



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**

Caracterización del aceite obtenido de almendras de diferentes variedades de mango y su aplicación como sustituto de manteca de cacao en rellenos y coberturas de chocolate

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A N:  
GABRIELA VILCHIS MARTÍNEZ  
SELENE PASCUAL BUSTAMANTE**

**ASESORES DE TESIS:**

**DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ  
DR. CECILIO ÁLVAREZ TOLEDANO**

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por habernos brindado todos y cada uno de los conocimientos para nuestra formación profesional así como la oportunidad de pertenecer a la mejor universidad del país y América latina.*

*Agradecemos a cada uno de nuestros profesores que nos transmitieron un poco de su conocimiento y formaron en nosotros una conciencia ética y profesional*

*Damos las gracias a la Dra. Andrea Trejo por su empeño en nuestra formación y la confianza que nos brindo a lo largo de la carrera., así como a cada uno de nuestros compañeros de generación de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la FES-C por cada uno de los momentos vividos que siempre permanecerán en nuestra memoria.*

*Al Dr. Cecilio por confiar en nosotras y permitirnos trabajar con usted, ofreciéndonos su amistad y apoyo; agradecemos su colaboración durante el desarrollo de este proyecto siendo parte primordial de este.*

*Al Laboratorio 4 de Inorgánica del Instituto de Química, por todo el apoyo brindado, por permitirnos ingresar a su laboratorio, por su valiosa cooperación y ayuda, por brindarnos su amistad y un poco de su conocimiento para el desarrollo de nuestra tesis.*

*A la Dra. Carmen Márquez por los conocimientos aportados, el apoyo y la paciencia brindada lo que fue elemental para el desarrollo de esta tesis. Mil Gracias.*

*Al Dr. Alberto Tecante Coronel y la Técnico I.A. Mariana Ramírez Gilly del laboratorio de Reología, por el apoyo brindado tanto en conocimientos como en el desarrollo de esta investigación ya que fue algo fundamental para la realización de esta tesis. Mil Gracias.*

*A nuestros sinodales (José Luis Aguilera, Carolina Moreno, Julieta González y Miriam Álvarez) por haber leído y revisar nuestra Tesis. Gracias*

# SELENE:

## DEDICATORIAS

### *A mis padres:*

*Gracias por la oportunidad de ser quien soy; por que no dudaron en ningún momento de mí y siempre han estado conmigo alentándome con su amor y apoyando cada uno de mis proyectos, así como mi desarrollo como profesionalista y más aun como mujer, les doy las gracias por todo lo que me han dado y por compartir este triunfo conmigo el cual no hubiera logrado sin ustedes.*

## AGRADECIMIENTOS

***A Dios** gracias por otorgarme la oportunidad de venir al mundo dentro de una familia que me quiere y que me a apoyado durante toda mi vida, gracias por permitirme cumplir esta meta acompañada de las personas que me apoyan y me brindan su cariño incondicional.*

***A mis hermanos** que este logro sea un aliciente para que ustedes logren sus propósitos y no olviden que siempre contarán conmigo como lo han hecho desde pequeños.*

***A Gabriela** por tu amistad, por acompañarme durante todo este proceso, gracias por ser mi amiga, compartir conmigo alegrías y tristezas así como este éxito y confiar en que lo lograríamos juntas. Gracias*

***A Alma y Ariadna** gracias por su amistad y apoyo brindado en el transcurso de la carrera, volviéndose parte importante en mi vida, les agradezco de todo corazón el que estuvieran conmigo apoyándome y cuidándome; gracias por los momentos felices durante estos años y aun más por los que vendrán.*

***A Mónica, Ricardo y Enrique** les agradezco su amistad durante siete años, por estar conmigo en las buenas y las malas, por confiar en mí y ofrecerme su cariño sin pedir nada a cambio; por apoyarme cuando mas los e necesitado volviéndonos una familia forjada por la vida y espero que como una familia nos mantengamos unidos.*

***A Zaira, Ivon, Adriana, Anabel, Carlitos, Jessica, Carmen, Norma, Lupita Perez y Lupita PPO** por brindarme su amistad y apoyo durante todo este tiempo en que hemos trabajado juntos, volviéndonos un grupo muy unido que es un soporte para cada uno de nosotros, gracias por dejarme compartir este logro con ustedes.*

***A Francisco** por tu amistad y aliento durante el desarrollo de este proyecto que es la continuación de tu esfuerzo y trabajo, gracias por ser parte importante de esta tesis.*

***A la Dra. Andrea** le agradezco de todo corazón el que creyera en mí; por brindarme su apoyo y permitirme trabajar con usted durante todo este tiempo, ha sido un ejemplo para mí y no tengo más que agradecer la confianza que me ha dado así como su comprensión; es una gran persona y una gran amiga, que me a enseñado valiosas lecciones para mi vida profesional y personal; mil gracias por compartir este logro con nosotras.*

# GABY:

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mis padres*

MA. DEL ROCÍO MARTÍNEZ FOGLIA

Y

MANUEL VILCHIS ORTEGA

*Por haberme dado sus conocimientos, apoyo, confianza, cuidados, consejos y comprensión para que lograra esta meta tanto mía como de ustedes, a costa de tantos sacrificios; y a pesar de ello creo que no existen palabras ni hechos suficientes para agradecerles el haberme brindado la vida y todo lo que me han enseñado a lo largo de ella, dedico esta tesis con mucho cariño, respeto, admiración y gratitud.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por regalarme la vida y a una familia tan linda que sin ellos no habría llegado hasta este momento tan feliz y tan agradable de mi vida gracias por hacer que se sientan orgullosos de mí y poder decirles que gracias a ellos soy una Ingeniera y por último gracias también por dejarme aprender todo en mi vida profesional en la mejor escuela en la Universidad Autónoma de México.*

*A mis hermanas Becos y Ale, que esto les pueda servir de ejemplo y con aliciente para que les vaya bien en su vida.*

*A Crystian, por tu amor tan grande y puro, tu apoyo, cuidados y ayuda brindados, por toda tu paciencia, vivencias, experiencias que hemos pasado juntos, esto te lo debo a ti también amor de mi vida. Te amo. ¡Siempre juntos!*

*A mis abuelos Ana Luisa, Gabriel, Antonia y Ejidío (†), por todo su apoyo, protección, bendiciones y confianza brindados desde donde quiera que estén porque también sé que me guiaron hasta este momento siempre estarán en mi mente y en mi corazón los quiero.*

*A toda mi familia, por el apoyo y el ánimo brindado, también esto es de ustedes.*

*A Selene, por tu amistad incondicional, por los momentos tan divertidos que hemos vivido juntas y por tu confianza para realizar juntas este proyecto; gracias por haberme permitido ser tu amiga y compartir este momento contigo. Te quiero mucho.*

*A Alma y Ariadna, por su amistad, comprensión, ayuda y por depositar su confianza en mí y por estar siempre juntas en las buenas como en las malas, gracias por todo.*

*A Ivonne, Saira, Adriana, Anabel, Carlitos, Carmen, Jessica, Norma, Lupita Pérez, Lupita PPO e Isaac, por su amistad y apoyo brindados, además de todos los momentos felices que pasamos juntos a lo largo de nuestros proyectos de tesis y por permitirme ser parte de esta gran familia, siempre les estaré agradecida.*

*A Francisco, por tu apoyo incondicional, por tu confianza y tu amistad y por brindarnos algunas bases para el desarrollo de este proyecto. Gracias.*

*A Andrea, primeramente por ser mi profesora. También quiero darte las gracias por todos los conocimientos y consultas que me has dado, ya que contigo cada día que pasó aprendí algo nuevo. Además déjame decirte que te he llegado a apreciar mucho como amiga, como asesora de trabajo pero también por la compañera de trabajo tan fabulosa que eres al intercambiar tus conocimientos con migo. Gracias por la oportunidad que me brindaste al trabajar contigo, por dirigir esta tesis que además es un tema precioso, las comidas, los cafés y las múltiples pláticas.*

## ÍNDICE GENERAL

	Páginas
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>I. GENERALIDADES</b>	
1. EL MANGO	9
1.1 Clasificación botánica	10
1.1.1 Variedades	12
1.1.1.1 Variedades que se cultivan en México	13
1.2 Producción de mango	15
1.2.1 Producción mundial	15
1.2.2 Producción de mango en México	16
1.3 Composición química y valor nutricional	16
1.4 Subproductos derivados del procesamiento del mango	17
1.4.1 Obtención del aceite de la almendra del mango	20
1.4.2 Obtención de la harina	22
1.5 Métodos de extracción del aceite de la almendra del mango	22
1.5.1 Soxhlet	23
1.5.2 Sonicación	24
1.5.2.1 Equipo ultrasónico	26
1.5.2.2 Frecuencia y amplitud	26
1.5.3 Extracción con fluidos supercríticos (EFS)	27
1.5.3.1 Fundamento de la extracción de los fluidos supercríticos	29
2. CHOCOLATE	31
2.1 Elaboración de chocolate	31
2.2 Tipos de chocolate	36
2.3 Ingredientes más comunes y su importancia en la formulación de coberturas de chocolate	37
2.4 Composición química de la manteca de cacao	39
2.5 Sustitutos de manteca de cacao	42
2.6 Factores que afectan la calidad de los rellenos y las coberturas de chocolate para su aplicación en la industria	45
3. NORMATIVIDAD SOBRE LOS SUSTITUTOS Y LOS EQUIVALENTES DE MANTECA DE CACAO UTILIZADOS EN CHOCOLATES	47
<b>II. OBJETIVOS</b>	
<b>III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>	
3. Metodología experimental	55
3.1 Obtención de las semillas del mango	56
3.2 Tratamiento de las muestras	56
3.3 Secado de las almendras del hueso del mango	56
3.4 Molienda y tamizado de las almendras	56
3.5 Caracterización física y química de las harinas obtenidas de las diferentes almendras	57
3.6 Extracción de los aceites obtenidos de las almendras del mango por el método de sonicación (SN)	57
3.7 Fraccionamiento de los aceites	57
3.8 Caracterización física de los aceites y grasas obtenidas de la almendra del mango	58

3.9	Análisis de la identidad de las grasas y aceites obtenidos de las almendras del mango	58
3.10	Análisis de la calidad de las grasas y aceites obtenidos de las almendras del mango	58
3.11	Comparación de la identidad y la calidad de la grasa del mango y manteca de cacao	58
3.12	Elaboración de las diferentes mezclas de los aceites y las grasas de la almendra del mango	59
3.13	Elaboración de cobertura y relleno de chocolate	59
3.14	Pruebas físicas de las coberturas y los rellenos de chocolate	63
	3.14.1 <i>Comparación de la viscosidad del relleno y la cobertura de chocolate elaborados con y sin sustituto</i>	63
3.15	Pruebas sensoriales de la cobertura y el relleno de chocolate	63
3.16	Análisis microbiológicos	64
3.17	Métodos analíticos	65
	3.17.1 <i>Parámetros químicos</i>	65
	3.17.2 <i>Análisis de la identidad y la calidad de las grasas y aceites</i>	66
	3.17.3 <i>Análisis físicos de rellenos y coberturas de chocolate</i>	69
3.18	Tratamiento de los resultados	70
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1	Caracterización física y química de la harina obtenida de las semillas del mango	72
4.2	Extracción de los aceites por sonicación	76
4.3	Caracterización física de los aceites obtenidos	76
4.4	Fraccionamiento del aceite	77
4.5	Caracterización física de las grasas (estearinas) y los aceites (oleínas) obtenidos	79
4.6	Caracterización de la identidad y parámetros de calidad de las grasas y aceites obtenidos de las almendras del mango	79
	4.6.1 <i>Identidad de las grasas y los aceites</i>	79
	4.6.2 <i>Parámetros de calidad de las grasas y los aceites</i>	85
4.7	Propuesta de diferentes mezclas utilizadas como sustitutos de manteca de cacao	87
4.8	Pruebas físicas de las coberturas y los rellenos de chocolate	89
4.9	Pruebas organolépticas de las coberturas y los rellenos de chocolate	95
4.10	Viscosidad del relleno y la cobertura de chocolate elaborados con y sin sustituto	99
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

<b>Nombre de la tabla</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Taxonomía del mango	10
<b>Tabla 2.</b> Principales características de las variedades de mango cultivadas en México	14
<b>Tabla 3.</b> Composición química del mango	17
<b>Tabla 4.</b> Composición de los ácidos grasos de la semilla del mango	21
<b>Tabla 5.</b> Contracción volumétrica de la manteca de cacao a 10 y 18°C a diferentes tiempos de enfriamiento	35
<b>Tabla 6.</b> Tipos de chocolate y sus características	37
<b>Tabla 7.</b> Ingredientes básicos en la elaboración de chocolates y su función	38
<b>Tabla 8.</b> Composición de ácidos grasos de la manteca de cacao	40
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de los sustitutos de la manteca de cacao	44
<b>Tabla 10.</b> Diferentes sustitutos de manteca de cacao y sus características	45
<b>Tabla 11.</b> Composición de diversos productos de chocolate de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002 (% en base seca)	48
<b>Tabla 12.</b> Formulación de la cobertura de chocolate utilizando manteca de cacao y sustituto de grasa de mango	62
<b>Tabla 13.</b> Formulación del relleno de chocolate utilizando manteca de cacao y sustituto de grasa de mango	62
<b>Tabla 14.</b> Escala de los atributos medidos en el análisis sensorial	64
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de cada uno de los componentes del mango	72
<b>Tabla 16.</b> Características físicas de las harinas obtenidas de las almendras de mango	73
<b>Tabla 17.</b> Composición química de las harinas de las almendras del mango	74
<b>Tabla 18.</b> Rendimientos obtenidos en la primer y segunda extracción	76
<b>Tabla 19.</b> Caracterización física de los aceites de las almendras	77
<b>Tabla 20.</b> Rendimientos obtenidos de la extracción y el fraccionamiento de los aceites obtenidos de las cinco variedades de mango	78
<b>Tabla 21.</b> Características físicas de las oleínas	79
<b>Tabla 22.</b> Características de la identidad de las grasas (estearinas) obtenidas de cinco variedades de mango	80
<b>Tabla 23.</b> Composición de ácidos grasos de las grasas (estearinas) obtenida de cinco variedades de mango y de manteca de cacao	81
<b>Tabla 24.</b> Características de la identidad de las oleínas obtenidas de cinco variedades de mango	83
<b>Tabla 25.</b> Composición de los ácidos grasos de las oleínas obtenidas de cinco variedades de mango y de manteca de cacao	84
<b>Tabla 26.</b> Parámetros de calidad de las grasas (estearinas) obtenidas de almendras de cinco variedades de mango	85
<b>Tabla 27.</b> Parámetros de calidad a los aceites (oleínas) obtenidos de las almendras de cinco variedades de mango	86
<b>Tabla 28.</b> Composición de los ácidos grasos de ocho tipos de sustitutos de la manteca de cacao	88
<b>Tabla 29.</b> Atemperado de los rellenos de chocolate	90
<b>Tabla 30.</b> Atemperado de las coberturas de chocolate	91
<b>Tabla 31.</b> Punto de fusión de las coberturas de chocolate	92
<b>Tabla 32.</b> Análisis sensorial de los rellenos de chocolate	96
<b>Tabla 33.</b> Análisis sensorial de las coberturas de chocolate	98

## Índice de figuras

<b>Nombre de figura</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Estructura del mango	11
<b>Figura 2.</b> Diferentes variedades de mango	11
<b>Figura 3.</b> Principales variedades de mango cultivadas en México	13
<b>Figura 4.</b> Distribución de la producción de mango en el 2004	16
<b>Figura 5.</b> Diagrama de elaboración del producto comestible a partir de desperdicios de mango	18
<b>Figura 6.</b> Proceso de extracción del aceite de la semilla del mango a partir de la generación de subproductos durante la elaboración de jugo.	20
<b>Figura 7.</b> Extracción Soxhlet	24
<b>Figura 8.</b> Fenómeno de la cavitación	25
<b>Figura 9.</b> Composición del baño ultrasónico	26
<b>Figura 10.</b> Principio de extracción EFS	29
<b>Figura 11.</b> Diagrama de disolventes EFS	30
<b>Figura 12.</b> Diagrama general de elaboración de chocolate	32
<b>Figura 13.</b> Estructura de la molécula de POST en forma $\beta$ con todos los zig-zags de carbono orientados con forma parecida y situados aproximadamente en el plano de la molécula	41
<b>Figura 14.</b> Diagrama del proceso de elaboración del relleno de chocolate	60
<b>Figura 15.</b> Diagrama del proceso de elaboración de la cobertura de chocolate	61
<b>Figura 16.</b> Estructura del ácido gálico	65
<b>Figura 17.</b> Componentes de los mangos	72
<b>Figura 18.</b> Harinas obtenidas de las almendras de las diferentes variedades de mango	73
<b>Figura 19.</b> Separación de la manteca de cacao de las coberturas de chocolate	93
<b>Figura 20.</b> Separación de la manteca de cacao de los rellenos de chocolate	94
<b>Figura 21.</b> Análisis sensorial de los rellenos de chocolate	97
<b>Figura 22.</b> Análisis sensorial de las coberturas de chocolate	99
<b>Figura 23.</b> Viscosidad aparente de las coberturas de chocolate a 40° C	100
<b>Figura 24.</b> Viscosidad aparente de los rellenos de chocolate a 25° C	101



# RESUMEN



## RESUMEN

---

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una caracterización física, química y fisicoquímica del aceite obtenido de la almendra de la semilla de diferentes variedades de mango ('Ataulfo', 'Manila', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt') para su aplicación como sustituto de manteca de cacao en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate utilizado en la industria de alimentos.

Se realizó la obtención de harina de almendras de semillas de las diferentes variedades de mango que se comercializan en nuestro país. Se realizó la caracterización química de la harina de semilla de mango y se observó un alto contenido de almidón, fenoles y grasa, los cuales variaron dependiendo de cada variedad de mango. El contenido de grasa fue de aproximadamente del 12 al 27 %, por lo que se procedió a su extracción por el método de sonicación obteniéndose rendimientos del 12 al 50% en aceite, mientras que para las fracciones de estearina fueron del 7 al 40% para la estearina y del 4 al 10% para la oleína. Las fracciones obtenidas de las harinas presentaron índices de saponificación dentro del intervalo de 188-200 mg KOH/g, índice de yodo de 32-41 % de Yodo absorbido, ambos índices semejantes a los reportados bibliográficamente para la manteca de cacao. Al realizar un estudio del perfil de los ácidos grasos presentes en estos aceites se determinó que los ácidos grasos presentes en todas las variedades son: oleico de 30 a 36% en la fracción de estearina y del 50% aproximadamente en las oleínas; esteárico del 50 al 54% en estearina y en oleína del 19 al 22%; palmítico del 8 a 11% en la fracción de estearina, mientras que en la oleína fue del 6 al 15%, siendo el ácido esteárico el de mayor contenido en todas las variedades. A partir de la caracterización de los aceites y su similitud del perfil de ácidos grasos y parámetros fisicoquímicos se procedió a utilizarlos como sustituto de manteca de cacao para la elaboración de coberturas y rellenos.

Se realizaron las coberturas y los rellenos de chocolate sustituyendo un 5% de manteca de cacao con mezclas de aceite y grasas de las almendras del mango, como lo permite la Norma Oficial Mexicana (NOM-186-SSA1/SCFI-2002). Se evaluaron las características físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas, encontrándose que en el atemperado del chocolate el relleno que más se aproximó al elaborado con manteca de cacao fue con el sustituto S1 (aceite 'Haden'), mientras que en coberturas fue el sustituto S5 (oleína 'Haden' - estearina 'Manila'); en la evaluación de separación de la fase lipídica todas las muestras resultaron negativas lo que indicó, que el producto era estable.



## RESUMEN

---

También se realizó una evaluación sensorial obteniéndose que un relleno con atributos similares al elaborado con manteca de cacao fue el sustituto S4 (oleína 'Haden' – estearina 'Kent'), mientras que en coberturas la mejor opción fue el sustituto S3 (oleína 'Haden' – estearina 'Ataulfo'). Los análisis microbiológicos indicaron un buen proceso de elaboración de los rellenos y las coberturas, ya que no presentaron coliformes totales, como lo indica la norma para chocolates.

Se concluye que los sustitutos S1 y S4 fueron los que mejor comportamiento presentaron en los rellenos, mientras que en coberturas los sustitutos S3 y S5 no cambiaron los atributos del chocolate; por lo que el uso de sustitutos provenientes de grasas de mango puede ser una buena opción para la industria alimentaria ya que no afectan las propiedades físicas y sensoriales de estos productos.



# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

---

En la actualidad la India, China, Tailandia y México se encuentran entre los principales países productores de mango. En México, es uno de los frutos tropicales económicamente más importantes, teniendo una producción significativa de dicho fruto por lo que México fue el mayor exportador de mango en el 2006, lo que representó una cuarta parte del comercio mundial de mango. Las variedades exportadas son: 'Kent', 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt' y 'Tommy Atkins' (FAO, 2005; Mitra, 1997).

El mango se ha utilizado tradicionalmente para producir néctares, jugos, conservas, mermeladas, jaleas, purés, encurtidos, bebidas, láminas de frutas, etcétera; procesos en los cuales el bagazo, el hueso y la piel (40 –50% del peso total del mango) son desperdicio. Generalmente estos subproductos no son utilizados para producir alimentos humanos, debido a su sabor y textura desagradable. La falta de procesos, formulaciones u otras aplicaciones para estos subproductos resulta en una utilización mínima de los mismos. El no buscar opciones para su transformación significa desperdiciar los recursos naturales (Jonhson, 1991).

Actualmente se están estudiando alternativas para el uso del bagazo, hueso y la piel ya que tiene varios constituyentes de interés como su alto contenido de aceite, minerales, fibra, vitaminas, carbohidratos y proteínas. Además que la utilización de estos desperdicios significa una alternativa inminente para la falta de suministros de alimentos para la población mundial (Jonhson, 1991).

Existen patentes e investigaciones científicas en todo del mundo para la elaboración de polvo de pulpa de mango (Katrodia, 1979). El polvo elaborado de pulpa de mango deshidratado se ha utilizado en países africanos para alimento humano y piensos en zonas donde hay escasez de alimentos. Estas harinas son adicionadas con harina de maíz y soya para aumentar el contenido de pro-vitamina A (Bedifu, 2001). El método de obtención del polvo de mango incluye las siguientes operaciones unitarias: lavado, pelado, deshuesado, despulpado utilizando agua, filtración, homogenización, secado por centrífuga y envasado. A la pulpa se le adiciona 5% de  $\beta$ -CD y 5% de almidón soluble a 60°C antes de la homogenización. Una característica importante de este producto es que retiene el sabor y color de la fruta original por lo menos un año si el envase se encuentra protegido de la luz y si el contenido del agua está por debajo de 5% en peso (US Patent. **US7141P**, 1990). Otro ejemplo del aprovechamiento de subproductos es la factibilidad de



## INTRODUCCIÓN

---

producir vinagre por inmovilización de células. El vinagre es producido por fermentación y oxidación a partir de pulpa de mango utilizando *Saccharomyces cerevisiae* var. *Ellipsoideus Montrachet* y *Acetobacter aceti* NCIM 2094. El vinagre obtenido tenía una acidez final de 5.3 %, era de color amarillo claro, con un sabor afrutado agradable. La eficiencia del proceso fue de 60% (Núñez, 2000).

La piel puede ser utilizada para la extracción de pectinas, enzimas, mientras que la almendra del hueso en las industrias de otros países es utilizada para la extracción de aceites los cuales son empleados en confitería, en la elaboración de cosméticos, etc. (Álvarez, 2004). Para la aplicación de estos residuos es necesario establecer que componentes están presentes en estos y con base en esto es posible determinar su utilización para diferentes procesos dependiendo de su composición y los aportes que puedan ofrecer (Kira, 1991).

El hueso del mango pesa un octavo del total de la fruta y su almendra contiene de 9 a 13% de aceite, además de un alto contenido de almidón (Bringi, 1977). La harina de almendra de mango se puede utilizar para la fabricación de galletas (Arogba, 1999; Arogba, 2001). También se podría presentar como posible fuente alimenticia para animales y para humanos en áreas con escasez de alimentos y desnutrición.

La almendra de mango cocinada puede ser incorporada en alimento para animales y aves como sustituto de la harina de maíz, debido a sus contenidos de micro y macro nutrientes (Elegbede *et al*, 1996, SAGARPA/DIAGRO, 2001; Yuen, 1993).

La obtención de aceites es un proceso ampliamente conocido y utilizado a gran escala en países como India, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Nigeria, etcétera. El aceite que se obtiene a partir de una extracción con hexano de la almendra seca y pulverizada de mango (es semisólido de color crema), con un punto de fusión de 45 °C. Su composición química es la siguiente: Humedad 0.08%, ácidos grasos libres 3%, Valor de yodo (Wijs) 45 y materia insaponificable 1.5% (Bringi y Padley, 1977; Raie *et al.*, 1994).

Una nueva apertura en el mercado para los residuos del mango apareció en la producción de chocolate. A consecuencia de ello la Comunidad Europea ha derivado la ley de pureza del chocolate (Beckett, 2000). El Parlamento Europeo decidió en marzo del 2000 que a la industria manufacturera de chocolate se le permite adicionar hasta un 5% de otro tipo de grasa además de grasa de cacao para sus productos de chocolate (Gijón y



## INTRODUCCIÓN

---

Rodríguez, 2003). En el año 2002 en México se creó la Norma Oficial Mexicana (SSA, 2002), sobre “Cacao, productos y derivados” que es un símil de la ley europea. Esto abre a un más la posibilidad de uso del aceite obtenido a partir de un fruto de gran producción en México y que podría ser manipulado en la industria de alimentos. Por lo que el objetivo del presente trabajo es realizar una caracterización física, química y fisicoquímica del aceite obtenido de la almendra de diferentes variedades de mango para su aplicación como sustituto de manteca de cacao en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate utilizados en la industria de alimentos.



# I. GENERALIDADES



### 1. EL MANGO

El mango es originario del sureste de Asia y, más específicamente, de la India. De allí se expandió al resto de las regiones en el mundo; al parecer, fue introducido por los portugueses a Centro y Sudamérica (Corporación Colombiana Internacional, 2002).

El mundo occidental se relacionó con el mango e inició su actual distribución mundial con la apertura por los portugueses, de las rutas marítimas hacia el Lejano Oriente, al principio del siglo XVI. También se le llevó de Indochina a la isla de Mindanao y a Sulus por el siglo XIII, no siendo sino hasta fines del siglo XIV y principio del siglo XV que los viajeros españoles llevaron la fruta desde la India hasta Manila, en Luzón. Mientras tanto, los portugueses en Goa, cerca de Bombay, transportaron fruta de mango al sur de África, de ahí hacia Brasil, alrededor del siglo XVI y unos 40 años después a la isla de Barbados (Infoagro, 2002).

Del mismo modo, los españoles introdujeron este cultivo a sus colonias tropicales del Continente Americano, por medio del tráfico entre las Filipinas y la Costa Oeste de México por los siglos XV y XVI. Jamaica importó sus primeros mangos de Barbados hacia 1782 y las otras islas de las Indias Occidentales, al principio del siglo XVII. Los mangos fueron llevados de México a Hawái, en 1809, y a California, alrededor de 1880, mientras que la primera plantación permanente en Florida data de 1861 (Infoagro, 2002).

El mango (*Mangifera indica* L.) ha estado bajo cultivo desde los tiempos prehistóricos. Es una de las frutas más antiguas que consume el hombre. El mango está distribuido por todo el sureste de Asia y el archipiélago Malayo desde épocas antiguas. La obtención en 1912 en Florida de la variedad 'Haden', a la que luego seguirían otros cultivares como 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Keitt', 'Irwin', etcétera, marca, sin duda, el comienzo del desarrollo moderno de este cultivo en el mundo occidental.

Sin embargo, la importancia económica real del mango estriba en el tremendo consumo local que se realiza en cada villa y ciudad de las tierras bajas de los trópicos. Como cosecha de exportación, se coloca bastante abajo en la lista de frutas, siendo sobrepasada en mucho por los plátanos, cítricos, aguacates, dátiles, higos, piñas y posiblemente otros, pero ocupa el segunda lugar, sólo superándolo los plátanos, en términos de uso doméstico (Infoagro, 2002).



### 1.1 Clasificación botánica

*Mangifera indica* L., es el miembro más importante de los *Anacardiaceae* o familia del marañón. Tiene algunos parientes bien conocidos, tales como el marañón (*Anacardium occidentale* L.), el pistachero (*Pistacia vera* L.) y la familiar hiedra venenosa o roble venenoso de Norteamérica (*Rhus toxicodendron* L. o R.), entre otros. La mayoría de todas las especies de la familia se caracterizan por los canales de resina y muchos son famosos por su savia irritante y venenosa, que puede ocasionar dermatitis severa (Infoagro, 2002).

El género *Mangifera* comprende más o menos 50 especies nativas del sureste de Asia o las islas circundantes, excepto *M. africana* O., que se encuentra en África. Sólo 3 o 4 especies del grupo producen frutas comestibles; sin embargo, muchas de las otras especies pueden ser de un valor potencial para fines de mejoramiento, puesto que ellas poseen flores de 5 estambres fértiles (Infoagro, 2002).

En la Tabla1 se muestra la taxonomía del mango:

**Tabla 1. Taxonomía del mango**

Nombre científico:	<i>Mangifera indica</i> Linnaeus
División:	Phanerogamae.
Subdivisión:	Angiospermae.
Clase:	Dicotyledonae.
Subclase:	Rosidae
Orden:	Sapindales.
Suborden:	Anacardiineae
Familia:	Anacardiaceae.
Género:	<i>Mangifera</i> .
Especie:	<i>indica</i> .

**Fuente: Mortón (1987).**

Botánicamente el mango es una drupa carnosa, por lo tanto, el pericarpio se divide en tres capas: el epicarpio que consta de una piel externa delgada y ocupa del 8 al 22% del peso total del fruto, el mesocarpio que es una capa carnosa comestible intermedia ocupa del 55 al 75% y el endocarpio que ocupa del 7 al 23% es una cáscara interior dura la cual rodea y protege a la única semilla del fruto, como se muestra en la Figura 1.



## GENERALIDADES



**Figura 1. Estructura del Mango**

Las frutas son drupas oblongas con ligeras variaciones en el tamaño, forma, color, presencia de fibra, textura, sabor y olor, según la variedad (Figura 2). El tamaño del fruto varía desde 5 hasta 30 cm de largo. El peso fluctúa desde 50 g hasta los que pesan más de 2 kg; la forma de la fruta varía de redonda a ovalada u oblonga, según la variedad o tipo de que se trate. La piel del fruto (epicarpio) es bastante fuerte, lisa, dura, cerosa y puede poseer una o varias combinaciones de color verde, amarillo, naranja, púrpura o rojizo cuando el fruto está maduro. La pulpa (mesocarpio) es extremadamente jugosa y puede o no ser fibrosa. Es firme, rica en azúcares y tiene un sabor que va de muy dulce a ácido ó agrio. Algunas tienen un olor a trementina, mientras que otras son agradablemente fragantes. La semilla es ovoide, oblonga o alargada recubierta por una cáscara dura, gruesa y leñosa (endocarpio) con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la pulpa (FAO, 2005).



**Figura 2. Diferentes variedades de mango**



### *1.1.1 Variedades*

Las variedades de Florida son las comunes y de mayor aceptación en el mercado mundial.

Los rasgos primarios que diferencian a los cultivares son la forma y el color del el fruto. Dentro de los rasgos secundarios se encuentran la forma de la especie, la hoja y los pares de nervadura en la misma y los rasgos terciarios incluyen la configuración de la inflorescencia y de las hojas. Además, de las numerosas variedades de semillero, más de mil cultivares vegetativos se encuentran reportados. La mayoría de estos cultivares, originarios de la India, surgieron a partir de la selección de semilleros y de la manutención de recombinaciones controladas. Los cultivares en el mundo se clasifican en dos grupos (Servicio de Información agropecuaria Ecuador, 2004):

- a) Monoembrionicos (originarios de la India). La semilla tiene un sólo embrión, que contiene los genes de ambos padres y produce un sólo semillero. Son altamente coloreados, susceptibles a antracnosis, deterioro interno y tiene un carácter resinoso.
- b) Poliembrionicos (originarios de Indochina y Filipinas). El árbol contiene embriones de muchos semilleros que son genéticamente idénticos a este, la semilla tiene varias madres. Los frutos crecen de coloración atractiva y son relativamente resistentes a antracnosis.

La mayoría de las plantaciones comerciales de mango están establecidas sobre patrones poliembrionicos que aseguran la homogeneidad deseada de los mismos. Teniendo de hecho, cada zona productora, un patrón poliembrionico típico.

De los mangos mexicanos, el 65 % son selecciones de Florida, el 35 % son del tipo común que crece en Filipinas (Servicio de Información agropecuaria Ecuador, 2004) (Servicio de Información agropecuaria Ecuador, 2004).



### 1.1.1.1 Variedades que se cultivan en México

Las principales variedades cultivadas en México son: 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila', 'Irwin', 'Palmer', 'Sensation', 'Tommy Atkins' y 'Van Dyke' siendo las primeras cinco las utilizadas en esta investigación. Sin embargo, las que más se comercializaron en el 2003, fueron: 'Manila', 'Haden', 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Criollo' y 'Keitt' entre las cuales se concentró el 70% de la producción total (Figura 3).

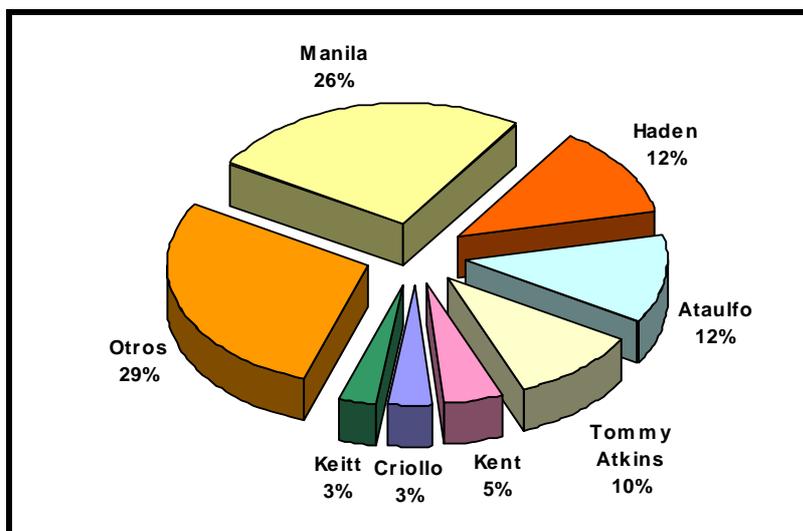


Figura 3. Principales variedades de mango cultivadas en México  
Fuente: SIAP/SAGARPA (2005).

