. EVALUACION SENSORIAL Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO ALIMENTICIO

a) Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de nivel de grado de satisfacción global de los productos con una escala hedónica de 7 puntos, utilizando 85 jueces consumidores, estos fueron elegidos mediante una encuesta realizada a alumnos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca para detectar a aquellos que fueran consumidores habituales de galletas y presentaran disponibilidad para participar en la prueba, ya que como menciona Anzaldúa, (1994) se debe determinar desde un principio el número de jueces con el que hay que contar para la prueba y de ser necesario establecer –desde la selección de los mismos- sus horarios de disponibilidad, con el fin de no interferir en sus otras actividades ni arriesgarse a que se ausenten en el último momento.

Los niveles de aceptación obtenidos en la evaluación sensorial de los productos se presentan en la figura 4.

El análisis de varianza de los datos indicó que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre la galleta elaborada con la fibra de mango y el control de salvado de trigo. Con el análisis de comparación de medias se encontró que la galleta de mango fue estadísticamente igual ($P < 0.05$) al producto control. Esto en la escala hedónica significa que ambas galletas obtuvieron el nivel “me gusta”, presentando medias de + 1.57 y +1.70 respectivamente.



^a Letras iguales en las columnas indican igualdad estadística ($P < 0.05$)

Figura 4. Resultados de la evaluación sensorial de las galletas de mango y salvado.

Con base en la sección de comentarios de los jueces que recomienda incluir Anzaldua, (1994) en los cuestionarios para la evaluación del grado de satisfacción, se observó que una causa por lo que la galleta de mango tuvo una menor aceptación fue que presentó un color más oscuro que la galleta de salvado además de un resabio astringente que detectaron algunos de los jueces. Con la finalidad de reducir estos dos inconvenientes presentados por el residuo fibroso de mango, podría aclararse la coloración sometiendo la fruta a un escaldado y para eliminar las sustancias que originan el sabor astringente de los residuos podría someterse la cáscara a un lavado con agua, eliminando así algunos componentes de

sabor solubles en agua que pudieran ocasionar esta característica; esto con el fin de aumentar en otros productos el nivel de incorporación del residuo fibroso de mango.

b) Composición química

La composición proximal de las galletas elaboradas con salvado de trigo y de fibra de mango se presenta en el cuadro 4.

Como puede observarse, la galleta de mango presenta un mayor contenido de humedad (3.31%) que la registrada por la galleta de salvado (2.23%), lo cual puede deberse al mayor contenido de FDS presente en los residuos fibrosos de mango que aumentan la capacidad de hidratación de la masa y brindan a la galleta un mayor contenido de humedad.

Cuadro 4. Composición proximal (% b. s) de las galletas elaboradas a base de salvado de trigo y los residuos fibrosos de mango criollo.

COMPONENTE	G. SALVADO DE TRIGO	G. FIBRA DE MANGO
Humedad	(2.23 ± 0.18)	(3.31 ± 0.21)
Cenizas	1.22 ± 0.01	1.01 ± 0.38
Grasa Cruda	20.13 ± 0.16	22.30 ± 0.31
Proteína Cruda	13.67 ± 0.01	12.04 ± 0.10
Fibra Cruda	1.22 ± 0.18	0.89 ± 0.16
E.L.N.	63.76 ± 0.88	63.76 ± 0.06

El contenido de cenizas presentado por la galleta de salvado (1.22%) presenta una superioridad a la obtenida para la galleta de mango (1.01%); esto podría deberse a que el salvado de trigo tiene un mayor contenido de minerales (Charley, 1998) que el residuo fibroso de mango.

Respecto al contenido de grasa, puede observarse que para las galletas de salvado y mango se obtuvieron valores semejantes (20.13% y 22.30% respectivamente), ya que el porcentaje

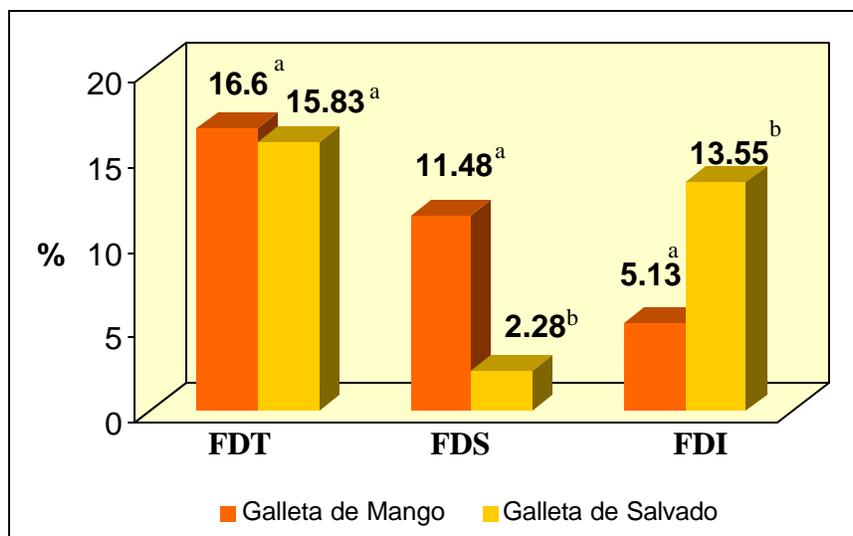
de incorporación (21.61%) de mantequilla en la formulación es igual para ambas muestras y esta es la principal fuente de grasa de las galletas.