Las características principales de las variedades utilizadas en el presente estudio se muestran en la Tabla 2.



## GENERALIDADES

**Tabla 2. Características principales de las variedades de mango cultivadas en México**

Variedad	Tamaño	Características	Estacionalidad	Principales estados productores
 Ataulfo	Pequeño y plano, de forma alargada.	De tipo indonesio, cultivar de Hawái, descendiente del mango Manila, con un peso de 150-350 g, de color amarillo oro cuando esta maduro, de sabor muy dulce y casi en fibra.	Enero-junio	Chiapas, Michoacán, Guerrero y Nayarit.
 Haden	Forma oval regular, grande.	Descendiente de Mulgova de origen indio. Introducido por el capitán Haden. Con un peso de 400-700 g de peso, color amarillo con tonalidades rojas, de sabor ligero con muy poca fibra.	Febrero-agosto	Michoacán, Jalisco, Guerrero, Colima, Nayarit y Sinaloa.
 Keitt	Es grande de forma oval redonda.	Descendiente "Mulgova", originario de Homestead. Su piel es ligeramente gruesa, de color amarillo verdoso con tonos rojo claro y lavanda. Su pulpa es de color amarillo-naranja, firme, libre de fibra y de sabor muy dulce. Con un peso de 550-750 g.	Abril-septiembre	Nayarit, Jalisco, Colima y Sinaloa.
 Kent	Es de forma oval y grande.	Se deriva del semillero Sandersha. De 500 a 800 g de peso, su piel es de color amarillo grisáceo, hombros rojos y lenticelas pequeñas de color amarillo. Su pulpa está libre de fibra, es jugosa y rica en azúcares.	Abril-agosto	Michoacán, Nayarit, Jalisco, Sinaloa y Colima.
 Manila	Forma alargada plana y pequeño.	Originario de México, de tipo filipino. De color amarillo, con un peso de 180-300 g y de sabor dulce.	Enero-agosto	Chiapas, Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Colima y Sinaloa.

Fuente: Morton (1987); Aguirre y Fernández (1999); EMEX (2005).



### **1.2 Producción de mango**

El mango, por su sabor único y atractiva apariencia, es considerado uno de los mejores frutos en el mercado mundial por ser una apreciada fuente de ingresos de exportación de los países productores.

Después de la uva, los cítricos, el plátano y la piña tropical, el mango es una de las especies de fruta tropical más comercializada en el mundo, pero ocupa el segundo lugar, tan sólo superándolo los plátanos, en términos de uso doméstico (Álvarez, 2004).

#### ***1.2.1 Producción mundial***

De la diversidad tan amplia de frutas que se producen a nivel mundial, la producción de mango ocupa el tercer lugar entre las frutas tropicales, después de plátano y la piña, el séptimo en importancia en el conjunto de las frutas, pero en cuanto al consumo, el mango ocupa el primer lugar a nivel mundial (Sifuentes, 2000).

La producción mundial de mangos en el 2004 fue de 2, 6286, 255 MT. Debido a que la producción del mango requiere de la conjunción de factores climáticos que favorezcan su óptimo desarrollo, sólo unos cuantos países pueden considerarse como productores potenciales de este frutal. El 71% de la producción mundial en el 2004 se concentró en cinco países: India, China, Tailandia, México y Pakistán. Entre estos destaca la participación de India, que aportó cerca de la mitad del volumen total de la producción mundial, seguido a gran distancia de China, Tailandia, México y Pakistán, entre otros (Figura 4) (Sifuentes, 2000).

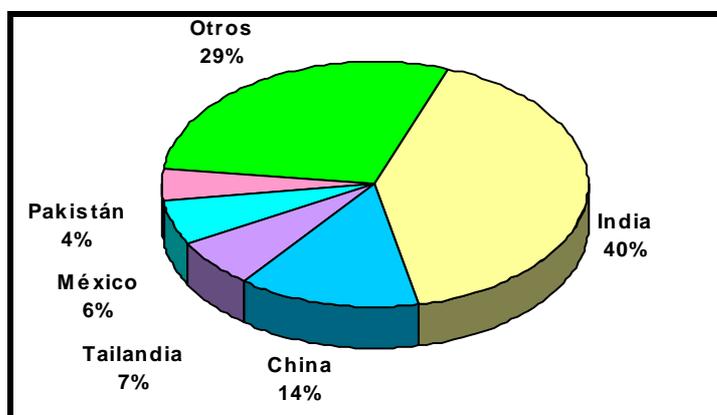


Figura 4. Distribución de la producción mundial de mango en el año 2004  
Fuente: FAO (2005).

### 1.2.2 Producción de mango en México

México es el mayor productor de mango de América con 1, 503, 010 MT y cuarto del mundo. Con una superficie cultivada de 173,837 hectáreas ocupando el primer lugar por volumen de exportación en el mundo con el 24% de las exportaciones mundiales, colocando 216,316 MT de las 918,999 MT que se exportaron en el 2003. Sin embargo, tan sólo el 14.4% de lo que produce lo dedica a la comercialización internacional en fresco y el restante 85,6% lo consume internamente (FAO, 2005).

### 1.3 Composición química y valor nutricional

El mango (*Mangifera indica* L.) es considerado uno de los frutos más atractivos debido a su olor, delicioso sabor y excelentes propiedades nutricionales (Mitra, 1997).

La composición química del mango hace de éste, además de una fruta deliciosa y refrescante, un alimento nutritivo. Contiene minerales y vitaminas que son indispensables para el desarrollo y crecimiento del humano, entre ellas las vitaminas A, B y C, minerales, azúcares, fibras y anti-oxidantes como el  $\beta$ -caroteno; siendo bajos en calorías, grasas y sodio (Infoagro, 2002). Su valor calórico es de 62-64 calorías/100 g de pulpa, lo que hace a esta fruta una de las más importantes de un régimen dietético y balanceado. En la Tabla 3 se muestra el valor nutritivo del mango en 100 g de parte comestible.



**Tabla 3. Composición química del mango**

<b>Componentes</b>	<b>Valor media de la materia fresca</b>
Energía (cal)	62-64
Agua (g)	81.8
Carbohidratos (g)	16.4
Fibra (g)	0.7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0.5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.4
Grasa (mg)	0.1
Niacina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.07
Potasio (mg)	110
Magnesio (mg)	2.0
Vitamina B1 (mg)	0.07
Vitamina B2 (mg)	0.07
Vitamina B3 (mg)	0.7
Vitamina C (mg)	8-172

Fuente: Infoagro (2002).

El mango se caracteriza por ser una fuente importante de vitamina A, B y C. su composición depende de la variedad, así como del estado de madurez que tenga. El contenido de ácido ascórbico y la acidez total disminuyen durante el desarrollo del fruto, mientras que los carotenoides y azúcares totales aumentan (Correa, 2002).

#### **1.4 Subproductos derivados del procesamiento del mango**

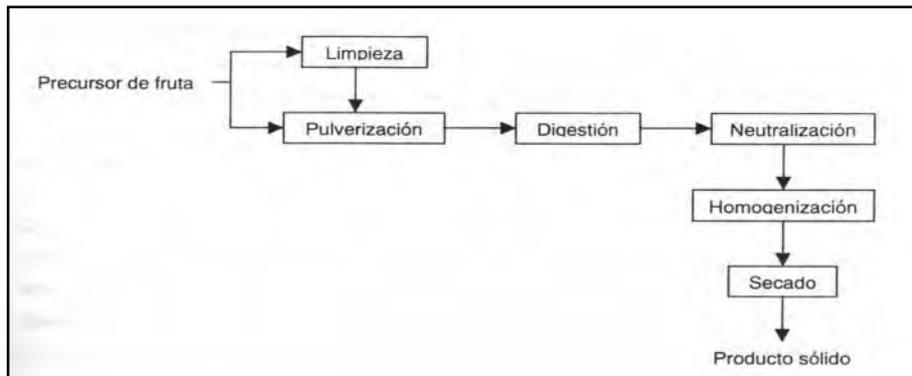
Durante el procesamiento del mango, se generan cáscara y hueso como un desperdicio (40 a 50% del peso total de la fruta). Además son ricos en varios nutrientes y productos con valor agregado que pueden ser obtenidos: pectinas que exhiben geles de gran fuerza (6.1 %) y fibra comestible (5.4 %) se extraen de la piel del mango maduro. Una buena calidad de vinagre (5.2 % de ácido acético) y ácido cítrico (20 g/kg de cáscara) podría obtenerse de la cáscara del mango a través de fermentación microbiana. La cáscara del mango tiene un valor de proteína bajo (3.9 %) por lo que es de una calidad pobre en alimento animal. La cáscara puede ser enriquecida más de cinco veces con proteína (20 %) por fermentación usando *Aspergillus Niger* para su uso en piensos de gran calidad. La cáscara del mango tiene



## GENERALIDADES

una composición lignocelulósica y desde este punto de vista su completo rompimiento es difícil (Zarazúa y Ponce, 2004).

Johnston patentó el método para la elaboración de un producto comestible el cual intentaba dar una alternativa para el aprovechamiento industrial de los subproductos de la industria del mango como se puede observar en la Figura 5 (Johnston, 1981).



**Figura 5. Diagrama de elaboración del producto comestible a partir de desperdicios de mango. Fuente: Johnston (1981).**

Este producto consistía de un precursor que utilizaba el bagazo, la piel y la semilla de varias frutas (cítricos, piña, plátano, papaya, mango y combinaciones de éstas), el cual también contenía enzimas amilolíticas y celulasas. El proceso tiene tres etapas (Johnston, 1981):

- a. Una pulverización del precursor a un tamaño de partícula determinado por un tamiz malla 40; el pH del precursor va de 1.9 a 5.2.
- b. Una digestión del precursor pulverizado utilizando un agente digestor comestible soluble en agua en donde se ajusta el pH del precursor a un valor al cual las células del precursor se rompen y liberan las enzimas amilolíticas por lo que éstas quedan activas.
- c. Neutralización del precursor, cambiando su pH al que presentaba antes de la digestión, utilizando un agente neutralizante comestible soluble en agua.

El producto comestible obtenido por este método, presenta una palatabilidad y sabor agradable al haber eliminado el posible sabor amargo de los desperdicios, y es apropiado para el consumo humano. Su composición final es 70-90% en base seca de



## GENERALIDADES

---

carbohidratos (almidón, hexosas, amilopectina, disacáridos, glucógeno y pentosanos), 1-7% de fibra cruda (celulosa y hemicelulosa) y 5-7.5% de aminoácidos disponibles.

Un producto con menos del 1% de aminoácidos disponibles se considera una fuente de proteína inferior, por lo que el alto contenido de aminoácidos es una ventaja nutricional importante de este producto. Otras ventajas del producto incluye que se trata de una fuente importante de energía; debido a su alto contenido de fibra, el producto ayuda a la digestión; y tiene bajo costo de producción, ya que la materia prima utilizada no tiene valor comercial o valor negativo, porque la inversión que se necesita es equiparable a los gastos de deshacerse de estos desechos (Johnston, 1981).

Otros productos que se han obtenido a partir de los desperdicios de mango son enzimas, pectinolíticas (pectinliasa, E. C. 4.2.1.10) y lactasa ( $\beta$ -galactosidasa, E. C. 3.2.1.23) mediante la fermentación con *Pichia pinus*. Estas enzimas tienen un alto potencial para tratar a su vez a los residuos del proceso de elaboración de jugo de mango. También pueden utilizarse durante la elaboración de jugo ayudando al aumento en intensidad del color del jugo, aumentando el contenido de carbohidratos y el rendimiento del proceso (Moharib *et al.*, 2000).

Por otra parte, la almendra del hueso de mango contiene grandes cantidades de grasa y almidón, siendo otro componente que puede ser aprovechado para la producción de diversos productos. El aceite extraído de la almendra es de buena calidad y podría usarse en confitería, elaboración de chocolates, cosméticos e industriales de jabón (Álvarez, 2004).

La harina obtenida de la molienda de la almendra de la semilla es rica en almidón y, después de mezclar con el trigo o harina de maíz, es usada en la preparación de chapatis en la India. Otro producto es el alcohol y el rendimiento es de aproximadamente un 10%. Puede ser obtenido de la almendra de mango por fermentación co-cultivo (Álvarez, 2004).

En industrias procesadoras de alimentos, se usan varias enzimas invariablemente, para la licuefacción de la pulpa, la clarificación de jugo, etcétera. Las enzimas como la celulasa y la pectinasa de la cáscara del mango y la amilasa de la almendra del hueso de mango pueden ser producidas por fermentación microbiana (Bringi, 1999).



### 1.4.1 Obtención del aceite de la almendra del mango

La obtención de aceites es un proceso ampliamente conocido y utilizado a gran escala en países como India, Estados Unidos de América, Australia, Nueva Zelanda, Nigeria, etc.

El aceite que se obtiene a partir de una extracción con hexano de la semilla seca y pulverizada de mango, es semisólido de color crema, con un punto de fusión de 45° C su composición química es la siguiente: Humedad 0.08%, ácidos grasos libres 3%, valor de yodo (Wijs) 45 y materia insaponificable 1.5% (Bringi y Padley, 1977; Quratulain y Zafar, 1996).

En la Figura 6 se muestra un diagrama general de un proceso de obtención del aceite de la almendra del mango, a partir de los subproductos generados en la industria productora de jugos.

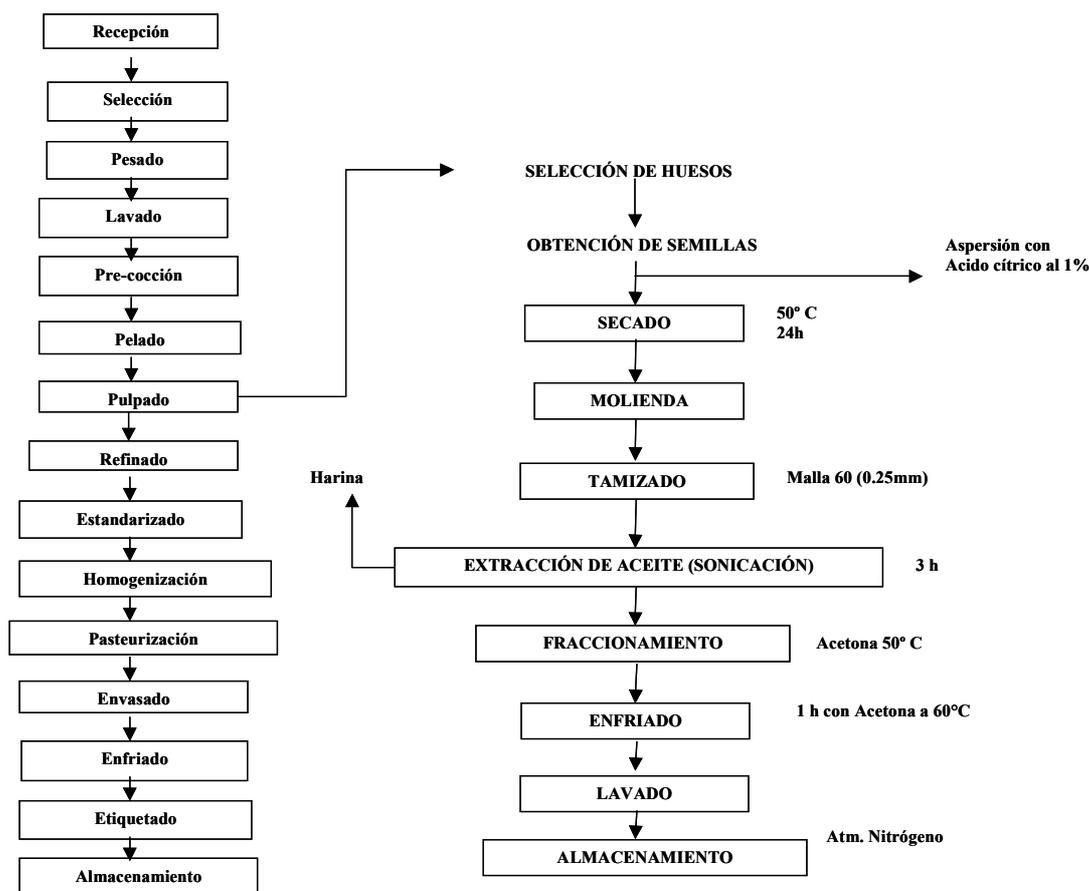


Figura 6. Proceso de extracción del aceite de la semilla del mango a partir de la generación de subproductos durante la elaboración de jugo



El aceite tiene un color amarillo pálido. La composición de ácidos grasos varía dependiendo de la variedad del mango y las condiciones climáticas, además de que contiene de 30 a 65% de ácidos grasos saturados. La Tabla 4 nos muestra la composición general de ácidos grasos de la semilla de hueso de mango:

**Tabla 4. Composición de los ácidos grasos de la semilla del mango**

<u>Ácido Graso</u>	<u>Porcentaje</u>
Palmítico (16:0)	6 al 14
Esteárico (18:0)	26 al 49
Oleico (18:1)	38 al 55
Linoléico (18:2)	2 al 12
Araquídico (20:0)	2

**Fuente: Lakshminarayana *et al.* (1983).**

Este aceite contiene ácido palmítico, esteárico, oleico, linólico, linoléico, araquidónico, benénico, entre otros; cantidades pequeñas de palmitodistearina, tristearina, estearodioleina, oleopalmitoestearina, oleodistearina y palmitodioleina; en cuanto a triglicéridos contiene 11% de 2-oleopalmitil, 1,2-oleopalmitil estearil y 29% de 2-oleodistearil. Por lo que el aceite de la almendra del mango es comparativamente rico en glicéridos simétricos mono insaturados. Estos componentes poseen características de fusión que son valiosas para la industria confitera (Bringi y Padley, 1977; Raie *et al.*, 1994).

Bringi y Padley patentaron un método de fraccionamiento del aceite de la semilla de mango para su posible uso como sustituto de la manteca de cacao en la industria chocolatera y en coberturas. El aceite se obtiene por extracción con hexano de la semilla seca y pulverizada de mango (Furuse *et al.*; 1997). El aceite obtenido se fracciona a 15°C a partir de una solución al 20% del aceite en acetona, el extracto se enfría y se deja reposar una hora y se separan los cristales formados por filtración (Bringi y Padley, 1977; Bringi y Padley, 1980).

Se obtiene un rendimiento del 22% de una fracción de estearina cruda junto con 78% de una fracción de oleica disuelta en acetona. Los cristales se lavan tres veces con acetona cada vez dejando una torta de filtración bastante seca, desmenuzable, de color gris. La fracción de oleica se recupera por evaporación del disolvente (Bringi y Padley, 1977; Bringi y Padley, 1980).



Una formulación para la obtención de un sustituto de manteca de cacao comprende una mezcla de 35-45% en peso de un aceite A (40% de ácidos grasos de 16 y 18 carbonos de aceite de semilla de mango y alcanfor de Borneo), que se mezcla con 55-65% en peso de la fracción B de aceite de palma (50% de triglicéridos del tipo POP, palmítico-oleico-palmitina, y menos de 1% de triglicéridos saturados). La mezcla se fracciona en un medio de disolvente, que puede ser hexano o acetona. Una vez terminado el fraccionamiento se enfría lentamente para precipitar el sustituto de la manteca de cacao en estado sólido. El sustituto se lava con hexano o acetona, se neutraliza y se deodoriza (Pairaud *et al.*; 1982).

El sustituto de manteca de cacao obtenido, tiene propiedades organolépticas y es apropiado para la preparación de mezclas del sustituto con 15% o más de manteca de cacao, manteniéndose estable durante el proceso de elaboración de chocolates (Pairaud *et al.*; 1982).

### **1.4.2 Obtención de harinas**

La harina de semilla de mango se puede utilizar para la fabricación de galletas (Arogba, 1999; Arogba, 2001). También se puede utilizar como posible fuente de alimento para animales y para humanos en áreas con escasez de alimentos y desnutrición.

La semilla de mango cocinada puede ser incorporada al alimento para animales y aves como sustituto de la harina de maíz, debido a sus contenidos de micro y macro nutrientes (Elegbede *et al.*; 1996; Sakhawat *et al.*; 1992; Zia-ur *et al.*; 1994).

El contenido de almidón en la semilla de mango es de 18.4% en peso. El almidón de la harina de la semilla de mango combinada con harina de maíz y trigo se puede utilizar para producir chapatis (Gates y Powell, 1996).

### **1.5 Métodos de extracción del aceite de la almendra de mango**

La mayoría de los métodos de extracción se emplean como métodos de tratamiento previo de la muestra antes de un método de análisis. Cada pre-tratamiento es realizado por una o más de las siguientes razones:



- a) Aislamiento del analito(s) de la muestra.
- b) Pre-concentración del analito(s) en la muestra.
- c) Limpieza de la muestra (remoción de sólidos).

Varios métodos simples como la filtración y la centrifugación están disponibles para propósitos sencillos de limpieza. Varias muestras, sin embargo, requieren de una extracción activa del analito aislado de una muestra compleja, como un tejido biológico y fluido, suelo, plantas o comestibles. En algunos casos, se puede emplear una extracción simple líquido-líquido, Sin embargo, para otros se requiere un acercamiento más riguroso, especialmente cuando los analitos en cuestión están (Universidad de Toronto, 2006):

- a) Fuertemente unidos a la muestra.
- b) Se presentan en cantidades de trazas, requiriendo una mayor eficiencia de extracción.

### **1.5.1 Soxhlet**

El método químico más utilizado es el método de extracción Soxhlet (Figura 7). Aunque si bien es efectivo para varias muestras, es en consumo de tiempo largo por el uso de disolventes (las extracciones requieren tiempos de 4 a 48 horas) potencialmente perjudicial, y el de grandes cantidades de disolvente (depende del equipo Soxhlet utilizado).

El disolvente en particular presenta numerosos retos, debe de ser altamente puro y en condiciones de reducir su presencia en un subsecuente análisis y es por lo tanto muy caro; el volumen final se puede reducir sin pérdida del analito concentrado de la muestra; finalmente, estos volúmenes de disolvente se pueden reutilizar o almacenar (Kira, 1991).

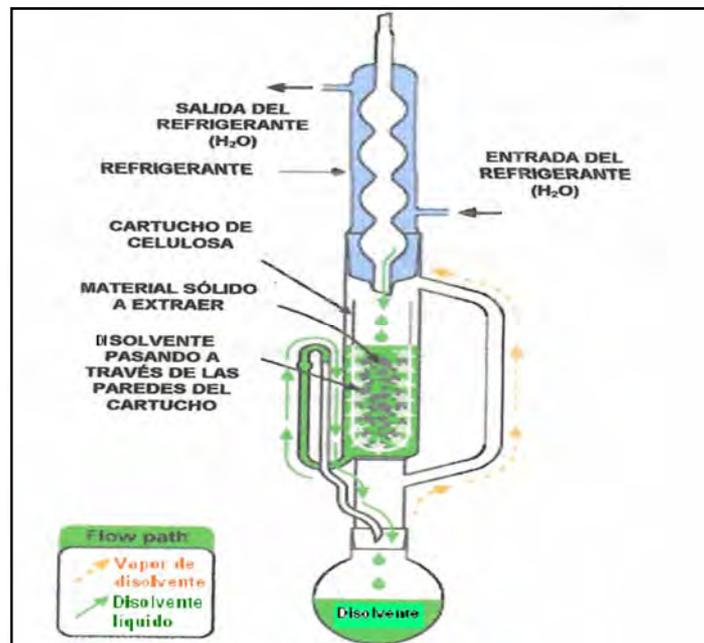


Figura 7. Extracción Soxhlet

En resumen:

Las ventajas del método Soxhlet son las siguientes:

- La muestra se tiene en contacto con el disolvente repetidas veces, incrementando el desplazamiento del analito desde la matriz de la muestra.
- No se requiere de ninguna filtración.
- El disolvente se puede reutilizar.

Sin embargo, presenta los siguientes inconvenientes o desventajas:

- El tiempo largo requerido para la extracción.
- La cantidad de disolvente orgánico gastado, el cuál no sólo es caro, sino que puede causar contaminación al ambiente.
- El sistema no es fácilmente automatizable.

### 1.5.2 Sonicación

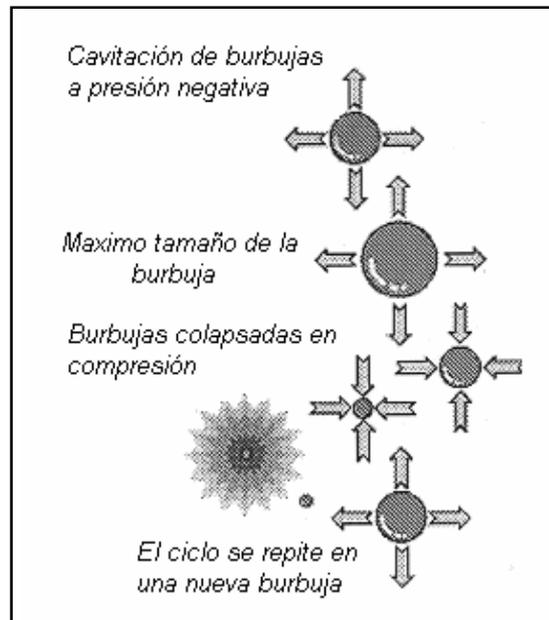
El ultrasonido en procesos analíticos se ha empleado generalmente usando un baño limpiador ultrasónico, en procesos pre-analíticos (limpiando botellas, producción de mezclas y emulsiones) y en preparación de muestras (extracción y disolución de sólidos), puesto que las ondas acústicas aumentan la interacción del solvente con las superficies del sólido por un fenómeno mecánico (Álvarez, 2004).



## GENERALIDADES

En la sonicación la muestra se mezcla con un pequeño volumen de disolvente y se expone a ondas de sonido de alta frecuencia (18 a 120 KHz) por un breve intervalo del tiempo (generalmente algunos minutos), en un baño de ultrasonido.

El mecanismo fundamental de este proceso es uno en el cual burbujas microscópicas en el medio líquido implotan o se colapsan bajo la presión de la agitación para producir ondas de choque, las cuáles afectan a la superficie de la muestra y por rozamiento, desplazan o desprenden partículas de materia desde la superficie. El proceso por el cuál estas burbujas colapsan o implotan es conocido como cavitación (Figura 8) (Universidad de Toronto, 2006 y Variclean, 2006).



**Figura 8. Fenómeno de la cavitación**  
**Fuente: Variclean (2006).**

La intensidad de cavitación en un campo sónico es en gran parte determinado por tres factores (Universidad de Toronto, 2006):

- La frecuencia y amplitud de la onda de radiación.
- Las propiedades coligativas del medio, incluyendo la presión de vapor, tensión superficial, densidad y viscosidad.
- Las propiedades reológicas del líquido, incluyendo las condiciones estáticas, flujo turbulento y flujo laminar.



### 1.5.2.1 Equipo ultrasónico

Los transductores piezoeléctricos convierten energía eléctrica que se alterna directamente a energía mecánica con el uso del efecto piezoeléctrico en el cual ciertos materiales cambian la dimensión cuando una carga eléctrica se aplica a él.

La energía eléctrica en la frecuencia ultrasónica es proveída al transductor por el generador ultrasónico. Esta energía eléctrica se aplica a los elementos piezoeléctricos en el transductor que vibran. Estas vibraciones son ampliadas por las masas resonantes del transductor y dirigidas en el líquido a través de la placa de la radiación como se muestra en la Figura 9. Los transductores piezoeléctricos tempranos utilizaron los materiales piezoeléctricos tales como los cristales de cuarzo y el titanate (óxido de titanio) natural del bario que eran frágiles e inestables. Los transductores piezoeléctricos de cerámica son altamente estables. La extensa mayoría de transductores usados hoy para limpieza ultrasónica utilizan el efecto piezoeléctrico (Variclean, 2006).

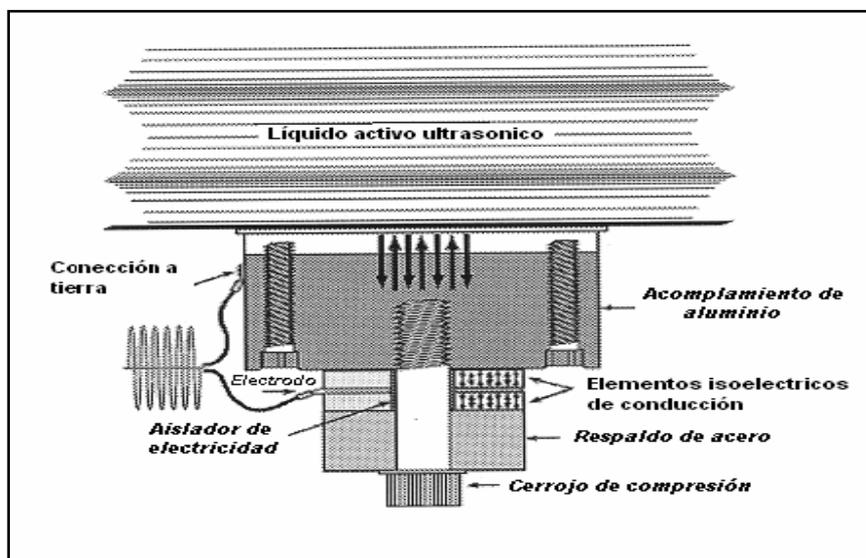


Figura 9. Composición del baño ultrasónico  
Fuente: Variclean (2006).

### 1.5.2.2 Frecuencia y amplitud

Las frecuencias de onda de radiación más comunes usadas en ultrasonido son 18-120 KHz, están situadas justo sobre la gama de frecuencias audibles. En cualquier sistema, sin embargo, la armonía de la frecuencia fundamental, junto con las



## GENERALIDADES

---

vibraciones originadas en las paredes del tanque y en la superficie del líquido produce sonido audible (Variclean, 2006).

La amplitud de la onda de radiación es directamente proporcional a la energía eléctrica que se aplica al transductor. En orden para que la cavitación sea producida en un medio líquido, la amplitud de la onda de radiación debe de tener un cierto valor mínimo, el cuál se clasifica usualmente en términos de poder eléctrico de entrada al transductor. La cavitación no puede ocurrir por debajo de este valor umbral y el uso de cavitación. El mínimo poder requerido para la producción de cavitación varía enormemente con las propiedades coligativas, la temperatura del líquido, con la naturaleza y concentración de las sustancias disueltas (Universidad de Toronto, 2006 y Variclean, 2006).

Esta técnica se ha aplicado en bioquímica y medicina, el ultrasonido no solamente eleva la temperatura del disolvente (acelera la velocidad de transferencia e incrementa la solubilidad del analito), además rompe muestras de tejido y la técnica es muy fácil de usar y emplea volúmenes relativamente pequeños de disolvente (Universidad de Toronto, 2006).

Para la extracción de aceites se utilizan disolventes como el hexano, éter de petróleo similar al método de extracción por Soxhlet.

### **1.5.3 Extracción con fluidos supercríticos (EFS)**

Se entiende como fluido supercrítico una sustancia llevada mediante operaciones mecánicas a condiciones operativas de presión y temperatura por encima de su punto crítico, es decir, se encuentra en un estado *supercrítico* (Cerpa, 2004). Las características de un fluido supercrítico son:

- a. Gran poder disolvente junto con una enorme capacidad de penetración en los sólidos, lo que permite el agotamiento rápido y prácticamente total de los sólidos extraíbles.
- b. Se pueden separar totalmente de forma sencilla de los extractos, simplemente modificando la presión o la temperatura hasta el extremo, si es necesario, de que el fluido pase al estado gaseoso.

Fluidos usados para EFS:

- a. Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )



## GENERALIDADES

---

- b. Agua ( $H_2O$ )
- c. Etano ( $C_2H_6$ )
- d. Eteno ( $C_2H_4$ )
- e. Propano ( $C_3H_8$ )
- f. Xenon (Xe)
- g. Oxido nitroso ( $N_2O$ )

En el estado *supercrítico*, la línea de separación de fases líquido-gas se interrumpe. Esto implica la formación de una sola fase en la que el fluido tiene propiedades intermedias entre las de un líquido y las de un gas; así pues, mientras se mantiene una gran difusividad (propia de los gases), se consigue una alta densidad (cercana a la de los líquidos) (Cerpa, 2004).

Los EFS se convierten en disolventes ideales puesto que su enorme difusividad les permite penetrar perfectamente a través de matrices porosas y su capacidad de solvatación modulable les permite una gran versatilidad y selectividad según las condiciones de presión y temperatura a las que se sometan. Sus aplicaciones principales son (Cerpa, 2004):

- ◆ Extracción (especialmente de productos naturales): no deja residuos, se obtienen extractos de alta pureza y no requiere altas temperaturas
- ◆ Precipitación: obtención de cristales con morfología muy uniforme, alta pureza y libres de residuos de disolvente.
- ◆ Medio de reacción: la existencia de una sola fase permite una óptima transferencia de masa y de energía.

Sin duda el fluido más utilizado tanto a nivel de investigación como en aplicaciones industriales es el  $CO_2$ .

Se trata de un gas inocuo, abundante y barato cuyas condiciones críticas son relativamente bajas ( $31^\circ C$ , 73 atm) y por tanto fáciles de operar.

Los productos extraídos a nivel industrial por fluidos supercríticos son: granos de café, cafeína, flores de lúpulo, extracto de lúpulo, tabaco, nicotina, yema de huevo, colesterol, especies y plantas aromáticas, aceites esenciales, tejidos biológicos y lípidos, entre otros (Cerpa, 2004).



### 1.5.3.1 Fundamentos de la extracción por fluidos supercríticos (EFS)

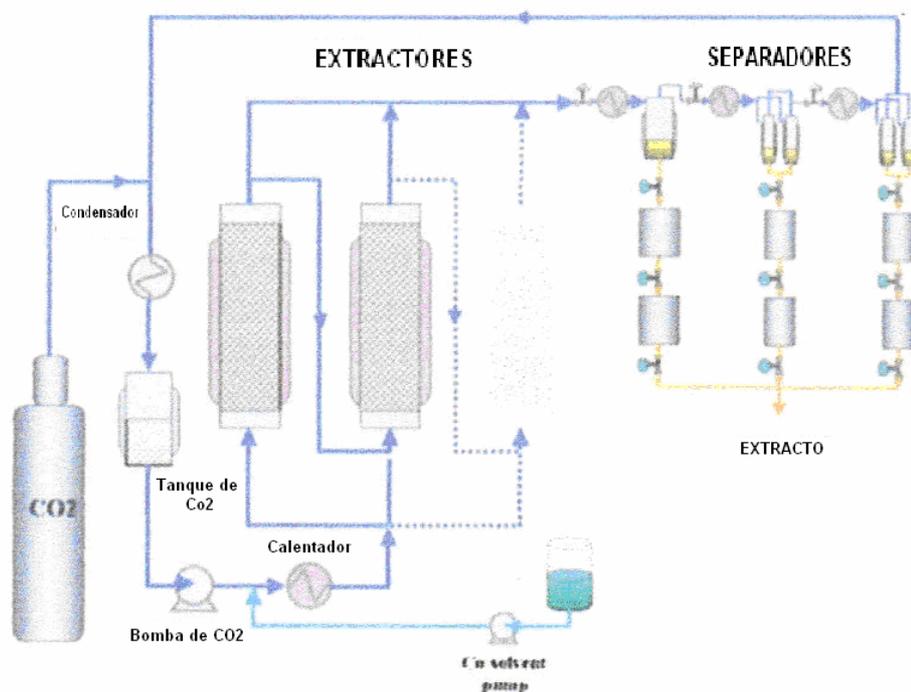
La Figura 10 muestra un diagrama del proceso de EFS. Los cuatro pasos primarios involucrados son: extracción, expansión, separación y compresión del disolvente. Los cuatro equipos críticos del proceso son: un extractor de alta presión, una válvula de reducción, un separador de baja presión y una bomba para elevar la presión del disolvente reciclado.



**Figura 10. Principio de extracción EFS**  
Fuente: Cerpa (2004).

El proceso se inicia colocando la muestra, generalmente es un sólido molido, que se carga al extractor. El  $\text{CO}_2$  se alimenta al extractor a través de una bomba de alta presión (100 a 400 Bar). El  $\text{CO}_2$  comprimido se calienta en un intercambiador de calor hasta la temperatura de extracción de 30 a 60°C. Luego ingresa al extractor y se procede a extraer los compuestos deseados de la muestra sólida (molida) colocada. La mezcla  $\text{CO}_2$ -extracto se envía a un separador (150 a 50 Bar) con un previo paso a través de una válvula de reducción (Cerpa, 2004).

A la temperatura y presión reducidas, el extracto precipita espontáneamente en el separador, mientras el  $\text{CO}_2$ , libre de cualquier extracto, se recicla al proceso, con pasos previos de enfriamiento y compresión. En la EFS, también se puede realizar un proceso semi-continuo, donde el  $\text{CO}_2$  fluye en modo continuo, mientras la colocación de la muestra sólida (molida) se carga en una canasta del extractor en varias etapas, como se muestra en el la Figura 11.



**Figura 11. Diagrama de disolventes EFS**  
**Fuente: Cerpa (2004).**

Se muestra un co-disolvente se bombea frecuentemente y se mezcla con el  $\text{CO}_2$  de alta presión para aumentar el poder de solvencia o la selectividad de la separación para componentes específicos. La separación se produce comúnmente en etapas, manteniendo condiciones diferentes en dos o tres separadores para fraccionar el extracto, dependiendo de las soluciones de los componentes y las especificaciones deseadas de los productos (Cerpa, 2004).

En la práctica, mientras que la EFS ha encontrado una aplicación para ciertos tipos de muestra, el desarrollo del método ha demostrado ser problemático, quizás la desventaja más grande se encuentra en la naturaleza del extractante por sí mismo: mientras que el  $\text{CO}_2$  supercrítico es un disolvente altamente efectivo para compuestos no polares (especialmente polímeros de alto peso molecular), no es una buena opción para compuestos polares (Universidad de Toronto, 2006).

Desafortunadamente, los materiales polares seguros y baratos que son líquidos supercríticos bajo presiones y temperaturas razonablemente realizables son pocos (amoníaco y monóxido de nitrógeno). Se utilizan principalmente en la purificación de



sustancias biológicas/bioquímicas donde el mismo compuesto se está aislando en varias ocasiones. La otra área comercial del éxito para la EFS es, por supuesto, el descafeinado del café y del té (Cerpa, 2004).

## 2. CHOCOLATE

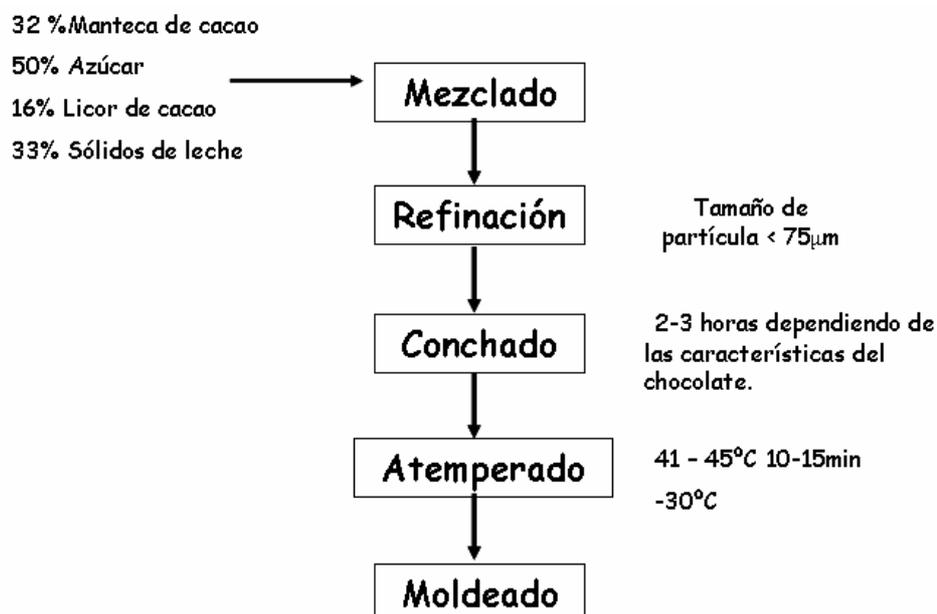
El chocolate (náhuatl: *xocolātl* ) es el alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de la manipulación de las semillas del cacao: una materia sólida (*la pasta de cacao*) y una materia grasa (*la manteca de cacao*). A partir de esta combinación básica, se elaboran los distintos tipos de chocolate, que dependen de la proporción entre estos elementos y de su mezcla o no con otros productos tales como leche y frutos secos (Wikipedia, 2004).

### 2.1 Elaboración del chocolate

Con el paso del tiempo ha mejorado la tecnología de elaboración del chocolate y por lo tanto la calidad del mismo. El desarrollo de la tecnología ha permitido comprender mejor y tener un mayor control de cada una de las etapas del proceso de elaboración del chocolate logrando así una mayor calidad y uniformidad del mismo. La estructuración a partir de las distintas etapas del ciclo no ha sufrido cambios significativos en los últimos tiempos como ha sucedido con el ciclo tecnológico de transformación del cacao, aunque si ha habido un desarrollo en cuanto al equipo, sobre todo en la línea de la automatización. A continuación (Figura 12) se discutirá cada una de las etapas del ciclo tecnológico de elaboración de chocolate (Wikipedia, 2004).



## GENERALIDADES



**Figura 12. Diagrama general de elaboración de chocolate**  
Fuente: Elaborado a partir de información de Beckett (2000).

**Mezclado.** El objetivo principal de la operación de mezclado es la incorporación uniforme de la manteca de cacao, azúcar, licor de cacao y sólidos de leche para el caso de chocolates con leche, de tal forma que el resultante sea una masa compacta y homogénea (Anónimo, 1973).

**Refinación.** En los procesos tecnológicos continuos de elaboración de pastas de chocolate actuales, existe una operación intermedia entre el mezclado y el refinado, que permite usar durante esta última azúcar cristalina optimizando el tiempo de la operación de mezclado. Esta operación es el prerrefinado que generalmente se realiza con máquinas de tres rodillos de acero inoxidable con un acabado especial para superficies duras y un sistema de presión hidráulico que reduce las partículas de azúcar cristalina y de otros componentes a un tamaño apropiado para facilitar la operación de la refinación (Minifie, 1980). La operación de refinación es de vital importancia para producir una textura fina y deseable en las pastas de chocolate, sin embargo, llevar ésta a los extremos de producción de partículas menores de 25 micras provoca cambios en la textura de las pastas por el aumento de la viscosidad, principalmente en coberturas lácteas. Una pequeña proporción de partículas arriba de 75 micras proporciona una mejor textura en chocolates de leche, mientras que un chocolate oscuro requiere como máximo una granulometría de 35 micras. Una gran



## GENERALIDADES

---

cantidad de partículas de azúcar granulada proporciona una textura arenosa a las coberturas de chocolate, mientras que las partículas de cocoa dan una sensación de aspereza a la textura (Minifie, 1982).

**Conchado.** La operación del conchado es muy importante en la producción de chocolate. Durante esta etapa tienen lugar procesos físicos y químicos que no pueden verse por separado. Entre ellos está el desarrollo del sabor característico del chocolate y la conversión del producto refinado en una suspensión fluente de partículas de azúcar, cacao y algunas otras en una fase líquida de manteca de cacao (Anónimo, 1972).

Como ya se mencionó, es importante que el conchado no se estudie aisladamente pues los procesos que se iniciaron en la fermentación y el tostado, en el conchado se completan. En términos de alteraciones químicas, se considera que el conchado y la torrefacción son de igual importancia ya que la producción de algunos componentes saborizantes, como las pirazinas, tienen lugar a temperaturas altas propias de la torrefacción, mientras que otras sustancias saborizantes se desarrollan más lentamente en la concha, por lo cual es conveniente cuidar durante el tostado las condiciones de temperatura para que no se presenten efectos de súper tostación (Beckett, 1994).

El conchado es necesario para completar el desarrollo de sabor que se inició en el tostado. En la concha el contenido de agua de la masa de chocolate desciende desde 1.6 % a 0.6-0.8 %. Al irse perdiendo la humedad, junto con el agua se van eliminando aquellas sustancias de sabor no deseado. De esta forma se volatiliza aproximadamente el 30 % de ácido acético y hasta el 50 % de aldehídos de bajo punto de ebullición, dando al chocolate el sabor pleno y característico (Beckett, 1994). La teoría desarrollada por Strecker de la liberación de aminoácidos después del tostado, sugiere que durante el conchado tiene lugar una formación significativa de aminoácidos libres, los cuales junto con los azúcares reductores son los precursores del sabor. Durante el tostado, aproximadamente el 50 % de los aminoácidos libres que se han creado, son también destruidos. El resto queda disponible en la concha como precursores de sabor (Anónimo, 1986).

**Fases del conchado.** En general se pueden distinguir tres fases en la operación del conchado avanzado, la fase seca, la fase plástica y la fase final o líquida,



## GENERALIDADES

---

a diferencia del conchado tradicional donde se hace la adición de toda la manteca de cacao y la lecitina desde el principio de la operación (Anónimo, 1972; Beckett, 1994).

**Fase seca:** En esta fase, los polvos de chocolate provenientes de la refinadora, se dirigen directamente a la concha hasta formar una masa seca que durante máximo 6 horas, después de ser cargada, se somete a un aumento rápido de la temperatura por la fricción y el cizallamiento, durante el cual se eliminan la humedad y los compuestos desagradables como aldehídos y cetonas. Es importante que la humedad no se reduzca por debajo del 0.5 %, para evitar que se pierdan también los aromas que se han formado. Cabe mencionar que en las pastas muy magras un mínimo de manteca permite ahorrar una gran cantidad de energía y esfuerzo mecánico. Por lo general se recomienda que el contenido de grasa sea alrededor del 25%.

**Fase plástica:** En esta fase se adiciona parte de la lecitina y /o manteca de cacao de la formulación con la cual la masa adopta una consistencia pastosa que le permite ser dirigida a la acción de los rodillos cónicos trasvasándola de la cuba interior a la cuba exterior repetidamente, logrando que la manteca revista por completo cada partícula de chocolate obteniendo así todo su cometido de lubricación. Los resultados del conchado plástico van precedidos del conchado en seco que ha eliminado gran parte de la humedad, que constituye el obstáculo principal para el deslizamiento de las partículas entre sí, consiguiendo el llamado efecto longitudinal. El tiempo de plastificación puede ser de 2 a 3 horas dependiendo de las características del chocolate.

**Fase líquida:** Durante esta fase se adiciona el resto de la manteca de cacao y la lecitina de soya logrando la reducción final de la viscosidad y la fijación del desarrollo de los aromas aprovechando las ventajas fisicoquímicas de las fases anteriores. El tiempo de la fase líquida no es mayor de 2 horas debido a la gran rapidez de la agitación y homogenización.

**Atemperado.** El chocolate elaborado con manteca de cacao necesita un proceso de atemperado (precrystalización) antes de usarlo en una línea de moldeo o para recubrimientos. Como se verá más adelante en las propiedades de la manteca de cacao, la cristalización es una interacción entre la velocidad de nucleación y el crecimiento de los cristales. Si se realiza un atemperado correcto, la masa de chocolate reportará un producto final con buen brillo, dureza y estabilidad de brillo



## GENERALIDADES

gracias a su contenido óptimo de cristales, cuando esté completamente fría. Si por el contrario el atemperado no se realiza correctamente, el resultado final será un producto poco estable, frágil y sin brillo (Gunnerald, 1987). El proceso de atemperado es la formación controlada de cristales estables mediante enfriamiento y una agitación continua del chocolate. Por lo general, durante la primera etapa del proceso, el producto libre de cristales se alimenta al equipo de atemperado a una temperatura entre 41 y 45°C. En la segunda etapa, el producto se enfría suavemente con agitación continua reduciendo gradualmente la temperatura entre 31.5 y 33°C para inducir la siembra y el crecimiento de los cristales  $\beta$ . En la tercera etapa ocurre un recalentamiento gradual de la masa principalmente por el calor latente de la cristalización y el generado por los cambiadores de calor que se ha calculado entre 0.2 y 0.4°C, sin alterar la formación de los cristales. En la cuarta etapa se promueve la maduración de los cristales con un enfriamiento del producto entre 29.5 y 30°C en un periodo de tiempo que va de 10 a 15min, llegando a producir aproximadamente del 2 al 5 % de cristales. Durante esta etapa la agitación continua favorece el reparto de los núcleos para crear una estructura fina y homogénea de pequeños cristales de la forma  $\beta$  (Beckett, 1994; Gunnerald, 1987; Minifie, 1982).

Un proceso correcto de atemperado da lugar a que la grasa de cacao solidificada sufra una contracción, lo que da como consecuencia que las figuras de chocolate o manteca se desprendan fácilmente del molde. Esta contracción se ha medido en forma lineal y volumétrica. En la Tabla 5 se muestran los datos de la contracción volumétrica de la manteca de cacao a diferentes temperaturas de enfriamiento (Minifie, 1982).

**Tabla 5. Contracción volumétrica de la manteca de cacao a 10 y 18 °C a diferentes tiempos de enfriamiento**

Tiempo de enfriamiento (min)	% Contracción a 18 °C	% Contracción a 10 °C
25	1.8	4.1
50	4.1	7.4
100	7.4	7.7

**Fuente: Minifie (1982).**

Es importante señalar que los productos con manteca cacao enfriados a 18°C presentan buenas características de flexibilidad durante su desmoldeo; en cambio,



## GENERALIDADES

---

a 10°C presentan mayor rigidez y por lo regular pueden fracturarse del centro durante la operación (Minifie, 1982).

**Moldeado.** Una vez que el chocolate pasa por la operación del conchado, necesita ser atemperada y enfriada con el fin de que solidifique satisfactoriamente. Para utilizar el chocolate atemperado en una instalación de cobertura o moldeo, es necesario que tenga las propiedades de flujo correctas:

- a. El chocolate debe tener una viscosidad específica, que generalmente es mayor para el moldeo que para los baños o recubrimientos.
- b. El esfuerzo de fluencia debe ser el correcto para la utilización es decir, ser el apropiado para los recubrimientos o para el moldeo.

La necesidad de un bajo esfuerzo de fluencia en el moldeo, es para tener un buen escurrimiento en la formación de huecos, la solidificación fácil en los moldes y la liberación de burbujas de aire para obtener un acabado de calidad. En el caso de los baños o recubrimientos se necesitan esfuerzos de fluencia aun más bajos para aumentar el rendimiento del chocolate (Beckett, 1994).

### 2.2 Tipos de chocolate.

El chocolate oscuro es aquel elaborado con azúcar, manteca de cacao, sólidos de cacao, saborizantes, lecitina y otros emulsionantes; y el claro o de leche contiene azúcar, sólidos de leche, grasa láctea, sólidos de cacao, manteca de cacao, lecitina y saborizantes, los chocolates compuestos son los elaborados con otro tipo de grasa diferente a la manteca de cacao (Beckett, 1994). Los distintos tipos de chocolate se elaboran modificando las proporciones entre sus componentes y añadiendo otros productos a la composición básica de pasta, manteca y azúcar. Su presentación puede ser en forma de *tableta* o en *polvo*. A continuación, en la Tabla 6 se muestran algunas definiciones de diferentes tipos de chocolates (Beckett, 1994):

NOTA: La clasificación de chocolates que a continuación se muestra es derivada de la Unión Europea, por lo que difiere con lo estipulado en nuestro país.



## GENERALIDADES

Tabla 6. Tipos de chocolate y sus características

Tipos de chocolate	Características
<p><b>Chocolate negro</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ También llamado <i>fondant, chocolate amargo; chocolate bitter, chocolate amer, chocolate puro.</i></li> <li>✳ Es el resultado de la mezcla de la pasta y manteca de cacao con azúcar sin presentar ningún otro ingrediente.</li> <li>✳ Debe presentar una proporción de pasta superior al 50% aproximadamente.</li> </ul>
<p><b>Chocolate de cobertura</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ Es el chocolate que utilizan las chocolateras y pasteleros como materia prima.</li> <li>✳ Puede ser negro o con leche.</li> <li>✳ Es un chocolate con una proporción de manteca de cacao alrededor del 30%, el doble que otros tipos de chocolates.</li> <li>✳ Se funde fácilmente y es muy moldeable.</li> </ul>
<p><b>Chocolate a la taza</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ Contiene una proporción de cacao inferior al 50%, se le añade una pequeña cantidad de fécula (normalmente harina de maíz).</li> <li>✳ Suele disolverse en leche.</li> </ul>
<p><b>Chocolate con leche</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ Es el derivado del cacao más popular.</li> <li>✳ Se trata de un dulce, por lo que la proporción de pasta de cacao suele estar por debajo del 40%.</li> <li>✳ Lleva leche en polvo o condensada.</li> </ul>
<p><b>Chocolate blanco</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ Estrictamente no se trata de chocolate, puesto que carece en su composición de pasta de cacao.</li> <li>✳ Se elabora de manteca de cacao por lo menos en un 20%, leche y azúcar.</li> <li>✳ Es un producto extremadamente energético y dulce.</li> </ul>
<p><b>Chocolate relleno</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✳ En general es encontrado comercialmente acompañado de otros alimentos, por ejemplo, repostería y panadería.</li> <li>✳ La manteca de cacao con la que se elabora suele estar por debajo del 30%.</li> <li>✳ Se encuentra en estado líquido o semisólido.</li> </ul>

Fuente. Minifie (1982).

### 2.3 Ingredientes más comunes y su importancia en la formulación de coberturas de chocolate.

Los ingredientes básicos en la elaboración de un chocolate son: sólidos de cacao, azúcar, manteca de cacao, grasa butírica, leche en polvo, emulsificantes y saborizantes que se describen detalladamente en la Tabla 7 (Minifie, 1980; Beckett, 1994; Campbell, 1987; Jeffery, 1993; Gunnerald, 1987).



## GENERALIDADES

Tabla 7. Ingredientes básicos en la elaboración de chocolates y su función

INGREDIENTES	FUNCIÓN
<p><b>Azúcar</b></p> 	<p>En los chocolates oscuros y compuestos, el azúcar se añade por motivos de saborización, para compensar el amargor de los sólidos de cacao. En general podemos decir que las principales funciones del azúcar en las coberturas de chocolate son: endulzante y volumen.</p>
<p><b>Leche</b></p> 	<p>La leche entera y la leche descremada fueron los primeros productos utilizados en la elaboración de chocolates. Las funciones de la leche en los chocolates son para dar sabor, textura, color y aumentar su valor nutritivo; sus propiedades funcionales dependen del tipo de leche y su forma de incorporación al chocolate.</p>
<p><b>Leche en polvo</b></p> 	<p>Esta leche es utilizada en los chocolates claros en un 12 a 15% en peso, su contenido de grasa láctea mínimo es del 3.66% en los chocolates. Los principales cambios que se presentan en ellos es una consistencia más blanda, colores más claros y una textura más suave</p>
<p><b>Milk-crumb</b></p>	<p>Una mezcla de ingredientes conocida en inglés con el término de "Milk-crumb" proporciona el sabor acaramelado al chocolate. Se fabrica con 26-35% de leche en polvo entera, 13-18% de licor de cacao y 50-65% de azúcar. La mayor ventaja que ofrece esta mezcla es el aumento de la vida útil del producto por los antioxidantes naturales del licor de cacao.</p>
<p><b>Grasa butírica</b></p> 	<p>Su uso es generalmente en forma líquida y ocasionalmente como mantequilla y crema. Si se utiliza en proporciones mayores al 30%, imparte una consistencia demasiado blanda para los chocolates.</p>
<p><b>Sólidos de cacao</b></p> 	<p>Este es el constituyente que tiene mayor influencia sobre el sabor de todos los productos de chocolate, esta dado por las diferentes variedades de habas de cacao las principales variedades son las de Forastero y Criollo, las cuales difieren en sabor y aroma.</p>
<p><b>Manteca de cacao</b></p> 	<p>Las propiedades físicas de la manteca de cacao son muy importantes en la elaboración de chocolates pues en estado líquido permite la fluencia de las coberturas de chocolate y en estado sólido es responsable del crujir característico durante su fracturación y del encogimiento necesario para un buen desmolde.</p>
<p><b>Sabores</b></p> 	<p>La adición del saborizante más común en los chocolates es la vainillina en forma de vainilla natural en chocolates de leche se agrega entre un 0.06-0.09% y en los oscuros o dulce amargos puede llegar a 0.1%. La sal es la segunda adición más común y por lo general se usa en una concentración de 0.1%. Ambos se añaden para exaltar el sabor.</p>
<p><b>Emulsificantes</b></p> 	<p>El emulsificante más común, utilizado en la elaboración de chocolates es la lecitina de soya, generalmente es empleada para reducir la viscosidad.</p>

Fuente: Jeffery (1993).



### 2.4 Composición química de la manteca de cacao

La manteca de cacao según la definición del Comité del Codex Alimentarium en Cacao y Productos de Chocolate " es la grasa producida de una o más de las siguientes fuentes: granos de cacao, licor de cacao (masa de cacao), torta de cacao y aquella extraída mediante procesos mecánicos y/o por la vía de solventes permitidos, de la torta o polvo de cacao fino". El Comité del Codex Alimentarium también define varios tipos comerciales de manteca de cacao entre los que destacan (Liendo, 2004):

- a) La manteca de cacao obtenida directamente de la almendra de cacao mediante prensa de tornillo.
- b) La manteca obtenida por prensado del licor de cacao.
- c) La extraída de manera directa de los granos de cacao íntegros (con cáscara) mediante prensado y molienda.
- d) La manteca de cacao extraída mediante disolventes químicos.

La grasa de cacao históricamente es, de todas las grasas, la más utilizada e importante en la confitería, no sólo por ser un constituyente natural del chocolate, sino también por disfrutar de la calificación estándar de referencia que por muchos años se ha tratado de imitar. A temperatura normal por debajo de 26 °C es dura y brillante, funde rápidamente y por completo a la temperatura corporal. El espectro de intervalos de fusión que cubre la manteca de cacao es amplio; la fusión insipiente está comprendida desde 31.2 a 32.7 °C y la completa de 32 a 34 °C. Esto debido a las características y posición que ocupan los ácidos grasos en la molécula de triglicéridos de la grasa del cacao que produce como resultado una combinación compleja de puntos de fusión. Su intervalo de plasticidad es muy estrecho comparándola con otras grasas alimenticias. Asimismo sus propiedades de fusión están íntimamente asociadas con la percepción que tiene el público sobre la calidad de un buen chocolate (Liendo, 2004).

Sus características físicas y químicas son las responsables de las propiedades funcionales en los alimentos cuando entran a formar parte en su formulación; textura suave, plasticidad, fácil liberación del sabor y olor, viscosidad e inigualables características de fusión. Estas propiedades son muy valoradas por la industria y es, por lo anterior, considerada entre todas las grasas la de mayor valor económico (Liendo, 2004).



## GENERALIDADES

Como otras grasas comestibles, la manteca de cacao es una mezcla de triglicéridos, es decir, tienen tres ácidos grasos unidos a un esqueleto de glicerol. En la manteca de cacao hay tres ácidos grasos principales que suponen cerca de un 85% de los ácidos grasos presentes. Casi el 35% es ácido oleico (18:1), un 34% es ácido esteárico (18:0) y aproximadamente un 26% es ácido palmítico (16:0). Funde rápidamente en un pequeño intervalo de temperatura debido a que es una grasa relativamente simple ya que tiene muy pocos componentes, es decir, entre la temperatura ambiente y la de la boca. Cada triglicérido, está formado por glicerina con tres agrupaciones de ácidos grasos, siendo estos los que se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8. Composición de ácidos grasos de la manteca de cacao**

Ácido graso	Formula	Porcentaje
Ácido láurico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-COOH}$	<0.1
Ácido mirístico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{12}\text{-COOH}$	<0.2
Ácido palmítico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$	23 – 30
Ácido esteárico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$	32 – 37
Ácido oleico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$	30 – 37
Ácido linoléico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-(CH}_2\text{-CH=CH)}_2\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$	2 – 4
Ácido linolénico	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{-CH=CH)}_2\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$	<0.3

Fuente: Nacional de Chocolates (2004).

En la Figura 13 se muestra la estructura de la molécula POST ácido palmítico (P) en posición 1, al oleico (O) en posición 2 y al esteárico (St) en posición 3. Si se cambiasen las posiciones entre ácido esteárico y el oleico, la molécula se convertiría en la PStO, que es una molécula que difiere en sus características pese a que los constituyentes son los mismos (Beckett, 2000).



**Figura 13. Estructura de la molécula de POSt en forma  $\beta$  con todos los zig-zags de carbono orientados de forma parecida y situados aproximadamente en el plano de la molécula**

**Fuente: Beckett (2000).**

Los ácidos palmítico y esteárico son ácidos saturados, esto es que la cadena de hidrocarburos que constituye la grasa no contiene ningún enlace  $\pi$ . En las grasas insaturadas, esta cadena contiene uno o más enlaces  $\pi$ , como es el caso del oleico. Por consiguiente la molécula de la Figura 13 puede describirse como una insaturada simétrica y a menudo se le denomina como un triglicérido SOS, en el que S hace referencia a cualquier ácido graso saturado. Cerca de un 80% de la manteca de cacao se encuentra en esta forma, es decir, tiene al ácido oleico en la posición intermedia.

Entre un 1 y un 2% de la manteca de cacao se encuentra en forma saturada (SSS, triglicéridos de cadenas saturadas largas, en los que la grasa saturada es principalmente el palmítico o el esteárico) y funden a temperaturas mucho más altas lo que no hacen los más habituales SOS. Por otro lado, de un 5 a casi un 20% contienen dos moléculas de ácido oleico y son SOO, que es principalmente líquido a temperatura ambiente. Cuando éstas se combinan, como lo están en la manteca de cacao, la grasa se encontrará en parte en estado líquido a temperatura ambiente. Si hay grasa láctea, esta proporción aumentará y el chocolate será más blando al morderlo. Al aumentar la temperatura, la grasa fundirá en función de las proporciones de los distintos tipos de grasas presentes (Beckett, 2000).

De los triglicéridos, el 80% son triglicéridos disaturados, de los cuales el 20% son tipo SOS, un 55% POS y el 5% restante POP (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000).

Esta composición en triglicéridos es la que le da el comportamiento físico y químico a la manteca de cacao, principalmente en las propiedades de fusión y solidificación. Los triglicéridos presentes en mayor porcentaje en la manteca, se



cristalizan en diferentes formas y pueden llegar a tener cinco puntos diferentes de fusión, dando origen a lo que denominamos grasas polimórficas (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000 y Nacional de Chocolates, 2004).

Esta propiedad de la manteca de cacao exige un manejo cuidadoso del proceso de atemperado, para evitar que las formas cristalinas poco estables, con bajo punto de fusión, propicien la formación de manchas blancas de grasa en la superficie del producto, fenómeno conocido como "Bloom" (Nacional de Chocolates, 2004).

### **2.5 Sustitutos de manteca de cacao**

Las grasas vegetales se han usado durante mucho tiempo en el chocolate y en las coberturas de chocolate. En la Primera Guerra Mundial, empresas como Rowntree utilizaron grasas vegetales en su chocolate porque eran incapaces de adquirir manteca de cacao (Gijón y Rodríguez, 2003).

Desde 1930, ha habido un interés por el uso de otras grasas distintas a la manteca de cacao en la confitería, sin embargo, cuando una grasa de diferente composición se añade a la manteca de cacao, la forma cristalina de la grasa resultante generalmente se altera, produciendo entonces cambios en su perfil de fusión. Este cambio se denomina "incompatibilidad" y se observa también por el ablandamiento o esponjado del producto. El grado de "incompatibilidad" está relacionado con la proporción de grasa de confitería que se puede añadir a la manteca de cacao (o viceversa) sin que se produzca el efecto de suavidad (Liendo, 2004).

En la década de 1950 las investigaciones mostraron que, al contrario que las grasas animales, algunas grasas vegetales contenían los mismos triglicéridos que la manteca de cacao. Esto dio lugar en 1956 a una patente de Unilever, donde se mostraba un método para producir grasa que era casi idéntica a la manteca de cacao, pero que se obtenía a partir de otras fuentes de origen vegetal. Se elaboraba comercialmente y se añadía al chocolate en cantidades diferentes (Beckett, 2000).

En 1977 se aprobó una ley en el Reino Unido la que restringía su uso a un 5% si el producto se vende con el nombre de chocolate. Si se utilizaban cantidades mayores, tenía que venderse con otra denominación, como cobertura con aroma a chocolate. Otros países también adoptaron esta legislación, pero algunos como Francia y Alemania, exigen un etiquetado diferente si se utiliza cualquier tipo de grasa



## GENERALIDADES

---

vegetal, incluso para los productos que contienen una grasa vegetal que es indistinguible en términos de procesado, sabor y textura. Unos pocos países permiten incluso la sustitución de toda la manteca de cacao por otras grasas (Beckett, 2000).

Esas otras grasas que no son la manteca de cacao fueron originalmente llamadas "mantecas duras", pero ha habido mucha confusión sobre la clasificación de las grasas de confitería. Dependiendo de cual "manteca dura" se usa, ellas pueden ser extendidas cuando la grasa se añade a la manteca de cacao en una proporción generalmente superior al 15% (ocasionalmente por encima del 50%) o reemplazantes cuando la grasa dura es la principal grasa añadida y la manteca de cacao proviene de la cantidad disponible en el polvo de cacao (Liendo, 2004).

Usualmente tales grasas fueron en principio diseñadas para otros usos y productos siendo el caso de los aceites hidrogenados que producían una grasa muy suave comparada con la manteca de cacao. Al hacer la combinación de estas grasas hidrogenadas con la manteca de cacao se obtenía una mezcla incompatible, donde la grasa mostraba una pronunciada decoloración y aspecto abigarrado. Finalmente, químicos en aceites e investigadores desarrollaron nuevas tecnologías que proporcionaban grasas con características más estrechamente relacionadas con aquellas de la manteca de cacao. Esas grasas son conocidas hoy como "mantecas duras", desarrolladas de aceites vegetales domésticos y de otros aceites tales como: Almendras de palma, coco, palma y de otras más de origen "exótico" shean, sal e illipe que son nativas de otras partes del mundo (Liendo, 2004).

En la industria de la confitería se utilizan cientos de toneladas de grasas vegetales para la formulación de sus productos. Esas grasas y aceites se utilizan como grasas especiales en cubierta de confitería, centro de caramelos, pastelería y productos no-lácteos. Su uso obedece a que la manteca de cacao está sujeta al fenómeno de abigarramiento (no heterogéneo o diferente color), hay dificultades para atemperarla y puede fundir con facilidad con el calor del verano. Por estas razones la manteca de cacao no es siempre la grasa ideal para muchas aplicaciones en la confitería. Aunque muchas de sus propiedades son muy apreciadas por los confiteros como es su brillo, textura no-mantecosa a temperatura ambiente, su capacidad de fundir con rapidez a la temperatura corporal en la boca, además de otras cualidades



## GENERALIDADES

excelentes como es la resistencia a la oxidación y alto coeficiente de contracción en la cristalización.

Como la manteca de cacao tiene un precio muy alto y esta sujeta a variaciones en su composición, que la hacen muy dura para el recubrimiento o muy blanda para el moldeo según la región de procedencia y el tiempo de recolección, junto con la necesidad de una aplicación específica hizo posible el desarrollo de los sustitutos los cuáles se pueden clasificar de acuerdo a la Tabla 9 (Gijón y Rodríguez, 2003).

**Tabla 9. Clasificación de los sustitutos de la manteca de cacao**

<b>Clasificación</b>	<b>Características</b>	<b>Denominación</b>
Grupo 1	Grasas atemperables, es decir, grasas con los mismos triglicéridos que la manteca de cacao.	Grasa equivalente "CBE" o "cocoa butter equivalent"
Grupo 2	Grasas no atemperables, es decir, duras y de fusión no basadas en los mismos triglicéridos que la manteca de cacao.  Grasas no atemperables de base no láurica.	Grasas substitutas "CBS" o "cocoa butter substitute" o sustituto de la manteca de cacao.  Grasas remplazantes "CBR" o "cocoa butter replasent" o remplazante de manteca de cacao.