El aporte proteínico por parte de la galleta de salvado de trigo (13.67%) es mayor que el de la galleta de mango (12.04%), en ambas muestras la fuente principal de proteínas es el huevo; sin embargo, esta ligera diferencia se debe a que el salvado de trigo cuenta con un mayor contenido de proteínas (17%) (Duque *et al.*, 1998) que el encontrado para el residuo fibroso de mango (4.82%).

Los valores de fibra cruda de las galletas fueron de 1.22% para la galleta de salvado y de 0.89% para la galleta de mango, la diferencia se debe principalmente al contenido de FDI de la galleta de salvado, ya que como se había mencionado, en este análisis se pierden grandes cantidades de fibra soluble que no es cuantificada.

c) Fracciones de fibra dietética

Las fracciones de fibra dietética encontradas para las galletas de salvado de trigo y mango se presentan en la figura 5.



a-b Letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística (P<0.05)

Figura 5. Contenido de FDT, FDS y FDI de las galletas de mango y salvado.

En cuanto al contenido de FDT se presentaron resultados que fueron estadísticamente iguales ($P < 0.05$), con valores de 16.6 % para la galleta de mango y de 15.83 % para la galleta de salvado. Estos resultados indican que la incorporación de fibra de mango proporciona el mismo contenido de FDT en la dieta que el salvado de trigo.

Respecto al contenido de fracciones de fibra, se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) en el contenido de FDS (11.48 % y 2.28 %) y FDI (5.13 % y 13.55 %) para la galleta de mango y salvado respectivamente. Esto se debe principalmente a la fuente de fibra dietética utilizada, ya que el contenido de FDS es mayor en el residuo de mango (29.46%) y el contenido de FDI es mayor en el salvado (15.4%).

CONCLUSIONES

Los residuos fibrosos presentaron las siguientes características fisicoquímicas: tamaño de partícula menor a 291 μm , humedad 6.25%, cenizas 5.43%, proteína cruda 4.82%, grasa cruda 1.98%, fibra cruda 12.06 %, E.L.N. 75.71%, fibra dietética total 56.68%, fibra dietética soluble 29.46% y fibra dietética insoluble 27.21%; presentando los residuos un balance entre las fracciones de fibra dietética soluble e insoluble. Debido a estas características, el residuo fibroso de mango criollo es una buena fuente de fibra dietética ya que al presentar un balance de FDI-FDS podría emplearse en productos auxiliares en padecimientos como hipercolesterolemia, enfermedades cardiovasculares, estreñimiento, diabetes, obesidad e incluso cáncer de colon.

El residuo presentó un porcentaje de retención de agua de 4.07 ml agua/ g muestra y un porcentaje de retención de aceite de 1.46 ml aceite/ g muestra, así como también una actividad emulsificante de 7.16 % con una estabilidad de la emulsión de 55.0%. Debido a esto podría emplearse en productos que requieran de hidratación, generación de viscosidad y conservación de frescura, como los productos de panificación, con la ventaja de que sus propiedades pueden cambiar al hacerlo el tamaño de partícula.

Al incorporarse los residuos fibrosos a galletas integrales se obtuvo la siguiente composición: humedad 3.31%, cenizas 0.74%, grasa cruda 22.30%, proteína cruda 12.04%, fibra cruda 0.89% y E.L.N. 65.30%, fibra dietética total 16.6%, fibra dietética soluble 11.48%, fibra dietética insoluble 5.13%. La incorporación de fibra de mango proporcionó el mismo contenido de FDT en la galleta que el salvado de trigo (15.83%) pero presentó una diferencia estadística en el contenido de FDS (2.28%) y de FDI (13.55%).

El análisis de varianza de los datos de la evaluación sensorial indicó que al comparar las galletas elaboradas con el residuo fibroso del mango criollo con galletas integrales de salvado de trigo como control no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las fuentes de fibra dietética utilizada. Con el análisis de comparación de medias se encontró el control

fue estadísticamente igual ($P < 0.05$) a la galleta de fibra de mango, presentando medias de 5.7 y 5.57 respectivamente.

RECOMENDACIONES

Los siguientes puntos pueden ser tomados en consideración para complementar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

?? Someter el mango a un proceso de escaldado para aclarar el color de los residuos fibrosos y la cáscara a un lavado para eliminar sustancias que originan el sabor astringente que ésta presenta, estableciendo tiempo y volumen de lavado para evitar pérdidas de FDS.

?? Determinar las propiedades fisiológicas y digestibilidad *in vitro* de la fibra de mango criollo para conocer su comportamiento en el organismo.

ANEXOS

El costo aproximado de la producción del residuo fibroso de mango es de 15 centavos por Kg de fruta fresca.