**Fuente: Gijón y Rodríguez (2003).**

Los sustitutos de manteca de cacao se pueden dividir en dos grandes tipos: láuricos y no láuricos. Los sustitutos de manteca de cacao láuricos están compuestos predominantemente por triglicéridos saturados de ácidos: Láuricos ( $C_{12}$ ) y mirísticos ( $C_{14}$ ). Los dos aceites láuricos más importantes en la naturaleza son: el aceite de palma y el de coco. Los aceites láuricos pueden ser fraccionados, obteniendo de ellos una estearina con propiedades físicas similares a las de la manteca de cacao. La estearina de palmaste puede ser usada en estado natural con punto de fusión de 30 a 32 °C ó hidrogenada con índice de yodo de 1 y punto de fusión de 35°C (Colombianos en el Exterior, 2006).

En la Tabla 10 se muestran las características de los diferentes sustitutos de manteca de cacao.



## GENERALIDADES

Tabla 10. Diferentes sustitutos de manteca de cacao y sus características

Sustitutos de manteca de cacao	Características
Equivalentes de manteca de cacao	Para poder ser añadido a la manteca de cacao sin originar un efecto eutéctico, las grasas vegetales deben cristalizar del mismo modo que lo hace la manteca de cacao. La manteca de cacao contiene los ácidos grasos palmítico (P), esteárico (St) y oleico(O) unidos en una molécula de glicerol, siendo la mayor parte de las moléculas POP. POSt y StOSt. Por lo consiguiente la grasa tiene que contener estas fracciones diferentes a partir de fuentes diferentes y luego mezclarlas.
CBEs	
CBR láuricos	Hay otras grasas que funden en el mismo intervalo de temperatura que la manteca de cacao, por lo que tienen una textura y un comportamiento en boca similares, pero cristalizan de un modo diferente. Estos sustitutos láuricos solo pueden emplearse si hay muy poca manteca de cacao. A los productos elaborados con grasas láuricas es importante mantenerlos en un ambiente seco y si es posible utilizar ingredientes libres de lipasa.
CBR no láuricos	El aceite de palma y soya contienen muchos de los ácidos grasos de la manteca de cacao y pueden ser fraccionados dejando básicamente los ácidos esteárico, palmítico y oleico. Sin embargo, estos se encuentran en posiciones dentro del glicerol más al azar que en la manteca de cacao. Esta estructura más al azar junto con la diferencia de los ácidos grasos insaturados implica que este tipo de grasa tenga una compatibilidad limitada con la manteca de cacao.

Fuente: Beckett, (1994).

Las grasas no láuricas, como las láuricas, tienden a cristalizar en forma  $\beta'$  y no necesitan atemperado, aunque sería mejor realizarlo si se encuentra presente una cantidad importante de manteca de cacao. También requieren de un enfriamiento mucho más lento que para las CBRs láuricas.

### 2.6 Factores que afectan la calidad de rellenos y coberturas de chocolate para su aplicación en la industria

El chocolate se ve influido por varios factores que afectan sus características y propiedades; como los ingredientes que lo conforman y la calidad de los mismos; estos factores afectan directamente el comportamiento del producto, puesto que el



## GENERALIDADES

---

comportamiento del chocolate es el resultado de estas condiciones. Por ello hay ciertos parámetros que deben ser evaluados para poder determinar la calidad del producto (chocolate), y así establecer si el producto cumple con las características de un buen chocolate.

Los parámetros a evaluar en coberturas y rellenos de chocolate son:

**Atemperado:** Nos indica si existe una diferencia de solidificación entre chocolates. Consiste en fundir y solidificar el chocolate valorando tiempos y temperaturas de solidificación; por esta razón no puede ser aplicada a chocolates fluidos (rellenos) debido a que estos no solidifican puesto que no es necesario en su utilización. Este parámetro se puede ver afectado por los componentes presentes en la formulación, más puntualmente sobre la manteca de cacao ya que está relacionada directamente con la solidificación del chocolate (Beckett, 2000).

**Punto de fusión:** Tanto el tipo de chocolate como sus ingredientes ejercen influencia en la resistencia al calor y el punto de fusión de éste. La fundición (derretimiento) del chocolate es importante para la sensación bucal y el sabor que producirá al ser ingerido. La resistencia al calor que el chocolate puede presentar es un factor de calidad importante, esto debido a que al ser influenciado por los ingredientes presentes en el chocolate es una manera indirecta que permite conocer la calidad de estos. Es importante señalar que al tratarse de la evaluación de la temperatura a la cual el chocolate se funde, tampoco es aplicable a los chocolates fluidos (rellenos), debido a que estos se encuentran en estado líquido o semi-sólido (Beckett, 2000).

**Separación de manteca de cacao:** Si existe una separación de la manteca de cacao del chocolate muestra una deficiencia de calidad del producto y es una condición desagradable para el consumidor; realizando una buena emulsión se evita que el producto genere esta separación. Este parámetro es cualitativo dado que sólo es apreciado visualmente; es aplicable a las coberturas y rellenos de chocolate (Beckett, 2000).

**Tamaño de partícula:** En el chocolate están presentes sólidos dispersos, los cuales pueden variar de tamaño y estos pueden afectar su textura y/o sabor, por ello es importante determinar el tamaño de las partículas presentes en el chocolate y con



## GENERALIDADES

---

ello evaluar las posibles características que otorgan al producto y si éstas son positivas o negativas, dependiendo del tipo de producto que se desee (Beckett, 2000).

**Fluencia del chocolate:** Antes de iniciar con los factores que afectan las propiedades de flujo del chocolate, es importante señalar los límites de los parámetros del modelo de Casson que se consideran para chocolates y coberturas. En el caso de chocolates, se encontró que por lo regular presentan viscosidades plásticas entre 1 y 20 Pa.s y esfuerzos de fluencia de 10 a 200 Pa, mientras que las coberturas tienen valores inferiores, pues la viscosidad plástica está en el límite de 0.5 a 2.5 Pa.s. Para el caso de las coberturas, es importante señalar que el proceso demanda los esfuerzos de fluencia más bajos del intervalo especificado para estos productos, debido a que las tendencias de los recubrimientos se dirigen a la aplicación de cubiertas delgadas y uniformes por lo que se requiere de un mayor deslizamiento de la cobertura (Beckett, 1994). Después de hacer estas consideraciones, podemos decir que entre los factores que influyen en los valores de estos parámetros son los siguientes:

- a) Temperatura.
- b) Contenido graso.
- c) Tiempo de conchado.
- d) Distribución del tamaño de partícula.
- e) Humedad.
- f) Emulsificantes.
- g) Atemperado.

### 3. NORMATIVIDAD SOBRE LOS SUSTITUTOS Y EQUIVALENTES DE MANTECA DE CACAO UTILIZADOS EN CHOCOLATES

En México la regulación correspondiente a alimentos esta establecida por la Secretaría de Salud, con la colaboración de otros organismos que ayudan a la formación de normas para establecer la formulación, composición y características físicas, fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas de productos en específico.

La norma mexicana que regula al cacao, productos y derivados es la Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002.

En esta se menciona con relación a los sustitutos de manteca de cacao lo siguiente:



## GENERALIDADES

La adición de grasas vegetales distintas a la manteca de cacao no deberá exceder del 5% del total de las grasas del producto terminado, sin reducir el contenido mínimo de las materias de cacao. En la Tabla 11 se muestra la composición de diferentes productos de chocolate.

**Tabla 11. Composición de diversos productos de chocolate de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002 (% en base seca)**

Producto	Manteca de cacao total	Cocoa desgrasada totalmente	Sólidos totales de cacao	Grasa butírica total	Sólidos totales de leche	Sólidos totales de cacao y leche	Grasa vegetal diferente a la manteca de cacao (ver nota)
Chocolate	18,0	14,0	35,0				5,0
Chocolate amargo	22,0	18,0	40,0				5,0
Chocolate semiamargo	15,6	14,0	30,0				5,0
Chocolate con leche	20,0	2,5	25,0	2,5	14,0	40,0	5,0
Chocolate con alto contenido de leche	17,0	2,5	20,0	5,0	20,0	40,0	5,0
Chocolate con leche descremada	20,0	2,5	20,0	0,5	14,0	40,0	5,0
Chocolate blanco	20,0		20,0	3,5	14,0	34,0	5,0
Chocolate para mesa	11,0	9,0	20,0				5,0
Chocolate para mesa semiamargo	15,6	14,0	30,0				5,0
Chocolate para mesa amargo	22,0	18,0	40,0				5,0
Chocolate en polvo		1,8	18,0				

Fuente: SSA (2002).

Las compañías chocolateras de la Unión Europea comenzaron a ejercer presión para la sustitución de un 5% de grasas vegetales en abril de 1996.



## GENERALIDADES

---

Sólo Europa occidental representa más del 40% del consumo global de cacao. La Unión Europea importa entre un 85-90% de granos de cacao, sobre todo de África Occidental. Por eso, cualquier cambio en la legislación de la Unión Europea tendría repercusiones inmediatas para estos países. Además, cualquier cambio en la política de la Unión Europea influiría probablemente en otros países consumidores, especialmente en los Estados Unidos de América. Este país representa un 25% adicional (aproximadamente) del consumo de cacao y cualquier cambio en su política tendría un efecto directo para otros países productores de cacao en América Latina y Asia (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000).

Al mismo tiempo que la Unión Europea, el Codex Alimentarius, un organismo conjunto OAA-OMS, está también modificando sus normas referentes al cacao y a los productos de chocolate. Con estímulo de la delegación británica y de CAOBISCO (Association of the Chocolate, Biscuit and Confectionery of the EEC), propuso que se permitiera el uso de hasta un 5% de grasas vegetales en el producto final y que, además, se redujera el contenido mínimo de cacao en el chocolate con leche de un 25% a un 20% (como fue propuesto por la Comisión Europea en propuestas anteriores). Sin embargo, durante su última reunión en Suiza en septiembre/octubre de 1996, el Codex acordó no alterar la definición de chocolate con leche y posponer la decisión sobre las grasas vegetales (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000).

Algunas estimaciones han demostrado que la manteca de cacao representa aproximadamente el 8% o 9% del precio total del chocolate. Por tanto, las grandes empresas podrían reducir este costo entre el 1% y el 2% si utilizaran grasas vegetales más baratas (primero porque las grasas vegetales son más baratas y, segundo, porque el precio del cacao sería más bajo).

El almacenaje y periodo de conservación antes de la venta está relacionado con la pérdida de color del cacao y el sabor a leche, y esto no puede ser alterado con el uso de grasas vegetales.

El chocolate se presenta diversos problemas con manteca de cacao, estos pueden ser aliviados; en primer lugar, con el uso de grasas o cremas de leche; en segundo lugar, en los casos en que el uso de grasas vegetales pueda solucionar estos problemas, esto sólo ocurriría a niveles mucho más bajos del 5%.



## GENERALIDADES

---

En general, los fabricantes de chocolate argumentan que el uso de grasas vegetales mejora el brillo, el periodo de conservación antes de la venta, la resistencia al calor e impide que aparezca una capa blanca sobre el chocolate (*blooming* o blanqueado).

Nada puede impedir completamente el blanqueado, así que no existe ninguna ventaja en el uso de otras grasas vegetales. En realidad, la incidencia del *blooming* o blanqueado es mucho mayor en cubiertas de helado o pastelería basadas en grasas vegetales láuricas o CBSs, que en el chocolate mismo. Durante años, el uso de grasas de leche anhidricas, permitido en la fabricación del chocolate, ha sido utilizado para retardar la aparición del *blooming* y mejorar el brillo. En lo que se refiere al brillo, existen algunas pruebas de que del 1 al 2% de grasas vegetales puede mejorar el brillo en el chocolate negro, pero el uso adicional del 3% hasta el 5% no le añade nada más. El uso correcto de la temperatura es, en la realidad, más importante para asegurar el brillo (SSA, 2002).



## **GENERALIDADES**

---



# II. OBJETIVOS



## **OBJETIVOS**

---

### **OBJETIVO GENERAL:**

Realizar una caracterización física, química y fisicoquímica del aceite obtenido de la semilla de diferentes variedades de mango para su aplicación como sustituto de manteca de cacao en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate utilizados en la industria de alimentos.

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

1. Realizar el proceso de obtención de harinas a partir de la semilla de diferentes variedades de mango producidas en México ('Manila', 'Ataulfo', 'Kent', 'Keitt' y 'Haden') y determinar sus características físicas y químicas que permitan realizar una propuesta para su aprovechamiento en la industria de alimentos.
2. Extraer el aceite de la semilla de diferentes variedades de mango utilizando el método de sonicación y poder realizar el fraccionamiento del aceite.
3. Evaluar las características físicas, químicas y fisicoquímicas de los aceites obtenidos de la semilla de diferentes variedades de mango y comparar con las de la manteca de cacao.
4. Determinar el perfil de ácidos grasos de los aceites y grasas obtenidos de las almendras de las diferentes variedades de mango, que permita realizar una propuesta para su uso como sustituto de manteca de cacao.
5. Elaborar una cobertura y relleno de chocolate utilizando el aceite y la grasa obtenidos de la almendra de mango como sustituto de manteca de cacao de acuerdo a lo establecido por la Norma Mexicana (NOM-186-SSA1/SCFI-2002).



## **OBJETIVOS**

---

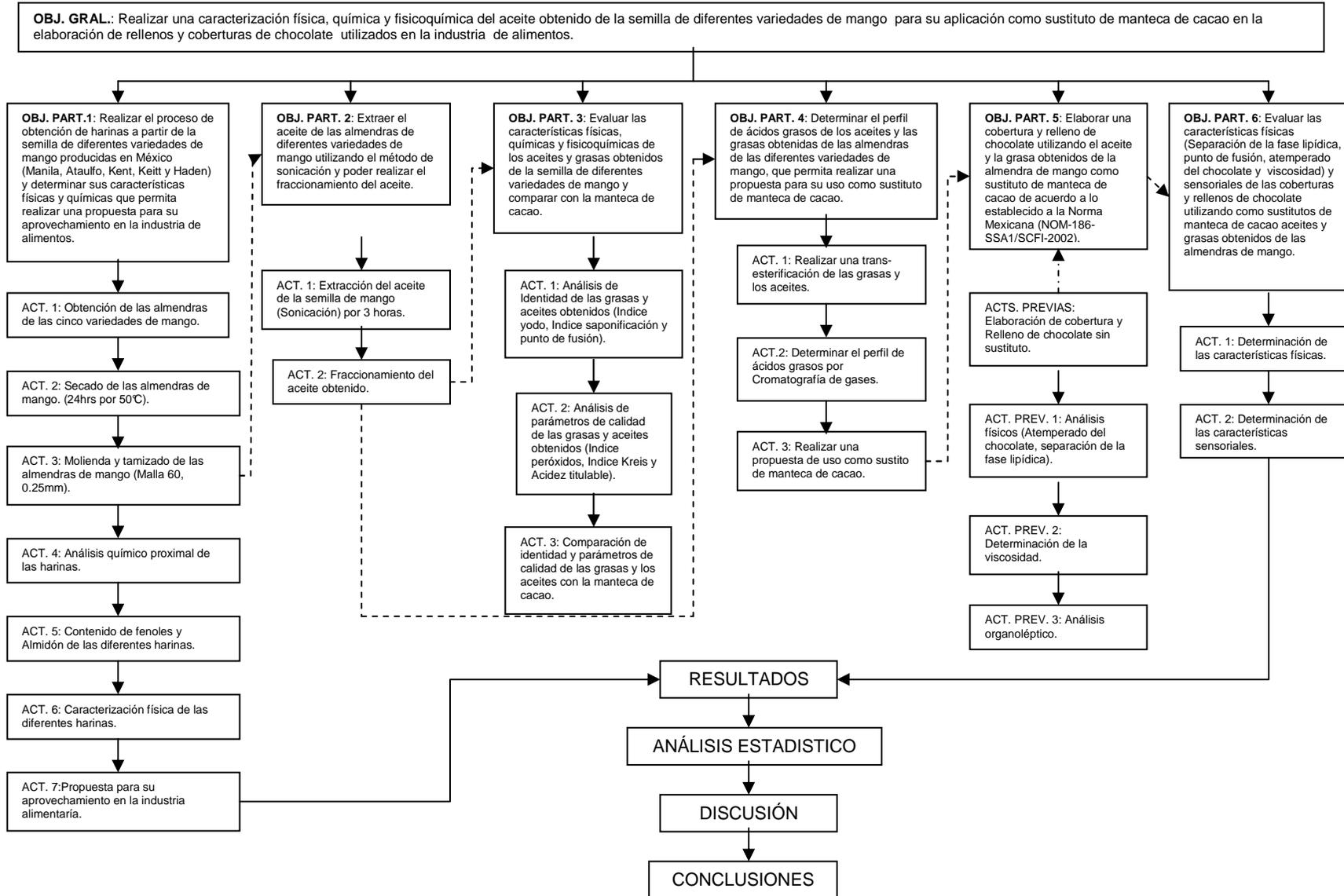
6. Evaluar las características físicas (Separación de la fase lipídica, punto de fusión, atemperado del chocolate y viscosidad) y sensoriales de las coberturas y rellenos de chocolate utilizando como sustitutos de manteca de cacao aceites y grasas obtenidos de las almendras de mango.



# III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



### 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.





## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

### 3.1 Obtención de las semillas del mango

Los mangos se adquirieron en la Central de Abastos del Distrito Federal en un estado de maduración preclimateria y posteriormente se dejaron madurar para facilitar así la extracción de la semilla, trabajando con las siguientes variedades: 'Ataulfo', 'Manila', 'Kent', 'Keitt' y 'Haden'.

### 3.2 Tratamiento de las muestras

Los mangos se pelaron, despulparon, y las semillas se limpiaron manualmente. Inmediatamente se eliminó el endocarpio duro y fibroso con ayuda de un cuchillo y se extrajo la almendra que se encontraba en el interior de la semilla. Las almendras se colocaron en una solución de ácido cítrico al 1% para evitar su oxidación durante el secado y lograr una mejor conservación.

### 3.3 Secado de las almendras del hueso del mango

Después de haber limpiado las almendras manualmente, asegurándose así de haber eliminado la capa exterior que las rodea, se colocaron para su secado en una estufa a  $50\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (para no deteriorar el aceite por una elevada temperatura) hasta llegar a una humedad crítica de 10 a 11%. Transcurrido el tiempo se retiraron de la estufa y se colocaron en un recipiente para su posterior molienda.

### 3.4 Molienda y tamizado de las almendras

Las almendras previamente secas, se molieron en un molino manual para cereales, la harina obtenida se tamizó en un tamiz de malla No. 60 con tamaño de partícula 0.25mm. La harina retenida se volvió a moler en un molinex hasta que pasó la malla No. 60. La harina tamizada se colocó en bolsas de polietileno en un lugar fresco, seco y oscuro para su conservación hasta la extracción del aceite de cada una de las variedades.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

### 3.5 Caracterización física y química de las harinas obtenidas de las diferentes almendras

Después de la obtención de las harinas de cada una de las variedades de mango, se les determinaron sus características organolépticas tales como: color, olor y sabor; además de sus características químicas como son contenido de proteína, humedad, grasa, fenoles, cenizas y almidón de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el *apartado 3.17*.

### 3.6 Extracción de los aceites de las almendras del mango por el método de sonicación (SN)

Se pesaron 80 g de harina colocándola en un matraz erlenmeyer de 500 ml, preparando así una solución al 20% de la harina en hexano, colocando el matraz dentro de un baño de sonicación (marca BRANSONIC USA, modelo 2510R-MTH) por tres horas en la zona de cavitación. Se calcularon los rendimientos de cada extracción para establecer la cantidad de aceite extraído dependiendo de los gramos de harina sonicados (Vinatory *et al.*; 1997).

### 3.7 Fraccionamiento de los aceites

Después de haber realizado la extracción de los aceites, se llevó a cabo un filtrado al vacío haciendo pasar la solución a través de una membrana de celulosa de tamaño de partícula de  $0.45\mu\text{m}$  hasta obtener una solución totalmente traslúcida, la cual se destiló obteniéndose la grasa y recuperando el disolvente (hexano).

Posteriormente se realizó una solución al 20% del aceite en acetona caliente ( $50-60^{\circ}\text{C}$ ) hasta que se disolvió por completo, después se enfrió en un baño de agua, logrando bajar la temperatura aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  en un periodo de una hora y media, observándose paulatinamente la formación de cristales blanquecinos, los cuáles después del tiempo transcurrido se separaron por filtración. Los cristales se lavaron tres veces con 400 ml de acetona fría y se secaron. Los cristales secos (grasas) se colocaron en frascos ámbar a baja temperatura y bajo una atmósfera de nitrógeno para alargar su vida útil. Estos cristales blanquecinos son la fracción del aceite llamado '*estearina*', mientras que la fracción que permanece en el solvente (acetona) es la llamada '*oleína*' la cual se recupera al evaporar el disolvente según el método de Arogba (1997).



### **3.8 Caracterización física de los aceites y grasas de la almendra del mango**

A los aceites como a las grasas después del fraccionamiento, se les determinaron sus características físicas tales como color y olor para las cinco variedades de mangos utilizadas en el presente estudio.

### **3.9 Análisis de la identidad de las grasas y aceites de las almendras del mango**

Se realizó un análisis de la identidad de los aceites y grasas obtenidas de las almendras de diferentes variedades de mangos para establecer sus características químicas. Se evaluaron el índice de saponificación, el índice de yodo, el punto de fusión y el perfil de ácidos grasos, de acuerdo a las técnicas descritas en el *apartado 3.17.2*.

### **3.10 Análisis de la calidad de las grasas y aceites de las almendras de mango**

Para evaluar los cambios sufridos durante el manejo de los aceites y grasas obtenidos de las diferentes almendras de mangos, se evaluaron diversos parámetros fisicoquímicos que relacionan el deterioro que sufren estos lípidos durante su manejo. Se determinaron acidez titulable, índice de peróxidos e índice de Kreis de acuerdo a las técnicas descritas en el *apartado 3.17.2*.

### **3.11 Comparación de la identidad y de la calidad de la grasa y aceite de mango y manteca de cacao**

Una vez realizado el estudio de identidad y de los parámetros de calidad de las grasas y los aceites, se comparó con estudios bibliográficos reportados para la manteca de cacao, con la finalidad de saber si el aceite y la grasa del mango puede ser utilizado solo o con algún otro tipo de grasa como sustituto de manteca de cacao en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate, dependiendo, como ya se mencionó, de un estudio completo de identidad, tomando en cuenta otras características que pueden favorecer la compatibilidad entre ellas siendo las más importantes: el punto de fusión, el perfil de ácidos grasos, la estabilidad y el índice de yodo, ya que indican si existe una diferencia entre los productos elaborados con el aceite de mango y la manteca de cacao.



### 3.12 Elaboración de diferentes mezclas de los aceites y grasas de las almendras del mango

Obtenidos ya los resultados del estudio de la composición de ácidos grasos de las estearinas y las oleínas de los diferentes mangos, se procedió a tomar en cuenta las concentraciones de cada ácido graso en las distintas grasas y aceites para poder realizar diferentes mezclas que mantuvieran el perfil de ácidos grasos de la manteca de cacao, o que se pareciera lo más posible en cuanto al tipo de ácido graso y cantidad, para ser utilizados como sustitutos en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate.

Se realizó un balance de materia con el fin de que los porcentajes de los ácidos grasos llegaran a ser similares al contenido por la manteca de cacao, como resultado de esto se obtuvieron siete mezclas en ninguna de ellas se emplea la estearina y la oleína de la variedad 'Keitt' a consecuencia de que su composición de ácidos grasos en ambas fracciones, presentaron valores muy lejanos a los requeridos para poder ser sustituto de manteca de cacao por lo que se descartó la utilización de esta variedad.

### 3.13 Elaboración de cobertura y relleno de chocolate

Para poder elaborar una cobertura y un relleno de chocolate con el sustituto obtenido se elaboraron estos productos utilizando únicamente la manteca de cacao lo que permitió establecer la formulación correcta. En las Figuras 14 y 15 se muestran los diagramas de proceso de los rellenos y coberturas de chocolate donde también se muestra en que momento se adiciona el sustituto.

Para la obtención del relleno se pesan todos los ingredientes y el azúcar se muele para disminuir el tamaño de la partícula en el chocolate, posteriormente se llevó a cabo un mezclado a 75°C donde se agregó cacao en polvo, azúcar, leche y 2/3 de la manteca de cacao. Se llevó a cabo el conchado donde se agregaron la lecitina, vainilla, sal, 1/3 de manteca de cacao y además el sustituto de cacao de ser requerido, luego se atemperó el chocolate a 50°C, mientras se estaba mezclando. El producto puede ser almacenado (chocolate líquido) a 4° C en recipientes herméticos o ser inyectado en el producto terminado que puede ser dirigido a panadería, consumidor u otras industrias.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

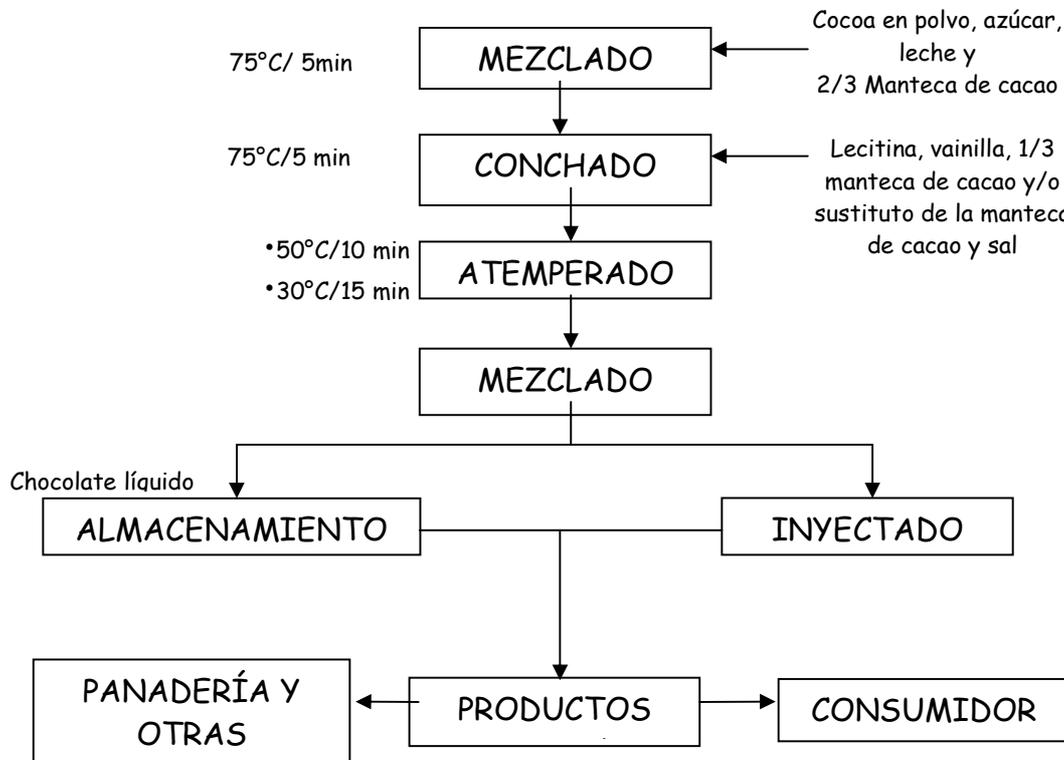


Figura 14. Diagrama del proceso de elaboración de relleno de chocolate

Fuente: Beckett (2000).

De manera muy similar se preparó la cobertura de chocolate sin la adición de leche, ya que este ingrediente proporciona otras propiedades que no son útiles en el producto. Otra diferencia que existe entre estos productos es que la cobertura puede ser almacenada como chocolate líquido, moldeado o bañado sobre cualquier producto y estar dividido en productos terminados o semi terminados así como dirigirse directo al consumidor, confitería u otras industrias.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

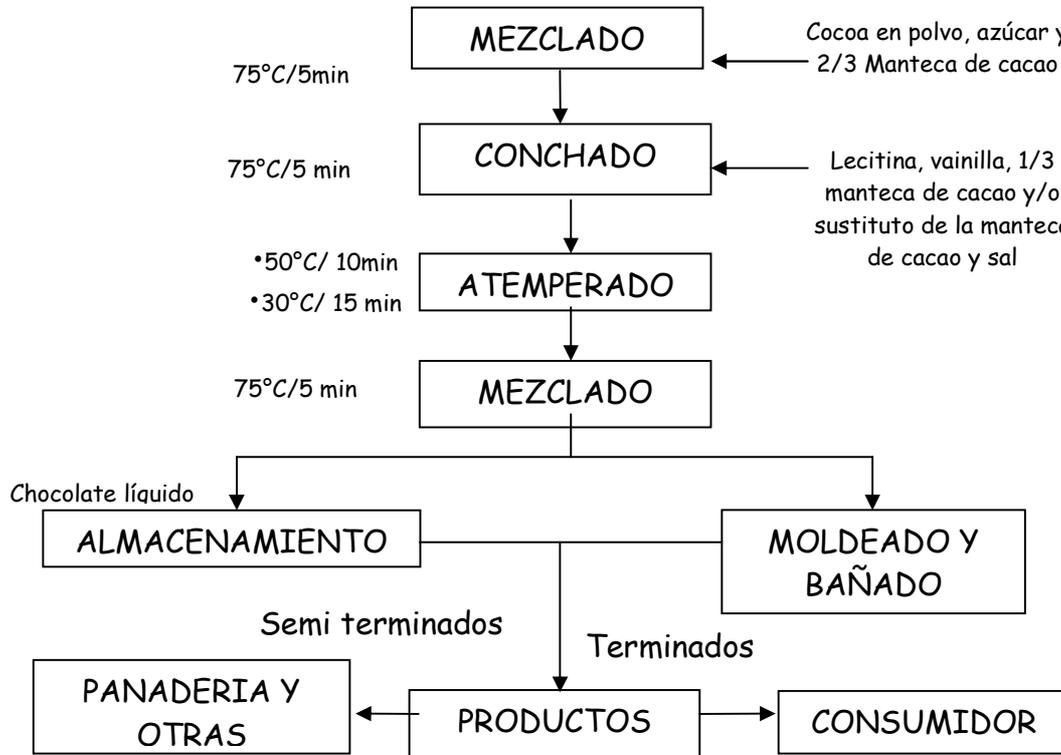


Figura 15. Diagrama del proceso de elaboración de la cobertura de chocolate

Fuente: Beckett (2000).

A estos productos se les realizaron pruebas sensoriales para establecer la mejor formulación y la de mayor aceptabilidad del consumidor. A partir de diferentes ajustes se realizaron las siguientes formulaciones para relleno y cobertura con y sin sustituto. En las Tablas 12 y 13 se muestran las formulaciones utilizadas.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

**Tabla 12. Formulación de la cobertura de chocolate utilizando manteca de cacao y sustituto de grasa de mango**

Ingredientes	Sin sustituto		Con sustituto	
	Cantidad (g)	Por ciento	Cantidad (g)	Por ciento
Azúcar	81.16	51.54	81.16	51.54
Manteca de cacao	50.24	31.91	47.72	30.30
Sólidos de cacao	25.24	16.03	25.24	16.03
Lecitina de soya	0.40	0.25	0.40	0.40
Vainilla	0.28	0.17	0.28	0.28
sal	0.12	0.07	0.12	0.12
Grasa de mango	-----	-----	2.51*	1.59

\*La cantidad de grasa de mango utilizada es el 5% con respecto al peso de la manteca de cacao como se establece en la Norma.

**Tabla 13. Formulación del relleno de chocolate utilizando manteca de cacao y sustituto de grasa de mango**

Ingredientes	Sin sustituto		Con sustituto	
	Cantidad (g)	Por ciento	Cantidad (g)	Por ciento
Azúcar	96.16	40.06	96.16	40.06
Manteca de cacao	22.80	9.5	21.66	9.02
Sólidos de cacao	40.24	16.76	40.24	16.76
Lecitina de soya	0.40	0.16	0.40	0.16
Vainilla	0.28	0.11	0.28	0.11
Sal	0.12	0.05	0.12	0.05
Leche	80	33.33	80	33.33
Grasa de mango	-----	-----	1.14*	0.47

\*La cantidad de grasa de mango utilizada es el 5% con respecto al peso de la manteca de cacao utilizada como se establece en la Norma.



### 3.14 Pruebas físicas de la cobertura y relleno de chocolate

Se realizaron pruebas físicas a las coberturas y rellenos de chocolate elaborados con los diferentes sustitutos y con la manteca de cacao para establecer las características y diferencias entre los productos. Se evaluaron: atemperado, separación de la fase lipídica, punto de fusión y viscosidad aparente de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el apartado 3.17.3.

#### ***3.14.1 Comparación de la viscosidad del relleno y la cobertura de chocolate utilizando manteca de cacao y sustituto***

Se obtuvieron los valores de viscosidad aparente de relleno y cobertura elaborados con el aceite de mango, para saber que comportamiento presentaron y compararlos con la manteca de cacao. De las dieciocho mezclas obtenidas sólo fueron sometidos al análisis de viscosidad los rellenos y coberturas que presentaron una similitud con los productos elaborados con manteca de cacao en cuanto al punto de fusión, atemperado del chocolate y mayor aceptabilidad en el análisis sensorial con grasa Haden y E. Kent - O. Haden para rellenos, mientras que en el caso de las coberturas las mezclas utilizadas fueron E. Ataulfo – O. Haden y E. Manila – O. Haden. La determinación de la viscosidad fue realizada de acuerdo al método descrito en el apartado 3.17.3.

### 3.15 Pruebas sensoriales de la cobertura y el relleno de chocolate

Un análisis sensorial es la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las propiedades (atributos) de un producto que se perciben a través de los cinco sentidos, vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Por ello se realizaron pruebas organolépticas a cada uno de los productos con el fin de saber si el sustituto produce algún cambio en apariencia, color, sabor, olor y textura en el chocolate. Para este estudio se estableció una escala hedónica con la cual se valoraron los atributos de las diferentes muestras de chocolate; en la Tabla 14 se muestra la escala utilizada en esta prueba. La evaluación se realizó a 20 panelistas no entrenados donde los resultados obtenidos a partir de la escala de atributos propuesta, se trataron con el análisis estadístico ANOVA.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

**Tabla 14. Escala de los atributos medidos en el análisis sensorial**

Escala	1	2	3	4	5
<b>Arenosidad</b>	No arenoso	Poco Arenoso	Medianamente arenoso	Arenoso	Muy arenoso
<b>Adhesividad</b>	No adhesivo	Poco adhesivo	Medianamente adhesivo	Adhesivo	No adhesivo
<b>Fluidez</b>	Fluido	Muy fluido	Espeso	Muy espeso	No fluido
<b>Amargor</b>	No amargo	Poco amargo	Medianamente Amargo	Amargo	Muy amargo
<b>Aroma</b>	Si aroma a cacao	Poco aroma a cacao	Apreciable aroma a cacao	Mucho aroma a cacao	Rancio
<b>Brillantez</b>	Opaco	Brillante	Brillo moderado	Mucho brillo	-----
<b>Aceptabilidad</b>	Me disgusta mucho	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta mucho

### 3.16 Análisis Microbiológicos

En toda elaboración de productos es necesario un buen manejo de materias primas y desarrollo de producción esto con la finalidad de generar productos higiénicos e inocuos que no dañen al consumidor. Para ello se crearon las normas de calidad, las cuales regulan las materias primas a emplear, el manejo y proceso de elaboración, así como la inocuidad del producto terminado.

Por esta razón y con base en lo solicitado por la Norma Oficial Mexicana (NOM-186-SSA1/SCFI-2002), para productos de cacao, chocolate y sus derivados; se realizaron los análisis microbiológicos marcados los cuales son análisis de coliformes totales (SSA, 2002).

Esto se desarrollo mediante siembra en superficie de cultivos en agar Mac Conkey incubadas a una temperatura de 35-37°C por un periodo de 48 h oras.



### 3.17 Métodos analíticos

#### 3.17.1 Parámetros químicos

**Proteína.** Se realizó por el método de Microkjeldahl, el cual se basa en la combustión húmeda de la muestra calentada con  $H_2SO_4$  concentrado en presencia de un catalizador donde se transforman las sustancias nitrogenadas en sulfato de amonio valorable con desprendimiento de  $CO_2$  y formación de agua (digestión), la muestra obtenida es colocada en un destilador con la finalidad de obtener el  $NH_3$  libre a partir del  $NH_4SO_4$  agregando  $NaOH + Na_2S_2O_3$  y recibiendo el destilado en un volumen de  $HBO_3$  (destilación) y quedando atrapado el  $NH_3$  para finalmente titularlo con el objeto de valorar el ácido en exceso y colocar el  $NH_3$  desprendido (titulación) (AOAC, 1980). Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje.

**Grasa.** Se determinó por el método de Soxhlet, el cual se llevó a cabo mediante la extracción continua con éter anhidro o éter de petróleo y previamente desecado obteniéndose el total de grasa tras la evaporación del disolvente (AOAC, 1980), siendo los resultados obtenidos expresados en porcentaje.

**Fenoles totales.** Se determinó el contenido de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Las muestras fueron colocadas en micro tubos extrayendo los fenoles con metanol. De extractos obtenidos se tomó una alícuota de  $4\mu l$  y posteriormente se le agregó agua destilada y el reactivo de Folin-Ciocalteu. El contenido de fenoles totales se calculó con base en la pendiente de la proporción lineal de la curva de presencia de ácido gálico a  $750\text{ nm}$ , expresándose como mg de ácido Gálico/g de peso fresco.

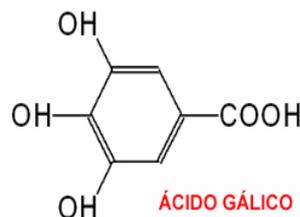


Figura 16. Estructura del ácido gálico

**Cenizas.** Se determinó el residuo inorgánico no hidrolizable por el método de Klem y que queda después de incinerar la materia orgánica a  $550^\circ C$ . No es la misma composición de la materia inorgánica antes de incinerar y después de incinerar. Pues hay compuestos que son volátiles por si



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

solos o forman complejos con otros compuestos orgánicos volátiles que se pierden (AOAC, 1980). Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje.

**Almidón.** Consiste en gelatinizar el almidón en una autoclave con una hidrólisis posterior del almidón gelatinizado con amiloglucosidasa o glucoamilasa. La enzima hidroliza todos los polímeros de almidón a glucosa (Othón y Serna, 1996).

Se determinó el contenido del almidón por medio del método enzimático el cual consiste primeramente en extracción de 3g de harina finamente pulverizada para lavarla sobre un filtro con alcohol al 10% y después con alcohol al 95%. Posteriormente el residuo fue colocado en un matraz para ser lavado con 50ml de agua y calentarlo durante 15 min en baño maría con agitación constante de manera que el almidón se gelatinizó y se obtuvo una mezcla homogénea.

La solución obtenida se enfrió hasta una temperatura de 55°C para poder adicionar 0.03g de diastasa disuelta en una pequeña cantidad de agua, y se mantuvo la mezcla alrededor de 55-60°C durante no menos de una hora y posteriormente se realizó una pequeña prueba con un gota de la solución con yodo para determinar que no presentara una coloración azul; con ellos poder elevar la temperatura a 100° C y nuevamente se lavó y filtró, llevando el filtrado y el agua de lavado hasta 250 ml. De la solución filtrada se tomaron 50 ml para calentarla y adicionarle 5 ml de ácido clorhídrico en baño maría durante dos horas y media, después se enfrió y se neutralizó con una solución saturada de carbonato de sodio para que inmediatamente fuera diluida hasta 150 ml. A partir de este extracto se determino azúcares totales por el método de DNS (Miller, 1959), el cual se basa en la propiedad que tienen los azúcares reductores para reducir el ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). La determinación se llevó a cabo utilizando una solución de sacarosa hidrolizada como estándar, para obtener la curva patrón en un espectrofotómetro (marca TERMO SPECTRONIC, modelo GÉNESIS 10 UV) a una longitud de onda de 575 nm. Los valores de concentración de carbohidratos de las muestras se determinaron por interpolación gráfica en la curva patrón obtenida.

### ***3.17.2 Análisis de identidad y parámetros de calidad de las grasas y aceites***

**Índice se saponificación.** El índice de saponificación se define como el peso en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa. Si la grasa es aceptablemente pura, el método constituye un sistema de clasificación de los aceites y grasas, puesto que el índice de saponificación está inversamente relacionado con la longitud de los ácidos grasos constituyentes de los glicéridos de la grasa.



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

Se pesó 1 g de la grasa colocándola en un matraz erlenmeyer y adicionándole 12.5 ml de una solución alcohólica de KOH (0.5 M en etanol al 96%). Se llevó a una temperatura de 60°C con agitación por 60 minutos. Transcurrido el tiempo, se tituló en caliente en exceso de álcali con HCl valorado 0.5 N usando fenolftaleína como indicador. Se preparó un blanco de reactivos y se hizo la determinación al mismo tiempo que a la muestra (AOAC, 1980 y Kira, 1991).

**Índice de yodo (Wijs).** Se define como el peso de yodo absorbido por la muestra, es decir, es la determinación química del grado de insaturación de una matriz que contiene enlaces diénicos o triénicos por adición del yodo en presencia de catalizador contenido en el reactivo de Wijs, que contiene tri yoduro 0.1 Normal en ambiente acético. Además está relacionado en forma inespecífica con el grado de insaturación de los ácidos grasos y permite la clasificación de los aceites en secante (índices mayores a 140), semisecantes (86-140) y no secantes (menores de 86).

Se expresa en gramos de yodo absorbido por 100 g de muestra.

Se pesaron 0.1 g de aceite en un frasco ámbar de 250ml, se disolvieron con 3 ml de cloroformo y 5 ml de reactivo de Wijs, se tapó y se dejó reposar por 2 horas en la oscuridad. Transcurrido el tiempo se le añadieron 4 ml de KI al 15% dentro del frasco y 30 ml de agua destilada; se tituló el yodo libre con tiosulfato de sodio al 0.1 N añadiendo 4 ml de la solución indicadora (almidón a. 1%). Además se hizo un blanco de reactivos (AOAC, 1980 y Kira, 1991).

**Punto de fusión.** Puede ser definido de varias formas, correspondiendo cada una a diferentes cantidades residuales de grasa sólida. El punto de fusión de grasas es usado para caracterizar aceites y grasas, y está relacionado con sus propiedades físicas, tales como dureza y comportamiento térmico. La longitud de la cadena determina algunas propiedades; su punto de fusión disminuye al ser más corta la cadena, también disminuye el punto de fusión la presencia de enlaces  $\pi$ . Este parámetro fue medido por el método del tubo capilar y se esperó que la muestra se fundiera observando por el lente del equipo, tomando la lectura de la temperatura a la que funde el primer gránulo de grasa y la temperatura en la que los gránulos de grasa funden completamente (AOAC, 1980).

**Perfil de ácidos grasos.** Se determinó la cantidad de ácidos que contenían las grasas y los aceites utilizados por medio del método de cromatografía de gases (CG), este método está basado en la transformación de los ésteres a ésteres metílicos, los cuáles son más volátiles y mediante estándares se puede conocer tanto la composición como la cantidad de cada éster metílico presente en el aceite de mango. Antes de inyectar las muestras fue necesario trans-esterificarlas, esto se realizó de la siguiente manera: se disolvieron 100 mg de aceite ó grasa en 1 ml de una solución 0.5N



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

de NaOH en MeOH, se hirvieron a reflujo hasta formar una sola fase, se enfriaron y se le agregó una solución de agua-hexano (2 ml) separando así la fase acuosa, a la cual se le agregó HCl hasta un pH ácido; posteriormente se le agregó 1 ml de  $\text{BF}_3$  en etanol, se calentó nuevamente hasta que se generaron unas gotas; se dejó enfriar y se le agregó una solución de agua-cloroformo (2 ml) para poder extraer la fase orgánica a la cual se le adicionaron sulfato de sodio anhidro para poder quitarle la humedad, posteriormente se inyectó al CG bajo las siguientes condiciones. El detector de ionización de flama utilizado presentó una columna capilar AT Silar de 30 m de largo, diámetro de 0.25 mm, espesor de película de 0.25  $\mu\text{m}$ , temperatura de la columna 250°C, temperatura del inyector 250°C, temperatura del horno 1500C, gas portador Helio, split de 100 y flujo de 1ml/min (Álvarez, 2004).

**Acidez titulable.** Es una disolución de la muestra en una mezcla de disolventes y valoración de los ácidos grasos libres mediante una disolución etanólica de hidróxido potásico

Se pesó 1 g de muestra y se colocó en un matraz erlenmeyer de 125 ml y se le adicionó 15 ml de alcohol previamente neutralizado (utilizando tiras de indicador de pH). Se calentó a 60°C agitándolo por 10 min y se tituló en caliente con KOH 0.0025 N, agitando después de cada adición de álcali. Calculando el índice de acidez como mg de KOH por g de muestra y el índice de acidez como % ácido oleico (AOAC, 1980 y Kira, 1991).

**Peróxidos.** El índice de peróxidos es la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico. El yodo liberado se valora con solución de tiosulfato sódico.

En un matraz erlenmeyer de 125 ml se colocó un 1 g de muestra y se añadió 10 ml de una mezcla de disolventes (ácido acético glacial y cloroformo 3:2) y 0.16 ml de una solución saturada de KI, tapando los matraces para agitarlos por 60 segundos (Kira, 1991).

Luego se le añadieron 10 ml de agua destilada y se agregó 1.6 ml de solución de almidón al 1% como indicador y se tituló con un solución de tiosulfato sódico al 0.1 N.

**Índice de Kreis.** Se basa en la producción de color rojo debido a la reacción extremadamente sensible entre la floroglucina y un compuesto presente en las grasas o aceites rancios: el aldehído epidrínico (Kira, 1991).

Se colocaron 0.5 g de muestra en tubos de ensaye añadiéndoles posteriormente 1 ml de ácido tricloroacético al 30% en ácido acético glacial y 0.25 ml de disolución de floroglicina y cubriéndolos con aluminio. Se agitó la mezcla burbujeando aire durante 2 ó 3 segundos, posteriormente se calentó en baño María a 45° C por 15 min y al salir del baño se agitó de nuevo y se añadieron 0.8 ml de



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

alcohol. Se midió la absorbancia de la muestra a 545 nm frente a un blanco de reactivos. El índice de Kreis se calculó como  $\text{abs a } 545 \text{ nm/g de grasa}$ .

### **3.17.3 Análisis físicos de rellenos y coberturas de chocolate**

**Atemperado del chocolate.** Se fundieron 30 g de chocolate y calentándolo en un vaso de precipitados a 50°C agitando de vez en cuando y manteniendo la temperatura durante 30 min, para asegurarnos de que no quedaran cristales de grasa.

Después se vertieron 10 g en el fondo de un tubo de ensayo y se colocó un tapón con termómetro y un agitador. Posteriormente se colocó el tubo en un vaso de precipitado con agua fría y se registró el cambio de temperatura a lo largo del tiempo hasta que el chocolate estuvo por debajo de los 32°C agitando intermitentemente según se va solidificando el chocolate (Beckett, 2000).

**Separación de la fase lipídica.** Se pulverizaron y/o pesaron 60 g de chocolate y se colocaron 750 ml de agua en un vaso de precipitados con una temperatura de 60°C añadiendo lentamente las ralladuras con un agitador. Posteriormente se colocó el vaso en un estufa alrededor de 50-60°C por 12 horas, se sacó de la estufa y se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta que se lo observó una capa amarilla que corresponde a la grasa que se separó (Beckett, 2000).

**Punto de Fusión.** El tipo de chocolate y sus ingredientes ejercen influencia sobre la resistencia que tiene al calor y el punto de fusión del producto terminado. El derretimiento del chocolate es importante para el sabor y la sensación bucal al ser ingerido por el consumidor. Las características de derretimiento de la grasa utilizada son importantes en la estabilidad del chocolate en los climas tropicales, así como la fusión del chocolate y su adhesión en las envolturas. Por estas razones es importante la valoración de este parámetro, ya que es necesario determinar la probabilidad de que esto ocurra y también que el tipo de chocolate afecta su resistencia al calor.

El punto de fusión debe hallarse a los 36°C ó ligeramente por encima de este valor, para asegurarse de que el producto se derrita en la boca. Si es muy alto, se producirá una sensación cerosa en la boca sin lograrse una completa fundición. En contraste, si éste es muy bajo el producto puede mostrarse inestable durante el almacenamiento. Este parámetro fue medido por el método del tubo capilar y se esperó que la muestra se fundiera observando por el lente del equipo, tomando la lectura de la temperatura en la que funde (AOAC, 1980).

**Viscosidad de rellenos y coberturas de chocolate.** En este estudio se empleó el reómetro ARES – RFS III (T.A., Instruments, USA), al ser un reómetro rotatorio proporciona al material un flujo rotacional en el espacio intersticial de dos cilindros concéntricos que giran a diferente velocidad



## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

---

(normalmente uno fijo y otro móvil), cuenta con un regulador de temperatura que permite controlarla según lo requiera el estudio.

Se realizó a los rellenos y coberturas elaborados con el aceite de mango, una determinación reológica; esto para saber el comportamiento que presentaron y compararlos con los elaborados con manteca de cacao. Como se mencionó anteriormente sólo fueron sometidas al análisis de viscosidad los rellenos con sustituto grasa Haden y estearina Kent - oleína Haden esta determinación se realizó a 25°C. Mientras que en el caso de las coberturas el proceso se llevó a cabo a 40° C siendo determinado a las coberturas con estearina Ataulfo – oleína Haden y estearina Manila – oleína Haden.

### 3.18 Tratamiento de los resultados

Los resultados se sometieron a un tratamiento estadístico análisis de varianza (ANOVA), el cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados. El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El procedimiento para comparar estos valores se basa en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia de las observaciones.
- La distribución de la variable dependiente debe ser normal.
- Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

Estos resultados se sometieron a su vez a la prueba de rango múltiple Tukey y Duncan, esto para un comparativo más preciso entre muestras y así poder establecer entre cuales de las muestras se presentaba la diferencia significativa de  $\alpha=0.05$  y así saber cuáles no se asemejen a la manteca de cacao que es el punto indicador de la investigación, y así determinar cuál de los sustitutos es el más adecuado para la elaboración de los rellenos y coberturas.



# IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización física y química de la harina obtenida de las semillas de mango

Para establecer el rendimiento en la obtención de harina se cuantificó cada uno de los componentes del mango: pulpa, piel, hueso y semilla o almendra. En la Tabla 15 se muestra el porcentaje de cada componente del mango de variedad 'Haden'.

**Tabla 15. Porcentaje de cada uno de los componentes del mango**

Parte del Mango	Porcentaje (%)
Completo	100
Piel	41.9
Pulpa	44.2
Hueso sin almendra	4.8
Almendra	5.8

En la Figura 17 se muestra cada uno de los componentes del mango.



**Figura 17. Componentes de los mangos**

Como se puede observar en la Tabla 15 el mango generalmente contiene una gran cantidad de pulpa y piel de la cual se utiliza comúnmente, a nivel industrial, solamente la pulpa, por lo que más del 45% se considera como desperdicio. En cuanto a su porcentaje de almendra, contiene un 5.8% del total del mango, siendo muy pequeño. Sin embargo, de cada 20 kg de mango es posible obtener 1153.5 g de almendras húmedas y después de secarlas se obtuvieron 355 g de almendras; al molerlas, se reduce 351.9 g de harina.

A las harinas obtenidas de las almendras de los mangos ('Haden', 'Ataulfo', 'Manila', 'Kent' y 'Keitt') se les determinaron sus características físicas como son: olor, color y sabor, las cuales se presentan en la Tabla 16. Las harinas obtenidas de las diferentes variedades de mango no presentaron diferencias en los parámetros físicos de olor y sabor, solamente se observaron diferencias en su color, ya que mientras las harinas

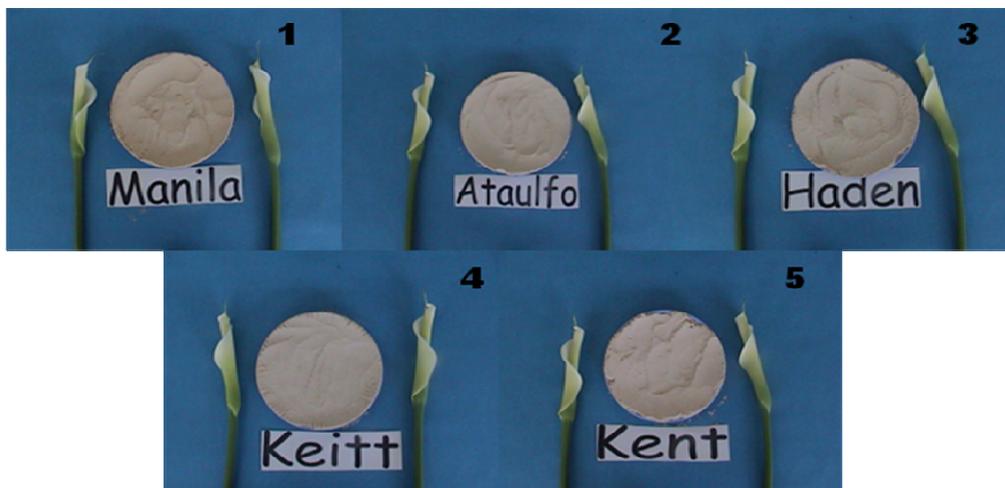


## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

de las variedades 'Manila' y 'Kent' presentaron un color café claro, las variedades 'Ataulfo' y 'Keitt' un color beige mientras que la variedad 'Haden' un color crema (Figura 18).

**Tabla 16. Características físicas de las harinas obtenidas de las almendras de mango**

Variedad	Color	Olor	Sabor
<b>Manila</b>	Café claro	Característico de la Semilla	Amargo
<b>Ataulfo</b>	Beige	Característico de la Semilla	Amargo
<b>Haden</b>	Crema	Característico de la Semilla	Amargo
<b>Keitt</b>	Beige	Característico de la Semilla	Amargo
<b>Kent</b>	Café claro	Característico de la Semilla	Amargo



**Figura 18. Harinas obtenidas de las almendras de las diferentes variedades de mango: 1) Manila, 2) Ataulfo, 3) Haden, 4) Keitt y 5) kent.**

Las harinas presentaron características muy similares entre ellas. Su color y aroma fueron agradables, sin embargo presentaron un sabor amargo, el cual podría ser eliminado por algún tratamiento químico y de esta manera ser una buena opción para consumo humano, como se propone en la página 75.

Para identificar los componentes químicos mayoritarios de las harinas obtenidas de diferentes variedades de mangos se realizó un estudio químico de éstas con el fin de proponer una alternativa de uso. Los resultados que se obtuvieron del análisis químico se muestran en la Tabla 17.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 17. Composición química de las harinas de las almendras del mango en base seca

Componente (%)	VARIEDADES				
	Manila	Ataulfo	Haden	Kent	Keitt
<b>Proteína</b>	6.23±0.22b	7.6±0.0c	5.46±0.0a	16.44±0.0e	11.57±0.0d
<b>Grasa</b>	20.25±0.0c	16.79±0.0b	27.82±0.0e	20.70±0.0d	12.74±0.0a
<b>Cenizas</b>	3.64±0.0b	3.69±0.0b	2.48±0.0a	9.06±0.0d	4.81±0.10c
<b>Almidón</b>	67.58±0.0c	67.62±0.0c	62.35±0.0b	51.85±0.0a	69.85±0.0d
<b>Fenoles</b>	2.19±0.0c	4.12±0.0d	1.79±0.0b	1.75±0.0b	0.86±0.0a

Los valores representan la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada fila difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

A partir de los resultados obtenidos de las harinas de cinco variedades de mango, se encontró que en cuanto al contenido de proteína la harina de la variedad 'Kent' presentó el mayor porcentaje en este compuesto (aproximadamente 16%), seguido por la variedad 'Keitt' (11%). En trabajos de Toshihide *et al.* (2000) con extractos de etanol de la almendra de mango, presentaron valores de 3.1 mg/100mg de proteína en materia seca, los cuales son inferiores a los reportados en esta investigación.

Los contenidos de grasa más elevados los presentaron las variedades 'Haden' y 'Kent', lo cual fue un buen indicativo para las extracciones, por otro lado la variedad 'Keitt' mostró el menor contenido graso en comparación con el resto de las variedades.

Las variedades 'Kent' y 'Keitt' presentaron un alto contenido en cenizas, mientras que las variedades 'Manila' y 'Ataulfo' no mostraron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ). En trabajos de Toshihide *et al.* (2000) se reportaron valores de 1.6 mg/100mg de cenizas en materia seca de extracto etanólico de almendra de mango, los datos obtenidos en el presente trabajo se evaluaron a la harina procedente de la almendra y presentaron un mayor contenido.

El contenido de almidón fue muy alto en la variedad 'Keitt' con 69% mientras que el menor porcentaje lo presentó la variedad 'Kent' con un 51%. Por último, se evaluó el contenido de fenoles, esto debido al sabor amargo que presentaron las harinas, característica atribuida a la presencia de estos compuestos. Las variedades 'Keitt' y 'Kent' presentaron los porcentajes más bajos en fenoles (0.86% y 1.75%), mientras que la variedad 'Ataulfo' mostró el mayor contenido de este compuesto (4.12%) lo que explica su característico sabor más amargo. Es importante señalar que entre las variedades no se encontró semejanza marcada, ya que a pesar de que coincidían en el contenido de algunos compuestos, no se detectó una similitud entre ellas, mostrando que a pesar de



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

pertenecer a la misma familia presentaron una diferencia entre cada variedad respecto a sus componentes químicos.

A partir del análisis químico de las diferentes harinas se proponen diferentes alternativas de uso para este subproducto, ya que sus componentes nutrimentales están presentes en diferentes cantidades y no sólo pueden ser utilizadas para la extracción de aceites; a continuación se hacen algunas propuestas para el uso de ellas:

- a. En el caso de las harinas obtenidas de las variedades de 'Keitt', 'Haden' y 'Manila' por su alto contenido en almidón, aproximadamente de 60%, podría ser utilizado para la extracción de almidón y su posterior uso como aditivo en la industria de alimentos. Estudiando previamente las propiedades fisicoquímicas del almidón.
- b. Las harinas procedentes de todas las variedades de mango podrían ser utilizadas como un sustituto de la harina de maíz y de trigo, debido a los altos porcentajes presentados de almidón pudiendo mejorarla nutricionalmente o como mejoradora de propiedades funcionales por el contenido de almidón.
- c. El uso en la industria galletera, ya que tiene una apariencia atractiva al consumidor y con un tratamiento previo de extracción de fenoles podrían ser utilizadas ya que no se requiere de una harina rica en gluten para este tipo de productos, pero siendo una buena opción la mezcla de éstas con la harina de trigo.
- d. Por su alto contenido de fenoles que tiene propiedades bacteriostáticas y antibacteriales, podrían ser utilizadas en productos para prevenir y tratar el acné y/o las caries dentales en la industria farmacéutica y odontológica.
- e. Las harinas podrían ser utilizadas como fuente de fenoles y para la obtención de extractos para tratamientos postcosecha en frutos en el control de microorganismos, ya que se ha comprobado su efecto contra bacterias patógenas como: *E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aerreus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, etcétera. En trabajos de Toshihide *et al.* (2000) se evaluaron las propiedades antimicrobianas de extractos de almendra de mango en etanol.
- f. Por último otro uso sería como complemento alimenticio para animales ya que podría fortificar productos elaborados industrialmente.

Cabe mencionarse que al haber fenoles en las harinas es necesario hacer un estudio de que tipo de fenoles están presentes, para saber como pueden afectar en los usos alternativos propuestos y/o un posible uso de cada uno de estos compuestos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.2. Extracción de aceites por sonicación

El proceso de extracción por sonicación se basó en trabajos previos realizados por Álvarez (2004), donde se evaluaron las condiciones óptimas de extracción en el proceso de sonicación: el tamaño de partícula (0.25 mm), tiempo de extracción (3 horas) y la proporción de muestra en el disolvente (20% de harina en hexano). A partir de estas condiciones se realizó la extracción de los aceites y grasas del presente trabajo.

A pesar de ello este proceso de sonicación presentó rendimientos de 4 a 16% de aceite aproximadamente, sin embargo para hacerlo más eficiente se decidió realizar una segunda extracción a las harinas, esto debido a que con una primera extracción el contenido de aceite que permaneció en las harinas fue alto, por lo que se propuso una segunda sonicación. En la Tabla 18 se muestran los rendimientos obtenidos en la primera y segunda extracción, así como el rendimiento total de aceite extraído.

**Tabla 18. Rendimientos obtenidos en la primer y segunda extracción**

<b>Variedad</b>	<b>Primera extracción (%)</b>	<b>Segunda extracción (%)</b>	<b>Extracción total (%)</b>
<b>Manila</b>	3.9	2.01	5.91
<b>Ataulfo</b>	6.47	0.32	6.79
<b>Haden</b>	16.01	2.21	18.22
<b>Kent</b>	8.79	1.79	10.58
<b>Keitt</b>	5.07	2.26	7.33

El realizar un segundo proceso de extracción hay un aumento en el rendimiento total de los aceites obtenidos, esto debido a que después de la primera extracción las harinas muestran contenido de grasa, por lo cual en la segunda extracción se retira más grasa de las harinas haciendo más eficiente el proceso de sonicación.

### 4.3 Caracterización física de los aceites obtenidos

A los aceites obtenidos se les determinaron algunas características físicas como son olor y color; las cuales se presentan en la Tabla 19. Ninguna de las variedades presentó olor a rancidez, sino por el contrario, todas presentaron un olor característico de la semilla de la cual provenían. En el caso del color las cinco variedades presentaron diferentes tonalidades de color amarillo, obteniendo resultados similares a los trabajos de



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lakshminarayana *et al.*, (1983) quienes reportaron la obtención de un aceite con la misma tonalidad que las variedades del presente estudio.

**Tabla 19. Caracterización física de los aceites de las almendras**

<b>Variedad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
<b>Manila</b>	Amarillo-naranja	Característico de la semilla
<b>Ataulfo</b>	Amarillo intenso	Característico de la semilla
<b>Haden</b>	Amarillo pálido	Característico de la semilla
<b>Kent</b>	Amarillo pálido	Característico de la semilla
<b>Keitt</b>	Amarillo pálido	Característico de la semilla

### 4.4 Fraccionamiento del aceite

En la Tabla 20 se muestran los rendimientos del fraccionamiento de las grasas obtenidas de las diferentes semillas de mangos. Se encontró que la cantidad de estearina y oleína en cada variedad presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ); lo cual permitió establecer cuál de las variedades fue más viable para la extracción de aceites y grasas. La variedad 'Haden' presentó un alto contenido de grasa y se expresó en un mayor rendimiento, la obtención de estearina fue de 79% aproximadamente y de oleína un 20%. La variedad 'Kent' presentó mayor contenido de grasa, y sus fracciones fueron de 71% y 28% para estearina y oleína, respectivamente. La variedad 'Keitt' fue la que presentó una menor cantidad de estearina (47%), mientras que su fracción de oleína fue de 53%. La variedad 'Ataulfo' presentó un mayor contenido de grasa en comparación con la variedad 'Keitt', pero no así para la variedad 'Haden' y sus fracciones ya que presentaron rendimientos de 71% en estearina y 28% para oleína. Por otro lado, la variedad 'Manila' fue la de menor cantidad de aceite extraído y su fracción de oleína representó el 38%, mientras que la estearina el 61%, aproximadamente.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 20. Rendimientos obtenidos de la extracción del aceite y el fraccionamiento de los aceites obtenidos de las cinco variedades de mango

Componente (g)	VARIEDADES				
	Manila	Ataulfo	Haden	Kent	Keitt
Harina	320	320	320	320	320
Aceite	12.46±0.2a	20.73±0.02c	51.23±0.02e	28.14±0.04d	16.24±0.03b
Estearina	7.67±0.01b	14.74±0.03c	40.65±0.02e	19.96±0.03d	7.54±0.03a
Oleína	4.84±0.04a	5.94±0.03b	10.57±0.01e	8.14±0.02 c	8.66±0.02d

Los valores representan la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada fila difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

Bringi y Padley (1980) reportaron un método de fraccionamiento del aceite de la semilla de mango para su posible uso como sustituto de manteca de cacao en la industria chocolatera y en coberturas. El aceite se obtiene por extracción con hexano de la semilla de mango seca y pulverizada (Bringi, 1977; Bringi, 1980). Reportaron rendimientos para la fracción de estearina cruda de 22% y de 78% para la fracción de oleína disuelta en acetona.

En el presente trabajo, los rendimientos obtenidos en estearina y oleína resultaron inversos a los reportados por Bringi y Padley (1980), lo cual pudo deberse a que se trabajó con diferentes variedades de mango a los del trabajo reportado por los investigadores. Otra causa en la diferencia de los resultados pudo deberse a que efectuaron el proceso de enfriado fue a una temperatura de 0° C, mientras que en el presente trabajo se mantuvo una temperatura menor a los 0° C durante todo el proceso, siendo esto una posible causa de una mayor precipitación de la estearina.

En la Directiva 2000/36/CE del Parlamento Europeo y del consejo del 23 de junio del 2000, se menciona que las grasas vegetales mezcladas o como equivalentes de manteca de cacao, deben obtenerse mediante un refinado o fraccionamiento para su utilización en productos de chocolate. Este requerimiento se cumplió para la utilización de las grasas y aceites como sustitutos de manteca de cacao.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.5 Caracterización física de las grasas (estearinas) y aceites (oleínas) obtenidas

A los aceites (oleína) y grasas (estearina) obtenidas del fraccionamiento se les determinaron sus características físicas. Las estearinas de las diferentes variedades presentaron un color blanco y fueron inodoras; por otro lado, las oleínas no presentaron olor a rancidez ni color desagradable, concordando así con las características descritas por Bringi y Padley (1977, 1980). Esto indica un almacenamiento apropiado de las harinas, un proceso de extracción adecuado de los aceites y de las fracciones. Es importante señalar que esta evaluación física se realizó seguidamente de la extracción de los aceites y grasas obtenidos.

En el caso de las oleínas (Tabla 21), la procedente de la variedad 'Manila' presentó un color amarillo-naranja así como un aroma almendrado dulce mientras que el resto de las oleínas de las demás variedades presentaron un color amarillo pálido con olor almendrado.

**Tabla 21. Características físicas de las oleínas**

<b>Variedad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
<b>Manila</b>	Amarillo-naranja	Almendrado dulce
<b>Ataulfo</b>	Amarillo pálido	Almendrado
<b>Haden</b>	Amarillo pálido	Almendrado
<b>Kent</b>	Amarillo pálido	Almendrado
<b>Keitt</b>	Amarillo pálido	Almendrado

### 4.6 Caracterización de la identidad y los parámetros de calidad de las grasas y aceites de las semillas del mango

Para establecer las características fisicoquímicas de las grasas y aceites obtenidos se realizó la caracterización de las grasas obtenidas a partir del fraccionamiento del aceite de las semillas de mango de las diferentes variedades utilizadas, siendo comparadas con las características de la manteca de cacao reportadas en trabajos anteriores.

#### 4.6.1 Identidad de las grasas y aceites

Para poder determinar la identidad de cada una de las grasas obtenidas, se determinaron el índice de yodo, el índice de saponificación, el punto de fusión y su perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases. En la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos relacionados con los tres primeros parámetros.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 22. Características de la identidad de las grasas (estearinas) obtenidas de cinco variedades de mango

Variedad	Índice de yodo (% yodo absorbido)	Índice de saponificación (mg KOH/g de grasa)	Punto de fusión (°C)
Manila	32.9±0.00c,b	201.3±0.35e	37.5±0.75g,h
Ataulfo	25.2±0.94 <sup>a</sup>	200.3±0.23e	38.4±0.55h
Haden	34.4±0.50c	194.5±0.38c,d	36.4±0.39f,g
Kent	31.5±0.19b	196.5±0.06d,e	34.7±0.10e
Keitt	33.9±0.46b,c	182.9±0.03 <sup>a</sup>	35.4±0.11e,f
Manteca de Cacao	36.5±4.5c	194±6.0c	33.5±1.5e

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

El índice de yodo, es una de las principales características de las grasas y los aceites, ya que se usa para conocer el grado de insaturación, antes de efectuar su hidrogenación. En la literatura se reportan valores de 32 a 41 (% yodo absorbido) de grasa para manteca de cacao, mientras que en las estearinas de todas las variedades de mango se encontraron en ese mismo intervalo. Las estearinas procedentes del mango 'Manila', 'Haden' y 'Keitt' no presentaron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) respecto a la manteca de cacao, mientras que la variedad 'Ataulfo' presentó un valor ligeramente inferior. En trabajos de Álvarez (2004) se reportaron valores de 27-34 % yodo absorbido estos valores son ligeramente inferiores a los reportados en este estudio, marcando mayor cantidad de triglicéridos insaturados en las muestras de esta investigación.

Los resultados del índice de yodo indican que la grasa es rica en triglicéridos insaturados ya que lo que se titula con tiosulfato de sodio es el yodo libre en solución, es decir el yodo que no se fija a los triglicéridos por lo que al obtener los valores de 25 a 34 en las cinco variedades, indica que las grasas tienen triglicéridos insaturados que fijaron una gran cantidad de halógeno dejando poco yodo liberado.

En el caso del índice de saponificación, el cual representa el peso molecular promedio de los ácidos grasos en una relación inversa, se encontró que sólo la estearina 'Haden' fue similar a la manteca de cacao, pero las estearinas de todas las variedades presentaron valores entre 182-201 mg KOH/g de grasa, lo cual es muy parecido a lo reportado para la manteca de cacao que va de 188 a 200 mg KOH/g de grasa. Esto indicó que el peso molecular promedio de las grasas obtenidas fue menor que la manteca de cacao, lo que se refleja con los valores altos de este índice y mejor aún que se asemeja a



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

los valores para manteca de cacao reportados por Baliga y Shitole., 1981; Nacional de Chocolates, 2004.

En el caso de los puntos de fusión de las estearinas de las variedades 'Keitt' y 'Kent' fueron los que no presentaron diferencia significativamente ( $p \geq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao. Además, los resultados obtenidos fueron similares a lo reportado por Nacional de Chocolates, 2004 para la manteca de cacao (32-35°C). Este parámetro es muy importante para su posible uso como sustituto de manteca de cacao. Las estearinas de las variedades 'Manila', 'Ataulfo' y 'Haden' presentaron puntos de fusión superiores, esto se debe a que la composición y concentración de los ácidos grasos presentes las cuales difieren a las de la manteca de cacao.

Baliga y Lakshminarayana (1981, 1983), con aceites obtenidos de otras variedades de mango, coinciden con los puntos de fusión reportados en el presente trabajo con ligeras modificaciones, lo que indica que el punto de fusión depende de la variedad de mango de la que proceda.

Como parte del estudio de identidad de las grasas y aceites obtenidos, se realizó un estudio del perfil de ácidos grasos y se comparó con la manteca de cacao. Los resultados obtenidos por cromatografía de gases del perfil de ácidos grasos realizado por cromatografía de gases se muestran en la Tabla 23 (Anexo 1, ver cromatogramas).

**Tabla 23. Composición de ácidos grasos de las grasas (estearinas) obtenida de cinco variedades de mango y de manteca de cacao**

Ácido Graso	Palmítico (16:0) (%)	Estearico (18:0) (%)	Oleico (18:1) (%)	Linoléico (18:2) (%)	Linolénico (18:3) (%)	Araquídico (20:0) (%)
<b>Manila</b>	8.5±0.01c	53.4±0.02j	31.9±0.01b	2.8±0.05d	0.4±0.02c	2.6±0.01g
<b>Ataulfo</b>	9.3±0.02d	52.6±0.02i	32.5±0.02b,c	2±0.01a	ND	2.9±0.02h
<b>Haden</b>	10.6±0.04e	49.7±0.01f	35.9±0.03d	2.6±0.01c	ND	1.7±0.04e
<b>Kent</b>	10.7±0.04g	51.0±0.04g	33.5±0.02c	2.6±0.02c	0.2±0.04b	1.7±0.05e
<b>Keitt</b>	9.3±0d	52.1±0h	33.5±0.01c	2.5±0b	0.1±0b	2.2±0.04f
<b>Manteca de cacao</b>	26.5±3.5e	34.5±2.5c	33.5±3.5b	3±1b	ND	2.5±1.5c

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada fila difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ). ND= No Detectado



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Del perfil de ácidos grasos se conoció, el tipo y la cantidad de ácidos grasos presentes en las grasas y aceites de las cinco variedades de mango, y se estableció si esta composición era la requerida para que estos aceites y grasas fueran utilizados como sustitutos para la manteca de cacao en la elaboración de rellenos y coberturas de chocolate.

Los ácidos grasos que se identificó en mayor proporción en la fracción de estearinas fueron: el esteárico (18:0) y el oleico (18:1) para las cinco variedades, lo cual fue similar a la manteca de cacao. Sin embargo, el porcentaje de ácido esteárico resultó mayor comparado con el de la manteca de cacao. Los valores presentaron diferencia significativa con respecto a la manteca de cacao utilizada ( $p \leq 0.05$ ).

Se observó diferencia significativa en todas las variedades de mango para el caso del ácido palmítico, el cual se encontró por debajo del porcentaje encontrado para la manteca de cacao en un 60% aproximadamente. El ácido oleico presentó valores semejantes a los valores reportados para la manteca de cacao (30 a 37%) no encontrándose diferencia significativa con respecto a las variedades 'Manila' y 'Ataulfo'; además se observó diferencia para el caso del ácido palmítico, el cual se encontró por debajo del porcentaje encontrado para la manteca de cacao en un 60% aproximadamente. Esto concuerda con trabajos realizados por Álvarez (2004) donde reporta porcentajes similares en el contenido de ácido esteárico (44 a 53%) y ácido oleico (25 a 33%).

En lo referente a los ácidos grasos linoléico y araquídico (18:2 y 20:0 respectivamente) los porcentajes fueron muy semejantes a lo reportado para la manteca de cacao, siendo la variedad 'Keitt' igual a la manteca de cacao con respecto al ácido linoléico. Las demás variedades tanto en ácido linoléico y araquídico variaron significativamente ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao utilizada, no se encontró ácido linoléico en las variedades 'Ataulfo' y 'Haden' siendo iguales a la manteca de cacao utilizada y a lo reportado en la literatura, pero no así para 'Manila' 'Kent' y 'Keitt' las cuales si presentaron ácido linoléico. En trabajos elaborados por Álvarez (2004) se encontraron valores similares para los ácidos grasos palmítico, oleico, linoléico y araquídico, no así para el ácido esteárico, que se encontró un poco fuera del intervalo reportado.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio de esta investigación no se tenía contemplada la utilización de las oleínas, sin embargo, posteriormente se planteó realizar una caracterización física, fisicoquímica y química para establecer sus semejanzas con la manteca de cacao y su posible uso como sustituto. En la Tabla 24 se muestran los resultados obtenidos relacionados con los tres primeros parámetros.

**Tabla 24. Características de la identidad de las oleínas obtenidas de cinco variedades de mango**

Variedad	Índice de Yodo (% yodo absorbido)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de grasa)	Punto Fusión (°C)
Manila	32.9±0.1b,c	200.7±0.3e	21.4±0.33d
Ataulfo	31.6±0.5b	190.4±0.3b,c	10±0.51a
Haden	32.4±0.2b,c	185.5±0.2a,b	15.4±0.33c
Kent	33.4±0.4b,c	191.2±0.06c,d	12.3±0.29b
Keitt	32.6±0.3b,c	196.3±0.07d,e	21.3±0.29d
<b>Manteca de Cacao</b>	<b>36.5±5c</b>	<b>194±6c</b>	<b>33.5±1.5e</b>

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

El índice de yodo de los aceites de todas las variedades se encontraron en el intervalo de 32 a 41 (% yodo absorbido), pero las que no variaron significativamente respecto a la manteca de cacao fueron 'Manila', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt', la variedad 'Ataulfo' registró un valor significativamente ligeramente inferior.

En el caso del índice de saponificación, se observó que las variedades 'Ataulfo' y 'Kent' no variaron significativamente ( $p \geq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao pero todas las variedades presentaron valores entre 185-200 mg KOH/g de grasa, muy similar a lo reportado bibliográficamente para la manteca de cacao que va de (188 a 200 mg KOH/g de grasa). Esto indicó un comportamiento similar a las estearinas y se asemeja con los valores para manteca de cacao reportados por Baliga y Shitole. (1981) y en Nacional de Chocolates (2004).

En el caso de los puntos de fusión de los aceites de todas las variedades son diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a la manteca de cacao; esto se debe a que esta fracción es un aceite, de comportamiento diferente a las grasas y debido a la presencia y ausencia de ciertos ácidos grasos, lo que se muestra en la Tabla 25, esto le proporciona características diferentes a los aceites y se ve reflejado en el punto de fusión. Los resultados obtenidos del perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases se muestran en la Tabla 25 (Anexo 1, ver cromatogramas).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 25. Composición de ácidos grasos de las oleínas obtenidas de cinco variedades de mango y de manteca de cacao

Ácido Graso	Palmítico (16:0) (%)	Estearico (18:0) (%)	Oleico (18:1) (%)	Linoléico (18:2) (%)	Linolénico (18:3) (%)	Araquídico (20:0) (%)
<b>Manila</b>	14.4±0.01i	19.3±0.00b	ND	12.7±0.03h	1.6±0g	0.7±0a
<b>Ataulfo</b>	10.6±0.03f	19.5±0.01c	50.8±0.17e	12.1±0.00f	1.6±0g	1.5±0.05d
<b>Haden</b>	12.4±0.01h	19.3±0.04a	ND	12.5±0.00g	1.03±0.04f	1±0.01b
<b>Kent</b>	6.5±0a	21.4±0.01d	ND	8.1±0.02e	0.5±0.02d	1.5±0.02d
<b>Keitt</b>	8.3±0.02b	22.1±0.01e	58.6±0.03f	8±0.02e	0.6±0.02e	1.1±0.01c
<b>Manteca de cacao</b>	26.5±3.50e	34.5±2.50c	33.5±3.50b	3±1b	ND	2.5±1.50c

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada fila difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ). ND = No Detectado

El ácido graso que se encontró en mayor proporción fue el estearico (18:0) para las cinco variedades, similar con lo ocurrido con la manteca de cacao y con las grasas (estearinas), sólo que para el caso de los aceites (oleínas) fue inferior al intervalo de composición para el ácido estearico, de acuerdo a lo reportado para la manteca de cacao (32 a 37%), todos los valores presentaron variaron significativamente con respecto a la manteca de cacao ( $p \leq 0.05$ ), a excepción de la oleína 'Ataulfo'; en cuanto al ácido oleico, los valores no se asemejan a los valores reportados de la manteca de cacao (30 a 37 %), pero con los datos obtenidos se observó que las variedades 'Manila', 'Haden' y 'Kent' no presentaron ácido oleico, pero 'Ataulfo' y 'Keitt' lo contienen en grandes cantidades; además se observó también diferencia para el caso del ácido palmítico, el cual se encontró por debajo del intervalo reportado para la manteca de cacao (23 a 30 %) resaltando así que el contenido de ácido palmítico de las oleínas es mayor al contenido de este en las estearinas, afirmando estadísticamente que todas las variedades difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao.

En lo que se refiere al ácido graso linoléico (18:2) los porcentajes obtenidos de este son mayores con respecto a la manteca de cacao reportados en la literatura (2 a 4 %) y en ácido araquídico (20:0) los porcentajes son muy semejantes a lo reportado (1 a 4%) siendo la variedad 'Keitt' significativamente igual a la manteca de cacao; mientras que las demás variedades tanto en ácido linoléico y araquídico variaron significativamente



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao. Se encontró ácido linolénico en todas las variedades.

### 4.6.2 Parámetros de la calidad de las grasas y aceites

En el caso de las características relacionadas con el deterioro de las grasas y aceites, se evaluaron los parámetros de acidez, índice de peróxidos e índice de Kreis. El aceite (estearina) obtenido de la variedad 'Haden', presentó una mayor acidez, que los obtenidos a partir de las otras variedades (Tabla 26), esto indicó un problema básicamente de un mal almacenamiento, el índice de acidez indica el daño de ácidos grasos libres, además está relacionado con el grado de rancidez por almacenamiento, calor, etcétera.

**Tabla 26. Parámetros de calidad de las grasas (estearinas) obtenidas de almendras de cinco variedades de mango**

Variedad	Acidez (mg KOH/g de grasa)	Índice de acidez (% ácido oleico)	Peróxidos (meq de peróxido/kg de muestra)	Índice de Kreis (abs a 545nm/g de grasa)
Manila	0.02±0.01b	0.01±0.00a	ND	0.08±0.00a
Ataulfo	0.01±0.00a	0.00±0.00a	ND	0.09±0.00a
Haden	0.23±0.00d	0.38±0.20b	ND	0.35±0.37 <sup>a</sup>
Kent	0.01±0.00a	0.00±0.00a	ND	0.19±0.00a
Keitt	0.01±0.00a	0.00±0.00a	0.27±0.25a	0.06±0.25 <sup>a</sup>
<b>Manteca de Cacao</b>	0.9±0.10c	0.42±0.17b	ND	ND

Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ). ND= no detectado.

En el caso de la manteca de cacao que se utiliza en confitería deberá presentar una acidez menor de 0.8 a 1 % y no presentar formación de peróxidos y por lo tanto, un índice de Kreis negativo; pero se debe de tomar en cuenta que los peróxidos no son responsables directos del olor y sabor del aceite o grasa. El conocer su concentración es útil para establecer el grado de avance de la descomposición (Nacional de Chocolates, 2004).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de peróxidos como índice de oxidación es muy relativa ya que estos productos son intermediarios de una secuencia de reacciones conducentes a la formación de compuestos estructuralmente diferentes con carbonilos e hidroxilos. El método de índice de peróxidos está limitado a las primeras etapas de oxidación de la grasa. Si los peróxidos no se encuentran presentes y se requiere de datos sobre el estado del producto, se recomienda hacer pruebas de productos secundarios de oxidación, como por ejemplo malonaldehídos (índice de Kreis).

Trabajos de Baliga y Shitole. (1981) obtuvieron valores de deterioro diferentes a los obtenidos en el presente trabajo; en ese estudio se obtuvieron valores nulos de peróxidos, valores de 0.25 a 0.6 de acidez (expresado como mg de KOH/g de grasa) y no reportaron valores de índice de Kreis.

En el presente trabajo las cinco variedades estudiadas presentaron valores de Kreis positivos pero significativamente no hay una diferencia con los valores de la manteca de cacao utilizada; sin embargo, para estudios posteriores se propone realizar un estudio de estabilidad de los aceites con un control estricto y cuidadoso del manejo y las condiciones de almacenamiento. Esto permitirá conocer la vida útil y permitirá establecer las diferencias en el comportamiento de las diferentes variedades.

En la Tabla 27 se muestran los parámetros de calidad de las oleínas de las cinco variedades de mango.

**Tabla 27. Parámetros de calidad a los aceites (oleínas) obtenidos de almendras de cinco variedades de mango.**

Variedad	Acidez (mg KOH/g de grasa)	Índice de acidez (% ácido oleíco)	Peróxidos (meq de peróxido/kg de muestra)	Índice de Kreis (abs a 545nm/g de grasa)
<b>Manila</b>	0.02±0.00b	0.02±0.00a	0.26±0.28a	0.07±0.00a
<b>Ataulfo</b>	0.06±0.00c	ND	0.30±0.08a	0.13±0.01a
<b>Haden</b>	0.02±0.00ab	0.01±0.00a	0.32±0.24a	0.05±0.00a
<b>Kent</b>	0.02±0.00ab	0.01±0.00a	0.19±0.08a	0.09±0.00a
<b>Keitt</b>	0.01±0.00a	ND	0.26±0.03a	0.08±0.00a
<b>Manteca de Cacao</b>	0.9±0.10c	0.42±0.17b	0±0a	0±0a

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ). ND= no detectado.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Con respecto al índice de acidez de las oleínas se observó diferencia significativa entre ellas y la manteca de cacao ( $p \leq 0.05$ ). Los valores se encontraron desde 0.01 a 0.06 mg de KOH/g de grasa de acidez, los cuales se encuentran por debajo de lo reportado en la literatura (0.25 a 0.6 mg KOH/g).

En el caso de las oleínas existe la presencia de peróxidos en niveles más altos que las estearinas debido a que, como ya se mencionó anteriormente no se tenía contemplado la utilización de éstas, por lo que su almacenamiento no se hizo con el mismo cuidado que para las estearinas; sin embargo, no existe diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre ellas.

Las oleínas de las cinco variedades de mango, presentan índice de Kreis lo que indicó deterioro en los aceites, aun así no presentaron diferencia significativa con la manteca de cacao.

### 4.7 Propuesta de diferentes mezclas para sustitutos de manteca de cacao

A partir de la composición obtenida de ácidos grasos de las grasas (estearinas) y aceites (oleínas) se realizó un balance de materia con el fin de que los porcentajes de los ácidos grasos llegarán a ser similares a los contenidos por la manteca de cacao; como resultado de esto, se obtuvieron ocho mezclas, en donde a ninguna de ellas se le agregó la estearina y la oleína de la variedad 'Keitt', ya que presentó una alta sensibilidad al deterioro y en su composición de ácidos grasos, en la oleína hubo un alto porcentaje de ácido oleico, al igual que la variedad 'Ataulfo', el cual no era deseado para los sustitutos, su porcentaje de ácido palmítico no alcanzó el requerimiento para su combinación con otras variedades ni con su propia estearina debido a que ésta también presentó un bajo porcentaje bajo en este ácido; resultó un factor de influencia externo la no disponibilidad de esta variedad de mango debido a que no era temporada.

La elección de las diferentes mezclas de los sustitutos se hizo con los siguientes criterios: Similitud en contenido de ácido palmítico y ácido oleico de las grasas y aceites de mango con la manteca de cacao debido a que estos ácidos proporcionan las características a la manteca de cacao. El ácido esteárico no fue tomado en cuenta, ya que siempre rebasó el intervalo en todos los aceites y las grasas de las variedades de mango. Todas las mezclas propuestas se encontraron en el intervalo reportado (23-30%) en



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

cuanto a los ácidos linoléico, linolénico y araquídico al ser poco su contenido en la manteca de cacao y en los sustitutos no generan una importancia relevante.

Debido al alto rendimiento en la extracción de la grasa 'Haden' (estearina) se propuso emplearlo como sustituto y así ver su efecto en los rellenos y las coberturas de chocolate y además de que su contenido de los ácidos oleico, linoléico y linolénico es muy similar al de la manteca de cacao.

Para realizar las mezclas de los sustitutos de diferentes variedades fue necesario un nuevo fraccionamiento para poder obtener así el sustituto. Este proceso se sustentó en un método para conseguir un sustituto a base de aceite de palma y aceite de mango los cuales se mezclan y se fraccionan de la misma forma que la obtención de estearinas y oleinas (Correa, 2002).

En cuanto a los sustitutos Aceite 'Haden' y Aceite 'Manila' se utilizaron los aceites obtenidos de la extracción (sonicación).

A estos sustitutos se les realizó cromatografía de gases para corroborar lo propuesto; los resultados se muestra en la Tabla 28.

**Tabla 28. Composición de los ácidos grasos de ocho tipos de sustitutos de la manteca de cacao.**

Ácido graso	Palmítico (16:0)	Estearico (18:0)	Oleico (18:1)	Linoléico (18:2)	Linolénico (18:3)	Araquídico (20:0)
<b>Aceite Haden</b>	14.86±0.01e	37.94±0d	47.04±0.01g	ND	0.04±0.03a	0.01±0.01a
<b>Aceite Manila</b>	15.45±0.02f	19.55±0.02b	47.55±0.03h	17.03±0.03e	0.24±0.01b	ND
<b>Oleína Haden – Estearina Ataulfo</b>	13.04±0.02d	29.22±0.02c	24.84±0.01b	0.04±0.01b	ND	ND
<b>Oleína Haden – Estearina Kent</b>	9.72±0.02b	3.46±0.02a	21.16±0.03a	8.05±0.00d	8.13±0.02d	8.64±0.03d
<b>Oleína Haden – Estearina Manila</b>	10.53±0.03c	45.44±0e	33.03±0.01d	ND	6.45±0.03c	4.54±0.03c
<b>Oleína Manila - Estearina Ataulfo</b>	ND	52.29±0.88h	39.87±0.01f	ND	ND	0.04±0.01a
<b>Oleína Manila – Estearina Kent</b>	10.67±0.16c	56.42±0.02g	32.82±0.02c	ND	ND	ND
<b>Estearina Haden</b>	10.55±0.04a	49.67±0.01b	35.57±0.01b	2.57±0.01a	ND	1.62±0.03a
<b>Manteca de Cacao</b>	26.50±3.50d	34.50±2.50a	33.50±3.50a,b	3.00±1 a	ND	2.50±1.50a,b

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Los aceites y las grasas de las variedades 'Manila' y 'Haden' presentaron un alto porcentaje de ácido palmítico. Por lo tanto, su contenido de este ácido aseguraba su presencia en los sustitutos, por ello se tomó tanto el aceite como la grasa de 'Haden' y 'Manila'.

Como ya se mencionó anteriormente, las oleínas de las variedades 'Manila' y 'Haden' fueron las que contienen un mayor porcentaje de ácido palmítico lo que determinó su uso como la base de las mezclas con las estearinas del resto de las variedades. Los sustitutos empleados fueron:

Aceite Haden (S1)

Aceite Manila (S2)

Oleína Haden – Estearina Ataulfo (S3)

Oleína Haden – Estearina Kent (S4)

Oleína Haden – Estearina Manila (S5)

Oleína Manila – Estearina Ataulfo (S6)

Oleína Manila – Estearina Kent (S7)

Estearina Haden (S8)

Estos sustitutos se emplearon para la elaboración tanto de coberturas como para rellenos de chocolate.

**NOTA:** La nomenclatura antes descrita se utilizó en el resto de la investigación y se reportó en todas las tablas y figuras de resultados.

### 4.8 Pruebas físicas de la cobertura y relleno de chocolate

En la industria de la fabricación de chocolate se emplean una gran variedad de técnicas analíticas, las cuales se llevan a cabo para conocer la calidad tanto de los ingredientes como del producto final, en esta investigación se realizaron dos de ellas, el atemperado del chocolate y el punto de fusión.

#### Atemperado del chocolate

Este es el proceso por el que precristaliza una pequeña cantidad de la grasa del chocolate, de modo que los cristales forman un núcleo, que facilita que la grasa solidifique rápidamente de la forma correcta. Por tal razón el motivo de esta prueba fue mostrar que un chocolate precristalizado solidifica de un modo diferente que un chocolate sin atemperar.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba se realizó tanto al relleno como a la cobertura de chocolate con los sustitutos y sin ellos. Los resultados obtenidos para el relleno se muestran en la Tabla 29.

**Tabla 29. Atemperado de los rellenos de chocolate**

Relleno	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
<b>Sustituto S1</b>	2.25±0.25 <sup>b,c</sup>	22.43±0.40 <sup>c,d</sup>
<b>Sustituto S2</b>	1.58±0.001 <sup>a,b</sup>	22.16±0.28 <sup>c</sup>
<b>Sustituto S3</b>	3.18±0.27 <sup>d</sup>	15.46±0.45 <sup>a</sup>
<b>Sustituto S4</b>	1.58±0.001 <sup>a,b</sup>	23.13±0.32 <sup>d</sup>
<b>Sustituto S5</b>	2.16±0.28 <sup>a,b,c</sup>	21±0 <sup>b</sup>
<b>Sustituto S6</b>	1.72±0.23 <sup>a,b,c</sup>	21.16±0.28 <sup>b</sup>
<b>Sustituto S7</b>	1.58±0.001 <sup>a,b</sup>	22.16±0.28 <sup>c</sup>
<b>Sustituto S8</b>	2.36±0.32 <sup>c</sup>	22.16±0.28 <sup>c</sup>
<b>Manteca de Cacao (MC)</b>	1.46±0.45 <sup>a</sup>	23.16±0.28 <sup>d</sup>

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

Dado que el relleno de chocolate es un semisólido, el tiempo y la temperatura no son del momento de solidificación, ya que este nunca sucede, por ello estos parámetros se obtuvieron en el momento en el cual el relleno no podía fluir. Los rellenos con sustituto S2, S4, S5, S6 y S7 no presentaron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ), con respecto al relleno elaborado sólo con manteca de cacao, esto con respecto al tiempo que tarda en bajar la temperatura hasta el momento en el cual ya no se permite la fluidez, mientras que la temperatura en la que ya no fluye el relleno de manteca de cacao es similar al relleno aceite Haden (S1) y oleína Haden – estearina Kent (S4).

Con base en lo antes dicho, el mejor sustituto empleado en los rellenos fue el S1 y S4, ya que éstos se asemejan en gran medida al relleno elaborado con la manteca de cacao ( $p \leq 0.05$ ); pero por otro lado, el que presentó mejores condiciones para un posible manejo a nivel industrial, superando incluso a la manteca de cacao, es el sustituto S3 (O. Haden – E. Ataulfo), puesto que para llegar a un punto en el que ya no fluya debe de estar a una temperatura de aproximadamente 15 °C, lo cual a nivel industrial sería bueno ya que se puede manejar este relleno a temperatura ambiente y no sería necesario subir su temperatura para que fluya adecuadamente.

Con respecto a lo que concierne a las coberturas de chocolate el comportamiento que se presentó difiere, como se muestra en la Tabla 30.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 30. Atemperado de las coberturas de chocolate**

<b>Cobertura</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
	7.35±0.12f	25.16±0.28c
<b>Sustituto S1</b>		
<b>Sustituto S2</b>	2.42±0.11b	22.16±0.28a
<b>Sustituto S3</b>	10.36±0.11h	26.16±0.28d
<b>Sustituto S4</b>	4.40±0.10d	26.36±0.32d
<b>Sustituto S5</b>	5.40±0.10e	25.26±0.25c
<b>Sustituto S6</b>	3.18±0.27c	22.16±0.28a
<b>Sustituto S7</b>	1.33±0.15a	22.36±0.32a
<b>Sustituto S8</b>	8.38±0.10g	25.16±0.28c
<b>Manteca de Cacao (MC)</b>	5.16±0.28e	24.16±0.28b

Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

En la Tabla 30 se puede observar que ninguna de las coberturas en temperatura presentó similitud con la manteca de cacao, mientras que en tiempo sólo la cobertura con sustituto S5 no presentó diferencia significativa con la manteca de cacao.

Para el caso de las coberturas lo conveniente es que solidifique a una temperatura alta en el menor tiempo posible cumpliendo con esto solamente la cobertura con el sustituto S7, la cual solidificó en un tiempo menor, aunque su temperatura no fue muy alta, mientras que las coberturas con sustituto S1, S3, S4, S5 y S8 presentaron temperaturas de solidificación altas, pero no así tiempos bajos ya que tardaron más en solidificar, concluyendo con esto que el mejor sustituto empleado en las coberturas de chocolate resultó ser el sustituto S5 ya que presentó un tiempo similar de solidificación y una temperatura mayor a la de la manteca de cacao.

### Punto de fusión

Tanto el tipo de chocolate como sus ingredientes ejercen influencia en la resistencia al calor y el punto de fusión del producto terminado. El derretimiento del chocolate es importante para la sensación bucal y el sabor que éste producirá al ser ingerido. En el chocolate, los compuestos grasos constituyen la fase continua en la cual el resto de ingredientes están contenidos. Por consiguiente, las características de derretimiento de la grasa utilizada son importantes en la estabilidad del chocolate en los climas tropicales. Es por ello que el proveedor de chocolates debe ser capaz de brindar la



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

información necesaria acerca del punto de fusión y del contenido de grasa sólida del producto respecto a un intervalo de temperaturas dado.

El punto de fusión debe hallarse cercano a los 36°C o ligeramente por encima de este valor, para asegurarse de que el producto se derrita en la boca. Si es muy alto, se producirá una sensación cerosa en la boca sin lograrse una completa fundición. En contraste, si éste es muy bajo el producto puede mostrarse inestable durante el almacenamiento. Esto se debe a que las grasas se derriten dentro de un intervalo de temperaturas, y por lo tanto a cualquier temperatura que se halle por debajo del punto de fusión, la grasa se presentará parcialmente en forma sólida y líquida. Por tales razones se llevó a cabo la medición del punto de fusión de nuestros productos y en la Tabla 31 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 31. Punto de fusión de las coberturas de chocolate**

<b>Cobertura</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>Sustituto S1</b>	36.93±0.15c,d
<b>Sustituto S2</b>	36.53±0.15b,c
<b>Sustituto S3</b>	35.76±0.55a,b
<b>Sustituto S4</b>	35.36±0.15a
<b>Sustituto S5</b>	36.96±0.15c,d
<b>Sustituto S6</b>	36.56±0.20b,c
<b>Sustituto S7</b>	37.40±0.10d
<b>Sustituto S8</b>	36.66±0.57c,d
<b>Manteca de cacao (MC)</b>	36.83±0.15c,d

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

Como se puede observar en la Tabla 31 los sustitutos S1, S2, S5, S6, S7 y S8 no difieren significativamente ( $p \geq 0.05$ ) con respecto a la manteca de cacao teniendo puntos de fusión de alrededor de 36°C mientras que S4 y S3 presentaron puntos de fusión por debajo de la manteca de cacao, lo que quiere decir que pueden ser productos inestables en la etapa de almacenamiento.

### Separación de la manteca de cacao

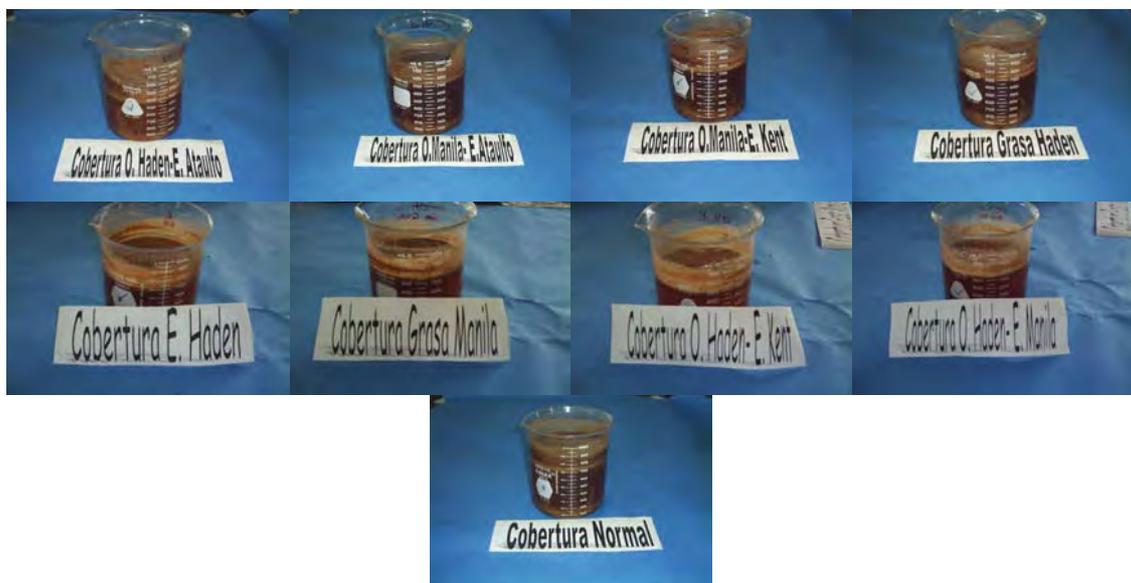
Otro parámetro importante para evaluar en la separación de la manteca de cacao del chocolate para mostrar el efecto de la lecitina como emulgente en un sistema de grasa en agua. La grasa es la fase continua y si se mantienen glóbulos grandes mientras se



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

funde, se formará la capa de grasa. Si se agita intensamente, la grasa formará pequeñas gotas que pueden ser recubiertas por la lecitina. Estas quedan en el agua como una emulsión. Esta es una evaluación cualitativa, ya que simplemente se observa si existe o no una separación de la manteca de cacao según el proceso mencionado en la metodología experimental.

Cabe mencionar que la prueba se realizó tanto a coberturas como a rellenos de chocolate con sustituto y sin sustituto mostrándose los resultados en la Figura 19.

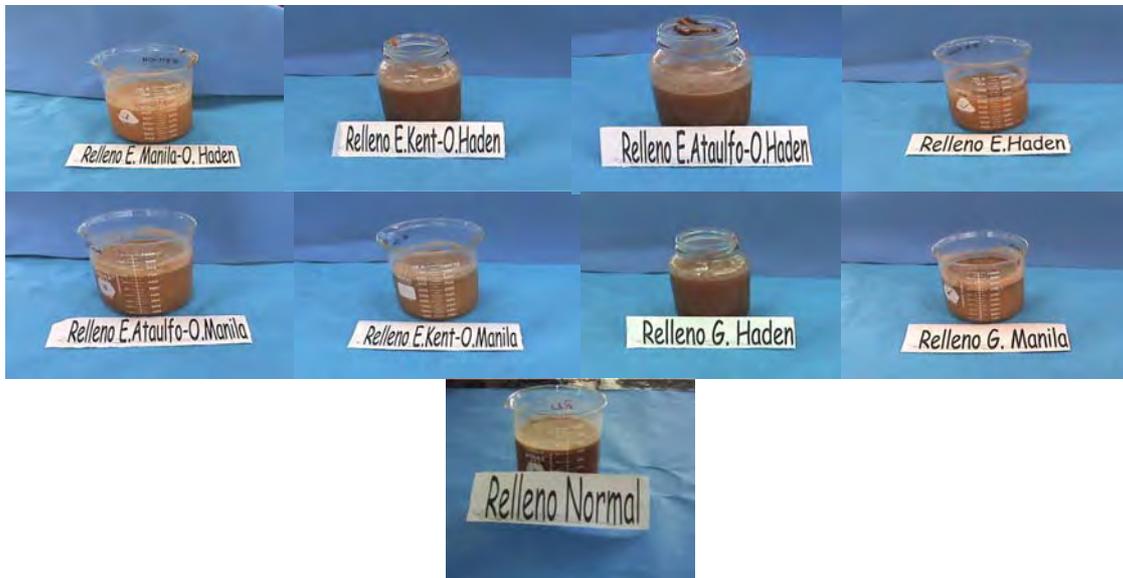


**Figura 19. Separación de manteca de cacao de las coberturas de chocolate**

Al disolver las coberturas de chocolate rayadas en agua caliente la mayoría de los sólidos que lo componen no se disuelven, después de las 12 horas de reposo más el tiempo de enfriamiento (aproximadamente 2 horas), en las coberturas no se pudo percibir una separación de la manteca de cacao lo cual nos mostró que la prueba realizada en estos casos es negativa, lo que indicó que la emulsión del chocolate fue estable y a largo plazo no permitirá una separación de fases. A pesar del resultado obtenido se decidió dejar otro reposo de 24 horas con el fin de lograr ver la separación, pero aun así no la hubo, lo que confirma un alto grado de estabilidad de las coberturas.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Figura 20. Separación de la manteca de cacao de los rellenos de chocolate**

Al disolver los rellenos de chocolate en agua caliente (Figura 20) la mayoría de los sólidos se disuelven, después de las 12 horas de reposo más el tiempo de enfriamiento (aproximadamente 2 horas), en los rellenos no se pudo percibir una separación de la manteca de cacao, lo cual nos mostró que la prueba realizada en estos casos es negativa, lo que indicó que la emulsión del chocolate fue estable y a largo plazo no permite una separación de fases. Al igual que las coberturas, se decidió dejar otro reposo de 24 horas con el fin de lograr ver la separación y, en este caso, a diferencia de las coberturas, si hubo una separación de la manteca de cacao, aproximadamente del 1 al 2% lo cual se consideró como no significativo, por lo que los rellenos también presentaron una emulsión estable.

### **Análisis Microbiológicos**

Al elaborar un producto es necesario mantener un control estricto en su elaboración así como en la manipulación de las materias primas y el producto final. Se realizó un análisis microbiológico del producto para determinar la inocuidad del mismo. De acuerdo a la Norma Mexicana (NOM-186-SSA1/SCFI-2002) para productos de chocolate la determinación de coliformes totales es una de las principales pruebas que indica problemas de mala higiene durante el proceso y/o manipulación de los productos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

En todas las muestras de chocolate, tanto rellenos como las coberturas, no se detectó la presencia de coliformes totales, por lo que los productos elaborados cumplieron con las especificaciones de la norma mostrando que tanto el manejo como el proceso de las materias primas y de los productos terminados y se llevaron a cabo con buenas practicas de manufactura

### 4.9 Pruebas organolépticas de la cobertura y el relleno de chocolate

Se llevó a cabo el análisis sensorial de los rellenos y coberturas de chocolate evaluando las características que permitirán la identificación de algunos atributos del producto como textura, sabor, color, aroma que pudieran ser modificados al utilizar los diferentes tipos de sustitutos de manteca de cacao. Además es importante la aceptabilidad del consumidor (Carpenter *et al.*, 2000).

Como se mencionó anteriormente la evaluación consistió en señalar ciertos atributos para cada uno de los productos, como los relacionados con la textura arenosidad, adhesividad; el sabor de este tipo de productos estuvo relacionado con el amargor y el aroma enfocado a la percepción al aroma a cacao y el color relacionado con la brillantez. Por último, la aceptabilidad general del producto se evaluó para cada uno. Cada atributo se ecaluó por medio de una escala hedónica presentada en el apartado de metodología experimental.

Respecto a la evaluación sensorial realizada a los rellenos (Tabla 32) no se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre los parámetros de arenosidad, fluidez y amargor, mientras que en aroma y brillantez los rellenos con sustituto que difieren significativamente son: S4 y S3 respectivamente.

Referente a la aceptabilidad general por parte de los panelistas, todos los rellenos propuestos presentaron una evaluación cercana a 4 (me gusta ligeramente) presentando una calificación similar al relleno sin sustituto. Los rellenos S5 y S8 presentaron una evaluación de “me gusta ligeramente”, diferencia significativa respecto al producto sin sustituto.

En la Tabla 32 se muestran los valores obtenidos para cada atributo, los rellenos que presentaron mayor similitud al relleno sin sustituto son S1, S2 y S7, sin embargo, los rellenos S7 y S1 son las mejores propuestas puesto que el relleno elaborado con el sustituto S7 presentó los atributos de sabor, color, aroma y textura similares a los del



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

producto sin sustituto. Por otro lado, con lo que respecta al sustituto S1 los resultados obtenidos en el atemperado son muy similares al producto sin sustituto.

**Tabla 32. Análisis sensorial de los rellenos de chocolate**

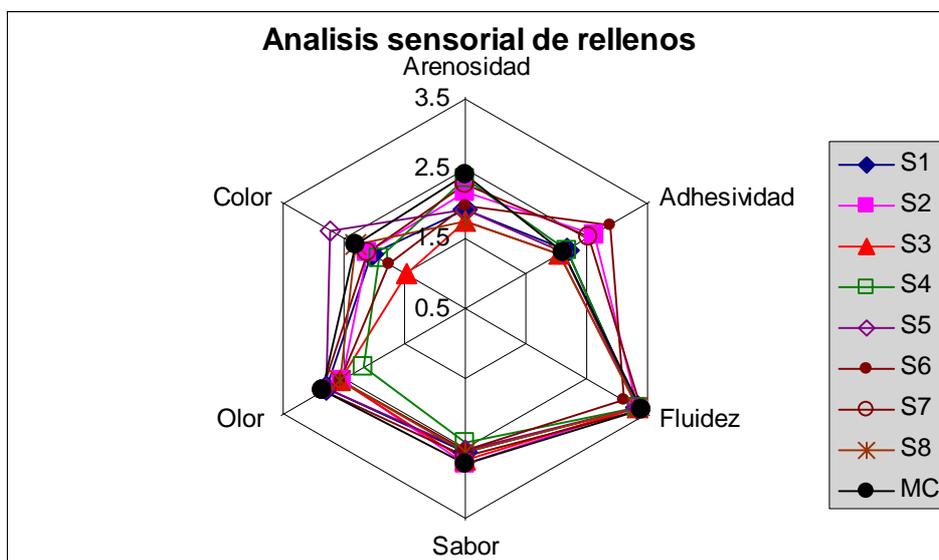
Atributos	Textura			Sabor	Olor	Color	Aceptabilidad
	Arenosidad	Adhesividad	Fluidez	Amargor	Aroma	Brillantez	
<b>Sustituto S1</b>	1.9±0.97a	2.15±0.75a	3.3±1.17a	2.55±0.83a	2.75±0.55b	2±0.73a,b	3.4±0.99a,b
<b>Sustituto S2</b>	2.15±0.93a	2.6±1.05a,b	3.3±1.22a	2.7±1.03a	2.5±0.61a,b	2.1±0.91b	3.75±1.16a,b,c
<b>Sustituto S3</b>	1.75±0.64a	2±0.86a	3.3±1.17a	2.65±0.93a	2.55±0.89a,b	1.45±0.69a	3.25±0.79a,b
<b>Sustituto S4</b>	2.35±1.27a	2.15±1.04a	3.3±1.17a	2.4±1.19a	2.15±0.75a	1.9±0.79a,b	3.8±1.06a,b,c
<b>Sustituto S5</b>	1.9±0.72a	2.1±0.64a	3.3±1.17a	2.5±0.76a	2.75±0.79b	2.7±0.57c	3.1±0.97a
<b>Sustituto S6</b>	1.95±1.1a	2.85±1.09b	3.1±1.25a	2.5±1a	2.55±0.94a,b	1.75±0.72a,b	3.4±0.88a,b
<b>Sustituto S7</b>	2.25±1.02a	2.5±1.1a,b	3.35±1.35a	2.6±0.99a	2.8±0.89b	2.1±1.12b	4.2±1.2c
<b>Sustituto S8</b>	1.75±0.72a	2±0.73a	3.3±1.17a	2.55±0.89a	2.55±1a,b	2.3±0.8b,c	3.1±0.79a
<b>Manteca de Cacao (MC)</b>	2.4±1.35a	2.1±0.91a	3.35±1.09a	2.7±1.13a	2.9±0.91b	2.3±1.03b,c	3.85±1.09b,c

Los valores representan la media ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

En la Figura 21 Se muestran los resultados del análisis sensorial de los rellenos de chocolate.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Figura 21. Análisis sensorial de los rellenos de chocolate**

La Figura 21 muestra cada uno de los parámetros evaluados en el análisis sensorial, se puede observar que todos los rellenos tanto con sustituto como con manteca de cacao coinciden en el punto de la fluidez y al sabor, siendo mínima la diferencia entre sus puntos. En cuanto a los parámetros de arenosidad, adhesividad y color los puntos de las curvas se presentaron en diferentes posiciones, lo que indica que en estos parámetros sí hay una diferencia entre cada relleno perceptible al consumidor. A pesar de ello, como se pudo notar en la Tabla 32, ninguno de los parámetros evaluados a los rellenos con sustitutos indicó que las características que presentaban estos fueran desagradables.

Respecto a la evaluación hecha a las coberturas (Tabla 33) se puede observar que no existe diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los parámetros de adhesividad, amargor y aroma pero en arenosidad, brillantez y aceptabilidad hay mayor diferencia entre las coberturas. En el atributo de textura solo el sustituto S1 mostró una diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) con respecto a la cobertura de manteca de cacao. En cuanto a la brillantez, los sustitutos S6 y S1 son las coberturas que no se asemejaron a la cobertura de manteca de cacao, se puede observar que el sustituto de S1 no coincide con el control (manteca de cacao) en dos parámetros, por lo cual se descartó como sustituto de cobertura de chocolate, puesto que muestra un cambio en las características organolépticas, mientras que en aceptabilidad se muestra que un mayor número de coberturas son las que



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la cobertura de manteca de cacao, estas son los sustitutos S2, S4, S5, S7 y S8.

Como se observó en las coberturas, se encontró diferencia en los diferentes atributos con respecto a la cobertura sin sustituto. Para seleccionar el sustituto que afectara menos a los atributos se tomó al mejor, esto con base en la cobertura que no presentó ninguna diferencia en los atributos con respecto a la manteca de cacao. En este caso sólo una de las coberturas no mostró diferencias con respecto a la cobertura sin sustituto y esta fue la elaborada con el sustituto S3; por este motivo, este sustituto se consideró la mejor opción para las coberturas, ya que no provocó cambios en las características sensoriales del producto, lo que ayudaría a que el consumidor acepte el producto.

**Tabla 33. Análisis sensorial de las coberturas de chocolate**

Atributos	Textura		Sabor	Olor	Color	
	Arenosidad	Adhesividad	Amargor	Aroma	Brillantez	Aceptabilidad
Sustituto S1	2.25+/- .85a	2+/- .73a	2.05+/- .89b	2.65+/- .81a	1.25+/- .44a	3.55+/- 1.05c,d
Sustituto S2	2.6+/- 1.05a,b	2.35+/- 1.18a	1.9+/- 1.02a,b	2.8+/- .77 <sup>a</sup>	1.55+/- .76a,b,c	3.05+/- .89a,b,c
Sustituto S3	3.2+/- .89b,c	2.05+/- .89a	1.7+/- 1.08a,b	2.8+/- .52a	1.85+/- 1.04a,b,c	3.4+/- .75b,c,d
Sustituto S4	3.25+/- 1.16b,c	1.95+/- .83a	1.3+/- .57a	2.55+/- .51a	2.05+/- 1.05b,c	4.65+/- .67a
Sustituto S5	3.05+/- .89b,c	2.1+/- .79a	1.35+/- .75a	2.8+/- .52a	2.1+/- 1.07b,c	4.6+/- .5a
Sustituto S6	2.6+/- 1.23a,b	2.55+/- 1.23a	1.8+/- .83a,b	2.65+/- .75a	1.5+/- .76a,b	3.3+/- 1.03b,c,d
Sustituto S7	3.55+/- 1c	2+/- .86a	1.75+/- .85a,b	2.5+/- .69a	2.15+/- .93b,c	4.9+/- .55a,b
Sustituto S8	2.65+/- 1.27a,b	2.1+/- 1.07a	2.1+/- 1.07b	2.35+/- .67a	1.8+/- 1.11a,b,c	4.95+/- .76a,b
Manteca de Cacao (MC)	3.1+/- 1.02b,c	2+/- .92a	1.75+/- .85a,b	2.55+/- .94a	2.2+/- 1.11c	3.8+/- .89d

Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada columna difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

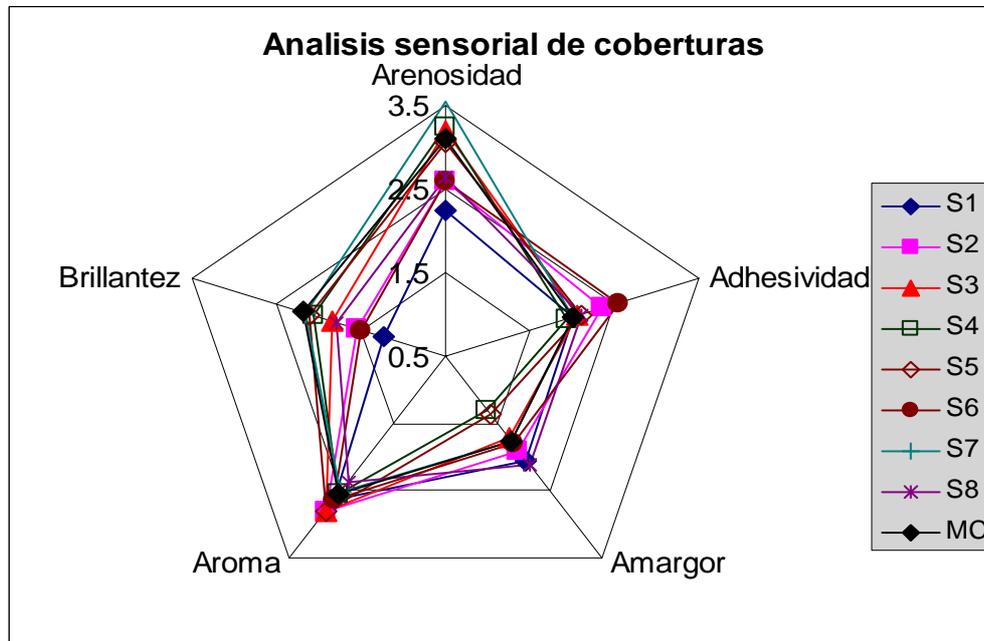


Figura 22. Análisis sensorial de las coberturas de chocolate

Como se puede observar en la Figura 22 las coberturas no coinciden en la mayoría de los puntos, lo que demuestra lo ya descrito anteriormente, que las coberturas con sustituto presentaron diferencias significativas con respecto a la cobertura de manteca de cacao, también cabe destacar que, a diferencia de los rellenos, las coberturas con sustituto no se asemejan entre ellas, teniendo como resultado que cada tipo de sustituto le ofrece diferentes características sensoriales al chocolate. A pesar de esto, las coberturas no presentaron sabor desagradable o características sensoriales no comunes para los chocolates, lo que es aceptado por el consumidor.

### 4.10 Viscosidad del relleno y la cobertura de chocolate con y sin sustituto

Otro de los parámetros físicos importantes para los rellenos y cobertura de chocolate fue la viscosidad. El chocolate, en forma de relleno o cobertura, es una suspensión de partículas de azúcar, cacao y /o, si es el caso, de sólidos de leche en una fase grasa continua.

El comportamiento del fluido, puede ser afectado por la concentración de sólidos, tamaño, forma y la carga de las partículas. La adición de pequeñas cantidades de partículas de forma esférica en la fase continua, únicamente causa ligeros incrementos en



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

la viscosidad. Por tal motivo, se evaluó la viscosidad aparente de los rellenos y coberturas utilizando los diferentes sustitutos y el elaborado únicamente con manteca de cacao.

Este análisis no se realizó a todas las muestras, solamente a las que presentaron mayor similitud en cuanto a la temperatura de atemperado, punto de fusión y mayor aceptabilidad en el análisis sensorial a las elaboradas con manteca de cacao. Para el caso de coberturas las muestras evaluadas fueron: S3 y S5.

En la Figura 23 se muestra los cambios en la viscosidad aparente en las muestras de cobertura de chocolate.

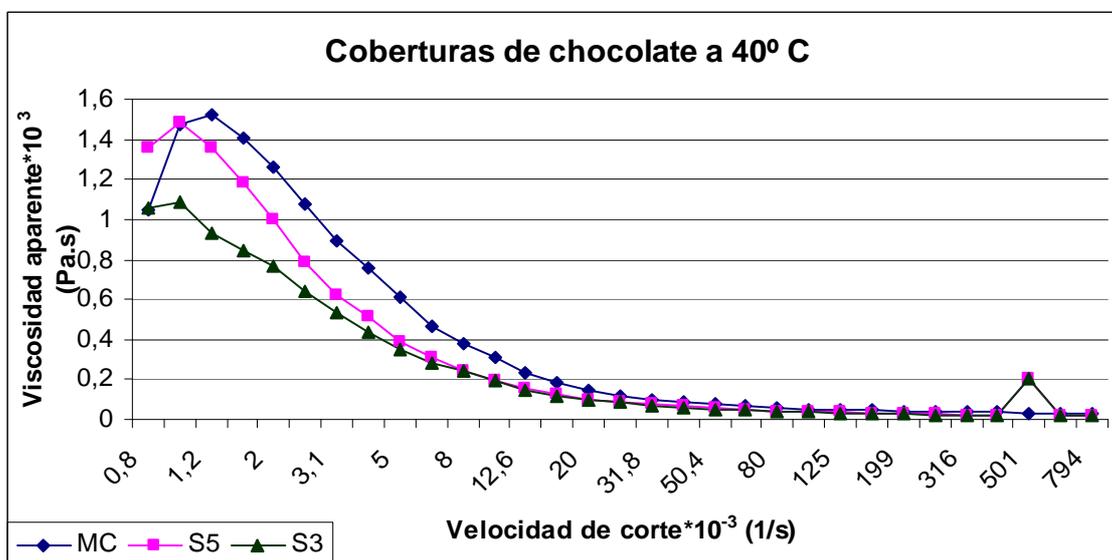


Figura 23. Viscosidad aparente de las coberturas de chocolate a 40° C

Como se observa en la Figura 23 la tendencia de las curvas presentó un fluido de comportamiento plástico. Este comportamiento concuerda con lo reportado en trabajos de Gijón y Rodríguez (2003) los cuales mencionan que el chocolate, en general, presenta un comportamiento plástico como lo encontrado en el presente trabajo.

La determinación de viscosidad aparente se llevó a cabo a una temperatura de 40° C, ya que a temperatura ambiente las coberturas se encuentran en estado sólido, por lo que fue necesario derretirlas. Es notable que las tres curvas presentaron la misma tendencia; aun así la curva que representó la cobertura con sustituto S5 se encontró por debajo de la elaborada con manteca de cacao, lo que indicó una menor viscosidad, es decir mayor fluidez; mientras que la curva del sustituto S3 se mostró por debajo del sustituto S5 y el elaborado con manteca de cacao, es decir, es mucho más fluido que las



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

otras dos muestras. Cabe mencionar que presentaron esto al inicio de la evaluación; pero aproximadamente a la mitad disminuyen su distancia entre muestra y muestra; esto corrobora la similitud entre estas coberturas (S3 y S5) y la elaborada con manteca de cacao, lo cual sugiere que estos sustitutos (S3 y S5) son los más cercanos al comportamiento de la manteca de cacao y pueden ser utilizados sin ningún problema a nivel industrial. Es evidente el comportamiento de las coberturas de chocolate, las cuales, según las curvas, al aumentar la velocidad de corte disminuyen su viscosidad aparente, es decir, a mayor velocidad de corte la viscosidad aparente es menor, también podemos notar que se muestra un esfuerzo umbral al inicio de la valoración lo que sigue demostrando su comportamiento plástico.

En la Figura 24 se muestra la viscosidad aparente de los rellenos de chocolate. En el caso de los rellenos los empleados fueron S1 y S4.

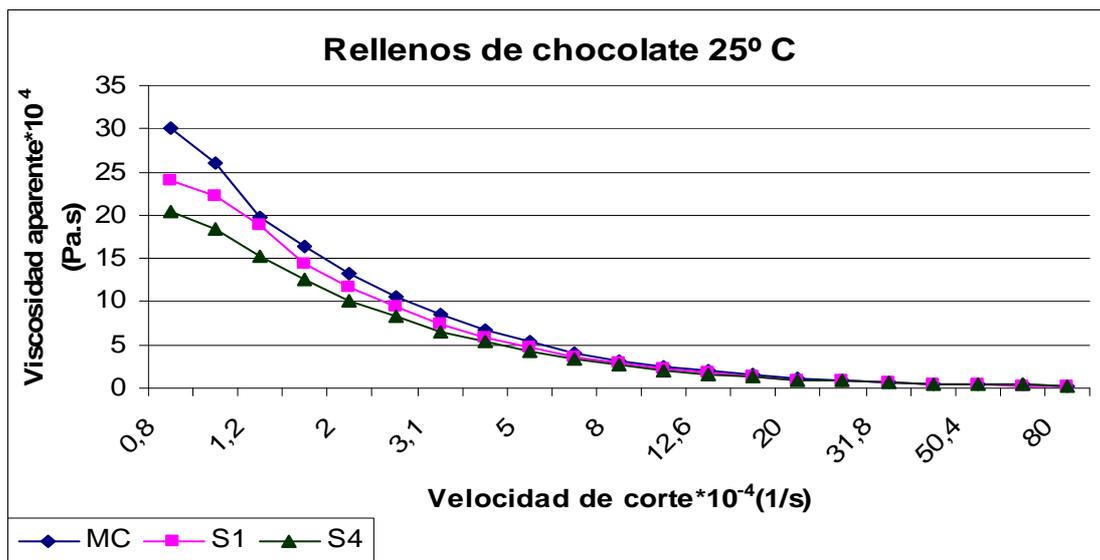


Figura 24. Viscosidad aparente de los rellenos de chocolate a 25° C

Al igual que en las coberturas, los rellenos presentaron un comportamiento de fluencia plástico. Se puede observar en la Figura 24 que el comportamiento de los rellenos elaborados con los sustitutos presentaron un comportamiento similar al relleno sin sustituto; así como en el caso de las coberturas, los rellenos elaborados con sustituto presentan valores inferiores de viscosidad en comparación con el elaborado con manteca de cacao, a pesar de ello la distancia entre las curvas no es significativa; los puntos en las curvas son aun más cercanos que en el caso de las coberturas. También es notable que el esfuerzo umbral mostrado en los rellenos disminuye; esto puede deberse a que estos



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

no requieren un aumento de temperatura para fluir, debido a que son semisólidos; aún así, la tendencia de las curvas es la misma, al aumentar la velocidad de corte disminuye la viscosidad aparente, es decir, a mayor velocidad de corte menor viscosidad. Esto indicó que el uso de los diferentes sustitutos no afectó la fluencia de los productos. Cabe mencionar que los sustitutos elegidos (S1 y S4) por su similitud en cuanto a temperatura de atemperado y análisis sensorial presentaron también un comportamiento similar en la viscosidad aparente con respecto a la manteca de cacao.

Es importante señalar que la viscosidad aparente es de gran importancia a nivel industrial debido a que cambia con diferentes razones de corte y temperatura, por lo tanto, debe ser reportado como el valor de una razón de corte y temperatura dadas, ya que al cambiar alguna condición en la composición o en el manejo del chocolate este presenta cambios en su comportamiento que se pueden reflejar en complicaciones económicas o de manejo industrial.



# V. CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

---

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- ✦ Los subproductos generados a partir del mango representan una oportunidad tecnológica para el aprovechamiento integral a nivel industrial. Una oportunidad tecnológica representa la obtención de harinas a partir de la semilla de diferentes variedades de mangos producidos en México para su utilización como fuente de aceites y grasas para el uso en la industria alimentaria.
- ✦ La obtención de diferentes subproductos a partir de los residuos materiales que se generan en los procesos industriales, como es el caso de las harinas obtenidas a partir de las semillas de mango de las cuales se extrajo el aceite el cual fue utilizado en esta investigación.
- ✦ El método de sonicación utilizado en la extracción de los aceites presentó mejores rendimientos en el proceso, por lo que resultaría con mayores ventajas para su uso a nivel industrial. Este método presentó una capacidad de extracción del 50-80% de aceite de las semillas de mango. Además de presentar las siguientes ventajas: proceso eficiente, menor tiempo de extracción y menor cantidad de solvente utilizado.
- ✦ Los aceites obtenidos de las diferentes variedades de mango presentaron características físicas adecuadas para su uso en alimentos, ya que presentan un color amarillo y un aroma almendrado.
- ✦ El análisis identidad que se efectuó a los diferentes aceites proporcionó los datos necesarios para establecer que los aceites y grasas extraídos son aptos para su utilización como sustituto de manteca de cacao. En el caso de índice de yodo e índice de saponificación, todos los aceites y grasas se encontraron dentro del rango de la manteca de cacao; mientras que en el punto de fusión solo las grasas estaban dentro del mismo y los aceites presentaron puntos de fusión por debajo del rango. Sin embargo, los aceites pueden combinarse para su utilización.
- ✦ Los parámetros de calidad que se evaluaron en grasas y aceites fueron acidez, peróxidos e índice de Kreis. Las grasas no presentaron un alto grado de deterioro, mientras que en el caso



## CONCLUSIONES

---

de los aceites presentaron valores ligeramente altos en comparación con las grasas, esto debido a que son más susceptibles al deterioro.

- ✎ A partir del perfil de ácidos grasos obtenido por cromatografía de gases de los aceites y grasas de las diferentes variedades de mango se obtuvo como resultado los ácidos grasos presentes y sus concentraciones, y con ello se determinó si las grasas y aceites cumplían con el perfil de ácidos grasos requerido para su utilización como sustituto de manteca de cacao o si era necesaria la combinación entre ellas. Es importante señalar que los ácidos grasos que más destacaron en todas las variedades fueron el oleico y esteárico, tanto en las oleínas como en las estearina. Las grasas fueron deficientes en ácido palmítico, mientras que en las oleínas se encontró un porcentaje más alto lo que permitió utilizarlos para elevar la concentración de este ácido graso en los sustitutos.
- ✎ Los rellenos y coberturas elaborados con los sustitutos obtenidos presentaron pequeñas diferencias en sus atributos sensoriales, con respecto a las elaboradas con manteca de cacao. Su sabor, color y aroma eran agradables al paladar del consumidor; en la textura no se detectó gran diferencia entre los chocolates lo que demuestra que los sustitutos empleados son efectivos en su empleo en la elaboración de coberturas y rellenos.
- ✎ Las pruebas físicas realizadas a las coberturas y rellenos de chocolate fueron atemperado, punto de fusión y separación de la fase lipídica. El atemperado de ambos productos presentó diferentes tiempos y temperaturas debido a la influencia de los sustitutos empleados; el punto de fusión solo se evaluó a las coberturas de chocolate, dando como resultado valores similares a los reportados bibliográficamente. En cuanto a separación de la fase lipídica esta no sucedió para ninguno de los dos productos lo que indica una buena estabilidad en las coberturas y rellenos de chocolate.
- ✎ Al ser evaluada la viscosidad aparente en rellenos y coberturas se pudo apreciar en mayor medida el efecto de los sustitutos presentes en la formulación de los chocolates y como estos afectaron el comportamiento de los mismos. Este parámetro solo se determinó a los rellenos y coberturas que se asemejaron en las pruebas físicas y sensoriales a los elaborados con manteca de cacao que fueron en aceite 'Haden' y oleína Haden – estearina Kent para rellenos



## CONCLUSIONES

---

y en coberturas oleína Haden – estearina Ataulfo y oleína Haden – estearina Manila. La viscosidad aparente es importante debido a que por medio de esta se puede conocer en que circunstancias las sustancias fluyen y en que condiciones; esto a nivel industrial para el chocolate es muy importante, ya que con ello nos indicaría el tipo de fluido con el que se trabaja, de que manera debe manejarse y en que condiciones. Por lo que se recomienda una investigación más extensa caracterizando el tipo de fluido evaluado en todos los sustitutos aplicados en rellenos y coberturas de chocolate.

- Los rellenos y coberturas que presentaron las mejores características fueron: oleína Haden - estearina Ataulfo y oleína Haden - estearina Manila en las coberturas y en los rellenos fueron: relleno oleína Haden - estearina Kent y aceite Haden. Estos sustitutos pueden aplicarse a nivel industrial sin ninguna dificultad dado que tienen una considerable semejanza con los productos elaborados con manteca de cacao; esto es un factor importante debido a que no generan problemas en un proceso industrial ni son percibidos por el paladar del consumidor.



# VI. RECOMENDACIONES



## RECOMENDACIONES

---

En base a los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Las harinas obtenidas a partir de las almendras de mango de sus cinco variedades pueden ser empleadas para diversos usos ya antes mencionados; por ello se propone un análisis más profundo de los compuestos presentes, como son los fenoles y el almidón y su efecto en sus posibles usos.
- Realizar un estudio a fondo de los ácidos grasos presentes en las oleínas además de su influencia sobre el comportamiento del aceite y con ello proponer otros posibles usos para estas fracciones.
- Los sustitutos empleados influyen en las características sensoriales, características físicas y el comportamiento que muestran las coberturas y rellenos de chocolate; en esta investigación se evaluó la influencia de los sustitutos; pero es necesario profundizar más en estos aspectos debido a que son importantes para el consumidor y su posible aplicación a nivel industrial.
- El análisis sensorial realizado a los rellenos y coberturas de chocolate fue hecho por panelistas no entrenados; se recomienda realizar un estudio sensorial con panelistas entrenados que proporcionen datos más precisos sobre los atributos organolépticos de los chocolates.
- Las coberturas y rellenos de chocolate se sometieron a un estudio de viscosidad aparente para determinar la influencia del sustituto en su comportamiento. Se propone realizar una caracterización reológica que permita establecer en que puntos específicos la presencia de los sustitutos afectan el comportamiento de las coberturas y rellenos de chocolate.



# VII. REFERENCIAS



## REFERENCIAS

1. Aguirre, M. C.; Fernández, V. B. (1999). El cultivo del mango. Disponible en: <[www.infofrut.com.ar/temas%20y%20nota%20tecnicas-36.html](http://www.infofrut.com.ar/temas%20y%20nota%20tecnicas-36.html)>
2. Álvarez, C. F. (2004). *Obtención, caracterización y optimización del proceso de extracción del aceite de la semilla de mango*. Tesis Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México D. F.
3. Anónimo. (1972). Realidad del Concaje. Carle Montanari Noticias, *Milán* **2**. 4-11
4. Anónimo. (1973). Equipos de dopaje y mezclado. Carle Montanari Noticias, *Milán* **3**. 8-13
5. Anónimo. (1986). Informe técnico sobre el análisis del cacao en Tabasco y Chiapas. *Procter and Gamble Co.* 2-24
6. AOAC (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Horwitz, W. Washington
7. Arogba, S. S. (1997). Physical, Chemical and Functional Properties of Nigerian Mango (*Mangifera indica*) kernel and its Processed Flour. *J. Sci. Food Agric*, **73**, 321-328
8. Arogba, S. S. (1999). The performance of processed mango (*Mangifera indica* L.) kernel flour in a model food system. *Bioresorce Technology* **70** (3), 277-281
9. Arogba, S. S. (2001). Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica* L.) kernel flour. *Journal of food Enginnering* **48** (2), 121-125
10. Baliga, B. P., Shitole, A. D. (1981). Cocoa butter substitutes from mango fat. *JACOS*, **58**, 110-114.
11. Beckett, S. T. (1994). *Fabricación y utilización Industrial del chocolate*. Editorial Acribia, Zaragoza, 159-176 y 265-287.
12. Beckett, S. T. (2000). *La ciencia del chocolate*. Acribia, Zaragoza pp. 201.
13. Bedifu, G. I. O.; Ilochi, J. C.; Dutse, J. V.; Akpapunam, N. A. (2001). Use of mango mesocarp flúor to enrinch the provitamin A contenido f a complementary food blend of maize and soy bean flours for porridge". *Food and Nutrition Bull.* **21** (3), 316-322.
14. Bringi NV (1999). *Non-Traditional Oilseeds and Oils in India*. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd. New Delhi, India, 73-95.
15. Bringi, N. V.; Padley, F. B. (1977). Food fat. US Patent **US4060646**.
16. Bringi, N. V.; Padley, F. B. (1980). *Method for preparing mango kernel fat composition for use in confectionary*. Indian Patent IN147375.
17. Campbell, L. B. y Pavlasek, S. J. (1987). Dairy products as ingredients in chocolate and confections. *Food Technology*, **10**, 78-85.



## REFERENCIAS

18. Carpenter R.P., Lyon D. H y Hasddell T. A. (2000). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Acribia, S.A. España. pp. 33.
19. Cerpa Chávez, M. (2004). "Extracción de productos naturales mediante fluidos supercríticos: Fundamentos y Posibilidades de uso en el Perú". Disponible en: <[www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchad/2296/Extracción.html](http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchad/2296/Extracción.html)>
20. Colombianos en el exterior. (2006) Disponible en: <[www.colombianosenelexterior.com/investigacionesunad3.asp](http://www.colombianosenelexterior.com/investigacionesunad3.asp)>
21. Corporación Colombiana Internacional (2002). Base de datos de producción colombiana. Disponible en: <[www.cci.org.co/informacion/mango/mangotecno.htm](http://www.cci.org.co/informacion/mango/mangotecno.htm)>
22. Correa Domínguez, S.V. (2002). *Estudio de Inteligencia Tecnológica para el uso integral del Mango*. Tesis Licenciatura, UNAM, FES Cuautitlán, Edo. de México.
23. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2000). Directiva 2000/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de junio de 2000 relativa a los productos de cacao y de chocolate destinados a la alimentación humana. 3.8. 19-25.
24. Elegbede, J. A.; Achoba, I.; Richard, H. (1996). Nutrient composition of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel form Nigeria. *Journal of Food Biochemistry* **19** (5) 391-398.
25. EMEX. (2005). Empacadoras de mango de exportación. Disponible en: <[www.mangoemex.com/EMEX.html](http://www.mangoemex.com/EMEX.html)>
26. FAO. (2005). Food and agricultural organization. Base de datos de producción mundial y comercio internacional de mango. Disponible en: <<http://faostat.fao.org/faostat>>
27. Furuse, K.; Taguchi, K.; Murabayashi, S.; Yamaoka, Y. (1997). Hair/Scalp cosmetic comprising seed kernel oil extracted from seed of mango of Anacardiaceous plant as active ingredient and restoration of damaged hair. Japanese Patent JP9208435.
28. Gates, C. G.; Powell, A. D. (1996). Bioavailability of carbohydrate material stored in tropical fruit seeds. *Food Chemistry* **56** (4), 405-414.
29. Gijón, A. I.; Rodríguez, S. M. (2003). *Criterios a condicionar en el Establecimiento de una Planta Procesadora de Confituras*. Tesis Licenciatura, UNAM, FES Cuautitlán, Edo. de México.
30. Gunnerald, J. (1987). *La fabricación del chocolate*. Karlshamns. Suecia 8. 1-5
31. Infoagro (2002). El cultivo de mango. Disponible en: <[www.infoagro.com/frutas/frutas-tropicales/mango.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas-tropicales/mango.htm)>



## REFERENCIAS

32. Jeffery, M. S. (1993). Key functional properties of subrose en chocolate and sugar confectionery. *Food Technology*, **1**. 141-144.
33. Johnson, G. I.; Cooke, A. W.; Mead, A. J.; Well, I. A. (1991). Stem and rot of mango in Australia, causes and control. *Acta Horticulturae* **291**, 288-295.
34. Johnston, I. F. (1981). Food from non-edible fruit by-products and method for production. US Patent US4267196.
35. Katrodia, J.S. (1979). Study tissue in mango: causes and control measures. *Acta Horticulturae* **231**, 814-826.
36. Kira, R. S. (1991). *Pearson's Composition and Analysis of Foods*. Ed. Longman Scientific & Technical. USA.420-445.
37. Lakshminarayana G, Chandrasekhara Rao, Ramalingaswamy PA (1983). *Varietal Variations in Content, Characteristics and Composition of Mango Seeds and Fat*. *JAOCS*, **60**, 88-89
38. Liendo, Rigel. 2004. Manteca de cacao. Revista Digital CENIAP HOY N° 5, mayo-agosto 2004, Maracay, Aragua, Venezuela. UR: <[www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n5/arti/rliendo.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n5/arti/rliendo.htm)>
39. Miller, G.L.(1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*,**31**(31),426-428
40. Minifie, B. W. (1980). *Chocolate cocoa and confectionery, science and technology*. 2ª edición. Copyright by AVI Publishing Company, inc. Westport Connecticut. 3-18 y 135-142
41. Minifie, B. W. (1982). *Chocolate, cocoa and confectionery, science and technology*. 2a edición AVI Publishing Company, inc., Westport Connecticut. 105-115
42. Mitra, S. K., Baldwin, E. A. (1997). *Mango in Post harvest Physiology and Storage of tropical and Subtropical fruits*. Cab International. USA. p.p. 85-120
43. Moharib, S. A.; El Sayed, S. T.; Jwanny, E. W. (2000). Evaluation of enzymes produced yeast. *Nahrung* **44** (1), 47-51.
44. Morton, J. (1987). Mango *Mangifera indica* L. En: Morton, J., *Fruits of warm climates*. Miami FL. Disponible en: <[http://hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango\\_ars.html](http://hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html)>
45. Nacional de Chocolates (2004). Disponible en: <[www.chocolates.com.co/pi\\_boletin\\_04.htm](http://www.chocolates.com.co/pi_boletin_04.htm)>
46. Núñez S., A. J.; Paez B., E.; Amaro G., D., D.; Acosta E., J.; Agüero A., J.; Capote H., R.; Garciga H., M. R.; Morales L., I. G.; Garcí P., O.; Garrido G., G.; Martínez S., G.; Morales, M. (2000). *Compositions obtained from Mangifera indica*. L. PCT International Patent Application **WO0038699A1**.



## REFERENCIAS

---

47. Othón s. R., Serna S. (1996). *Química, almacenamiento e industrialización de los cereales*. México AGT. Editor S.A. p.p. 60.
48. Pairaud, D. J.; Musso, S.; Bouvron, N.F. C.; Pages, X., P. X. J. M. (1982). Method of preparing a cocoa butter substitute. US Patent US4348423.
49. Quratulain, A.; Zafar B. (1996). Study of macro and micro nutrients in mango seed kernels. *Science International* **8** (1) 37-38.
50. Raie, M. Y.; Mahmood, L.; Mahmood, H.; Raie, R. (1994). Studies on Fajri mango Stone kernels oil. *Science International* **6** (2), 169-171.
51. Sakhawat, A.; Zia-ur, R.; Kahn, A. D.; Shan, F. H. (1992). Utilization of mango waste in poultry feed. *Pakistan J. Scientific and Industrial Research* **35** (9), 360-361
52. Servicio de Información Agropecuaria de Ecuador. (2004). Base de datos de producción. Disponible en: [www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/mango/iica.html#PRODUCCION](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/mango/iica.html#PRODUCCION)
53. SIAP / SAGARPA. (2005). Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Análisis de estacionalidad de la producción y precios en el mercado de productos hortofrutícolas y frijol. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Agricola/estacionalidad/perennes/mango.pdf>
54. Sifuentes O. (2000). "La producción de frutales y el comportamiento del mercado de trabajo en Nayarit. Estudio del caso sobre el mercado de trabajo de mango". En: Barrón P., A.; Sifuentes O., L., E.; Hernández T., J., M. En: Universidad Autónoma de Nayarit. Disponible en: [www.ceddi.uan.mx/Virtual/libros/CAP7.htm](http://www.ceddi.uan.mx/Virtual/libros/CAP7.htm)
55. SSA. (2002). Norma Oficial Mexicana 186. Disponible en: [www.salud.gob.mx/unidades/cedi/nom/186ssa12html](http://www.salud.gob.mx/unidades/cedi/nom/186ssa12html)
56. Tosihide, K.; Hdjime, N.; Mehumi, A. shigeko, U.; Yoshiharu, K.; Shun'ichi, D. (2000). Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. *Food chemistry*. **71**, 61-66.
57. Universidad de Toronto (2006). Unltrasonics. Disponible en: [www.chem.utoronto.cva/coursenotes/CHM416/extraction.pdf](http://www.chem.utoronto.cva/coursenotes/CHM416/extraction.pdf)
58. Variclean (2006). Ultrasonics Theory. Disponible en: [www.variclean.nl/theory.html](http://www.variclean.nl/theory.html)



## REFERENCIAS

---

59. Variety of tropical mango named "Ed Mitchell". (1990). US7141P.
60. Vinatory, M.; Toma, M.; Radu, O.; Filip, P. I.; Lazurca, D.; Masson, T. J. (1997). The use of ultrasound for the extraction of Bioactive principles from plant materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, **4**, 135-139
61. Wikipedia. (2004). Chocolate. Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/chocolate>>
62. Yuen, C. M. C.; Ton, S. C.; Joyce, D.; Chettri, P. (1993). Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. *ASEAN Food Journal* **8**, 110-113
63. Zarazúa A y Ponce P. (2004) "Situación y Perspectivas del Mango en México. El Caso de los Productos Convenientes. Artículo del Centro de investigaciones económicas, sociales y económicas de la agroindustrias mundial" (CIESTAAM) Chapingo. Disponible en: <[www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencias/Mesa%20I/Cartel/Situaci%F3n%20y%20perspectivas%20del%20mango....pdf](http://www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencias/Mesa%20I/Cartel/Situaci%F3n%20y%20perspectivas%20del%20mango....pdf)>
64. Zia-ur, R.; Sakhawat, A.; Kahn, A. D.; Shah, F. H. (1994). Utilization of fruit and vegetables wastes in layeris diet. *Journal of Science Food and Agriculture*. **65** (4), 381-383



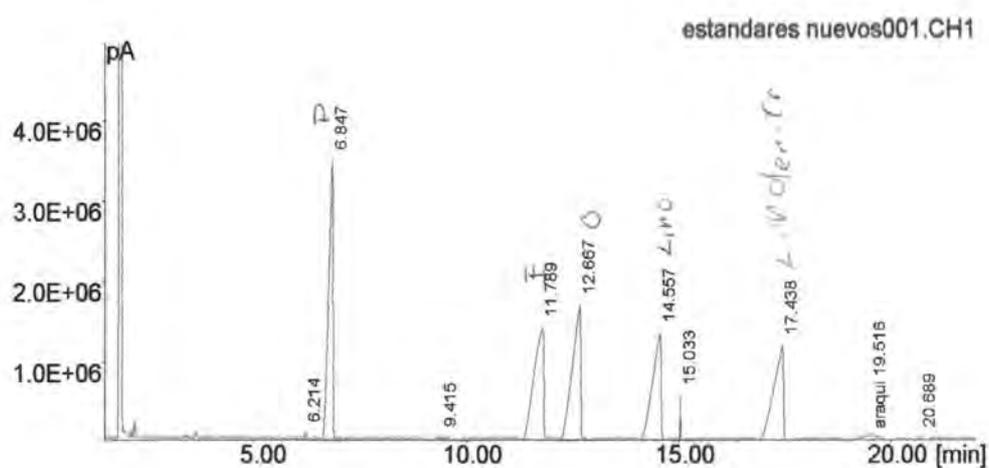
# VIII. ANEXOS



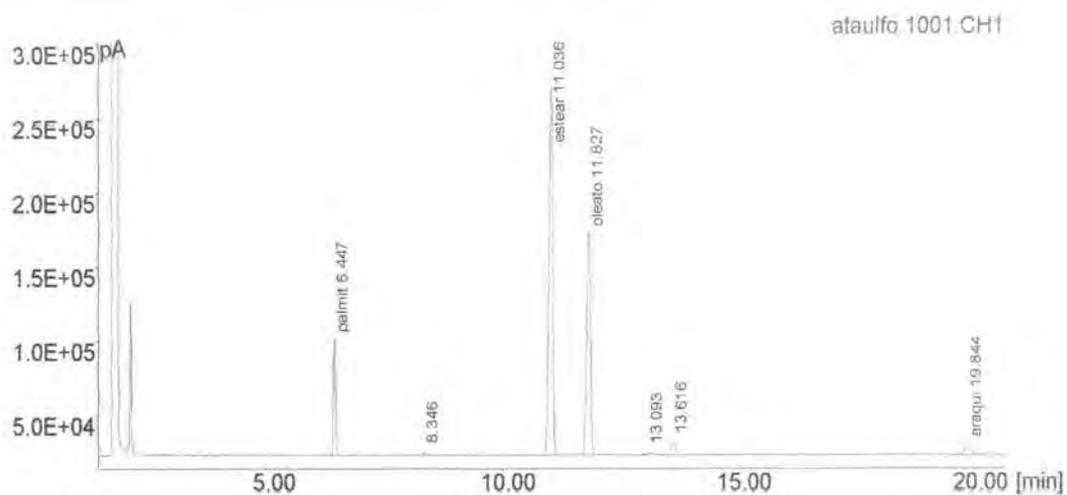
## ANEXOS

### ANEXO 1. Cromatogramas de los ácidos grasos presentes en las estearinas y oleinas de la semilla de hueso de mango y estándares.

#### Cromatograma de estándares.



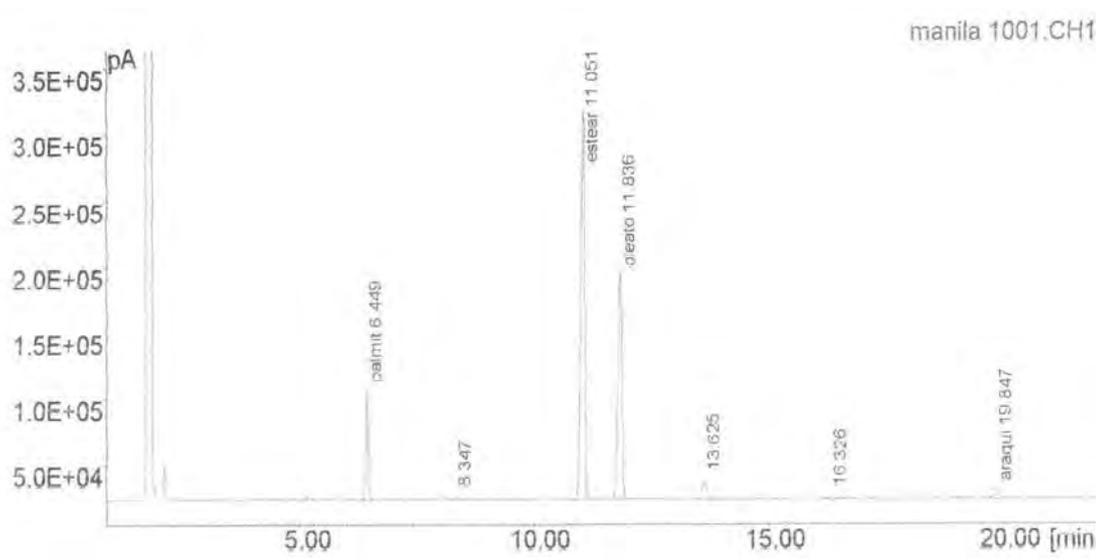
#### Cromatograma de la estearina 'Ataulfo'.



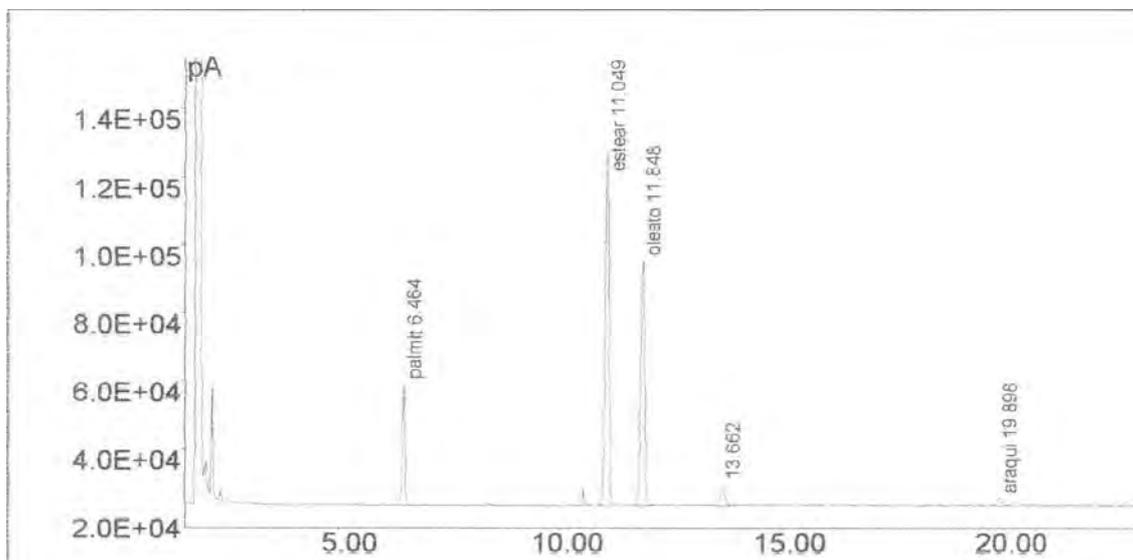


## ANEXOS

### Cromatograma de la estearina 'Manila'.



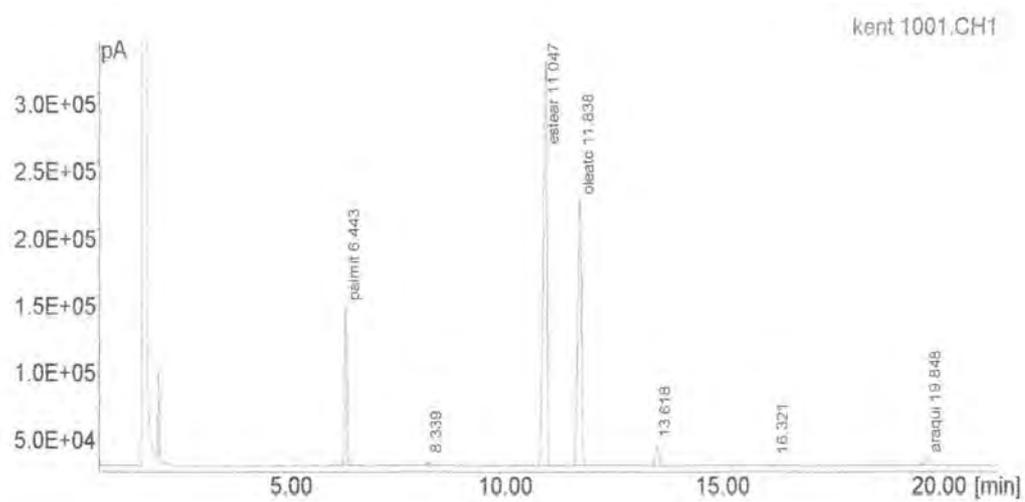
### Cromatograma de la estearina 'Haden'.



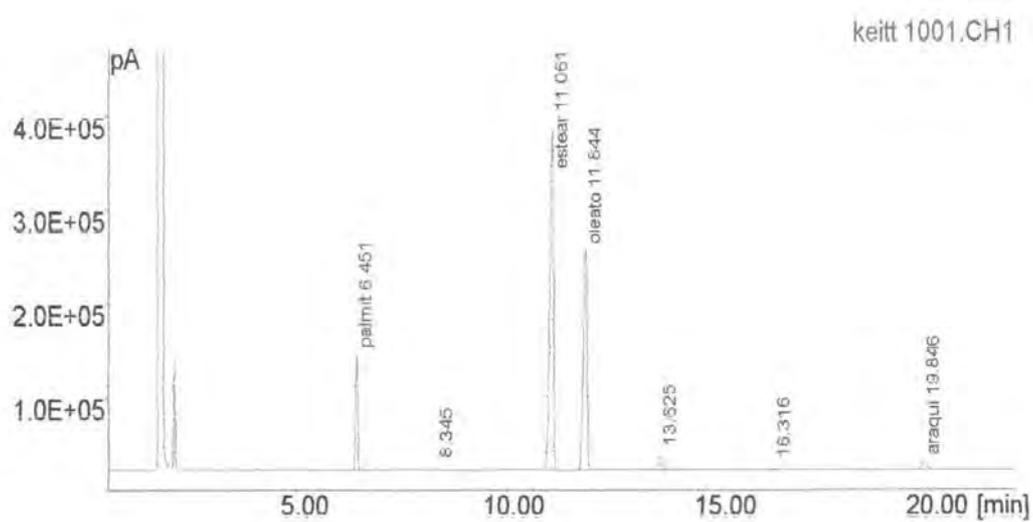


## ANEXOS

### Cromatograma de la estearina 'Kent'.

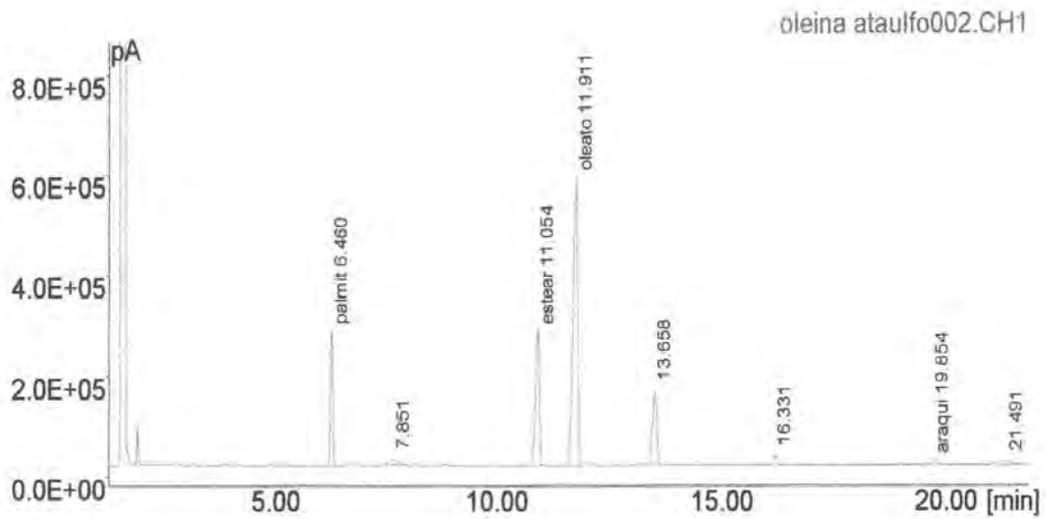


### Cromatograma de la estearina 'Keitt'.

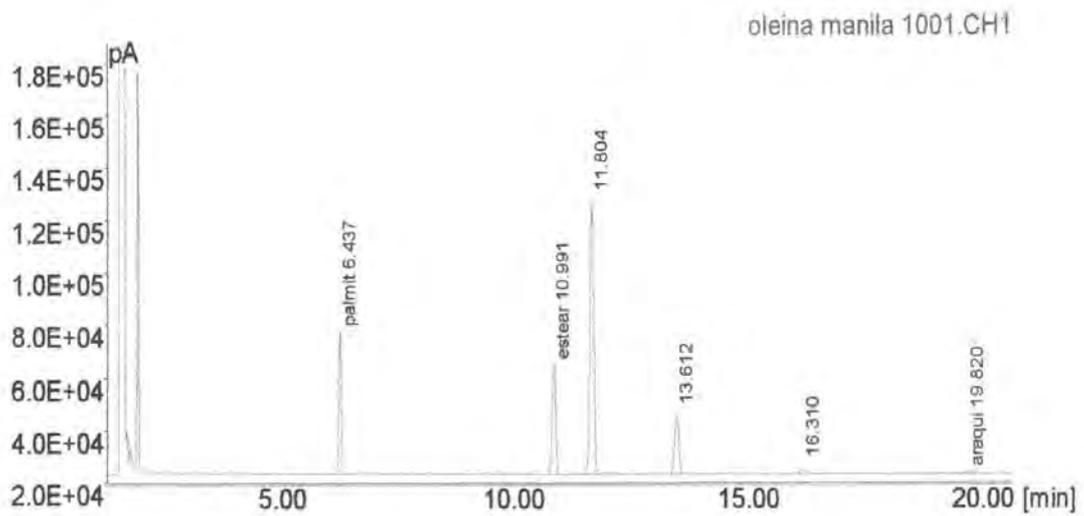




**Cromatograma de la oleína 'Ataulfo'.**



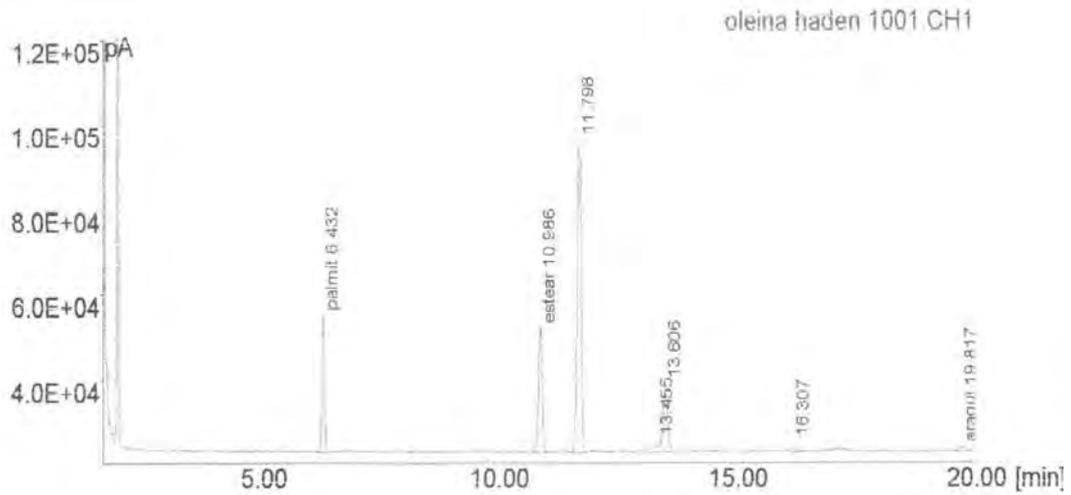
**Cromatograma de la oleína 'Manila'.**



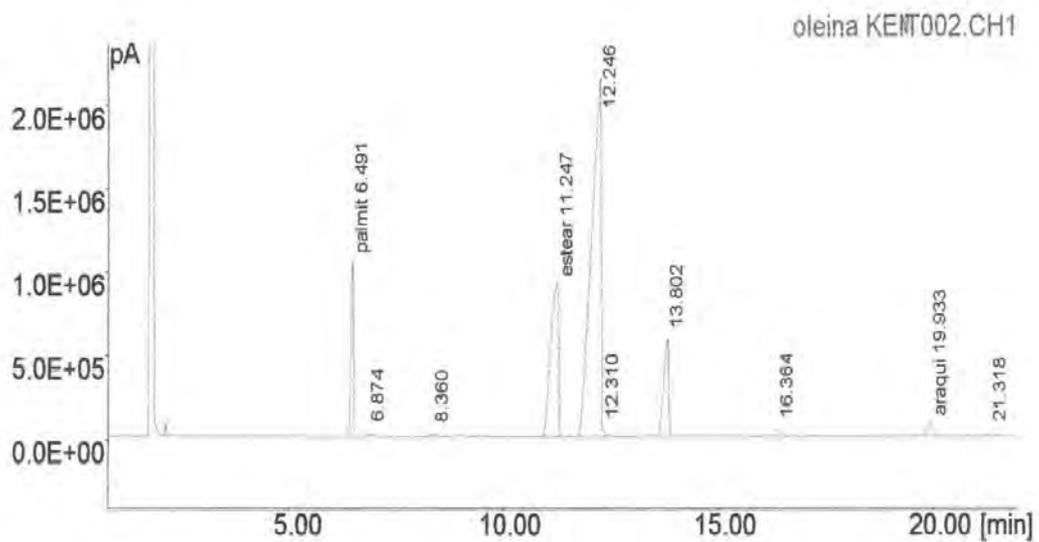


## ANEXOS

### Cromatograma de la oleína 'Haden'.

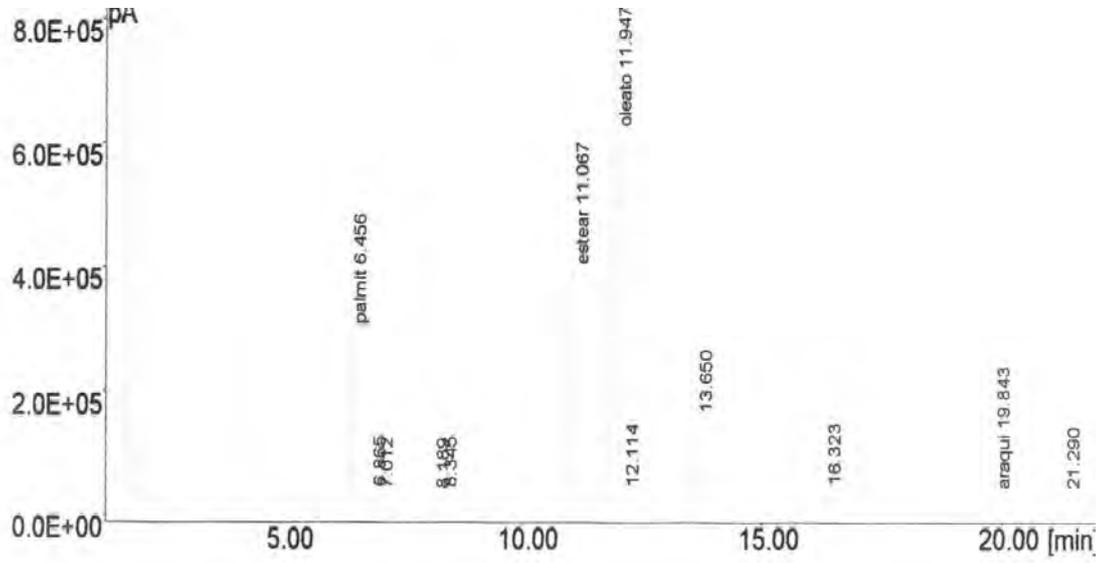


### Cromatograma de la oleína 'Kent'.





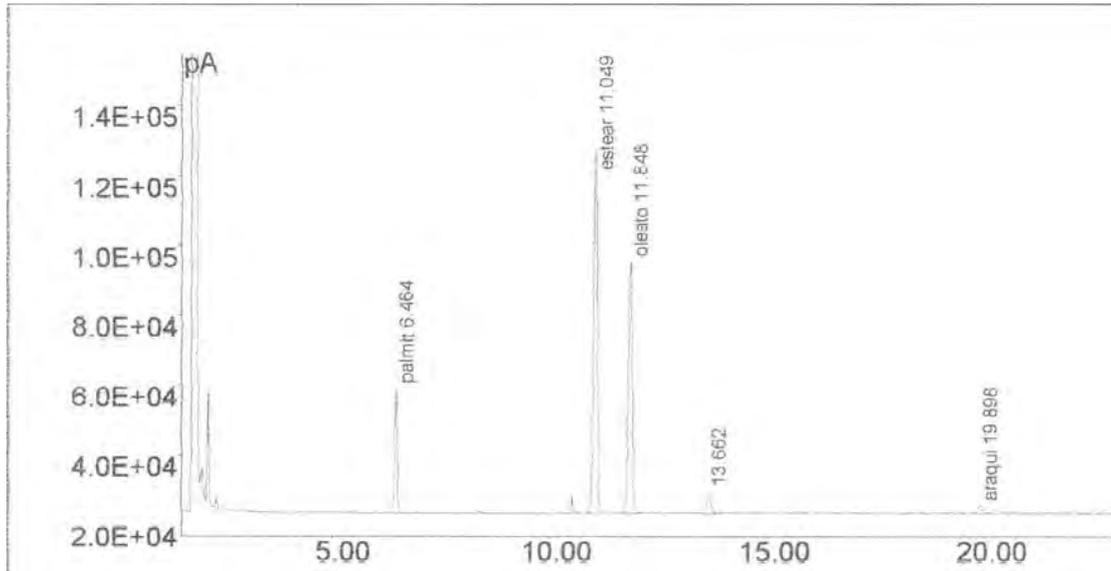
Cromatograma de la oleína 'Keitt'.



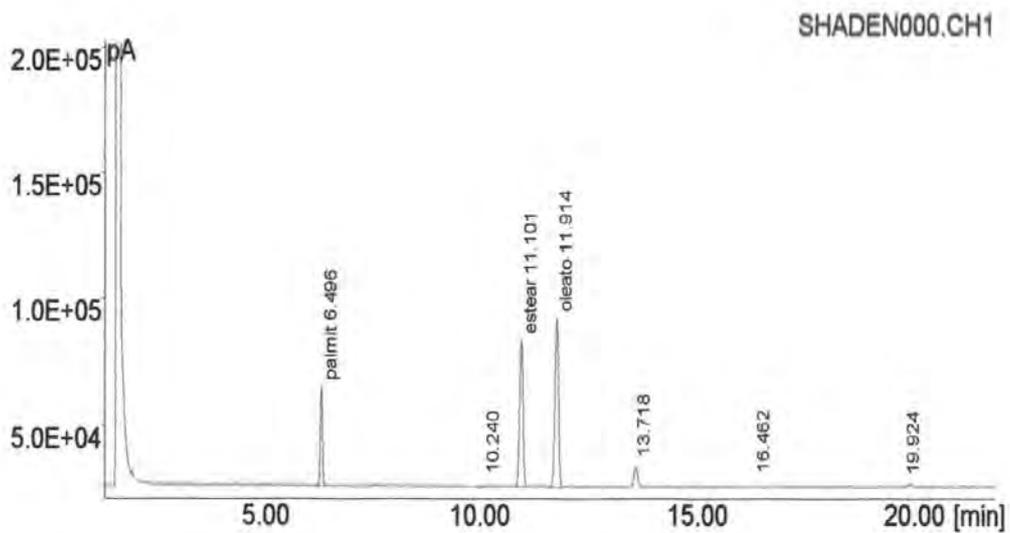


**ANEXO 2. Cromatogramas de los ácidos grasos presentes en cada uno de los sustitutos empleados en los rellenos y las coberturas de chocolate.**

**Cromatograma de la estearina ‘Haden’.**



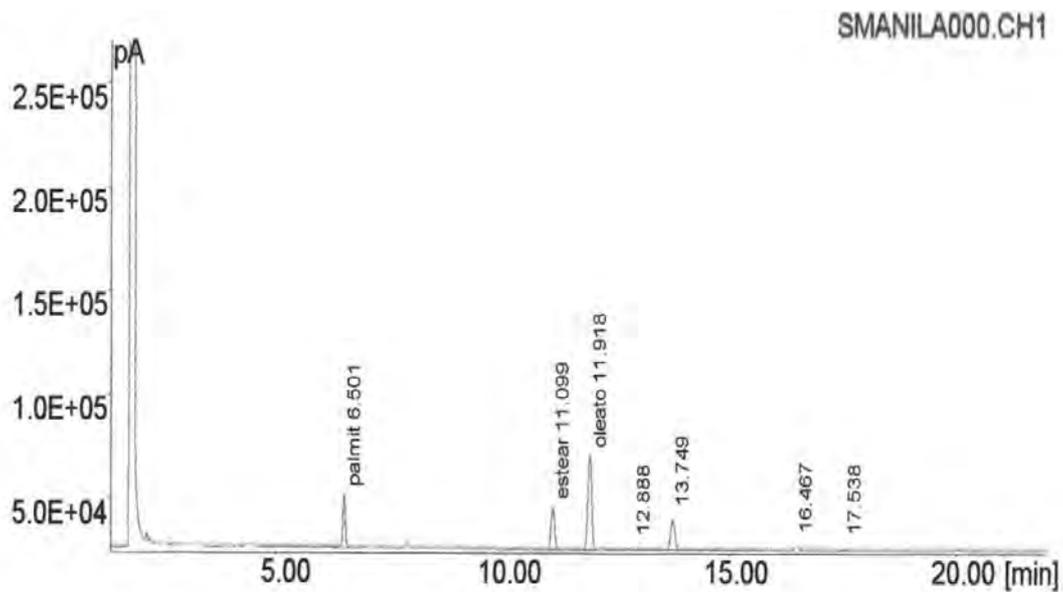
**Cromatograma de la aceite ‘Haden’.**



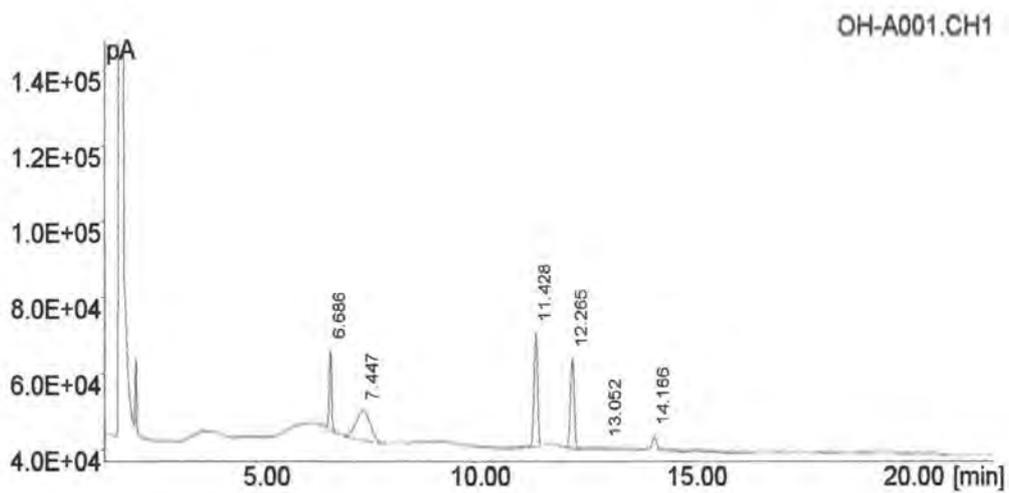


## ANEXOS

**Cromatograma de la aceite 'Manila'.**



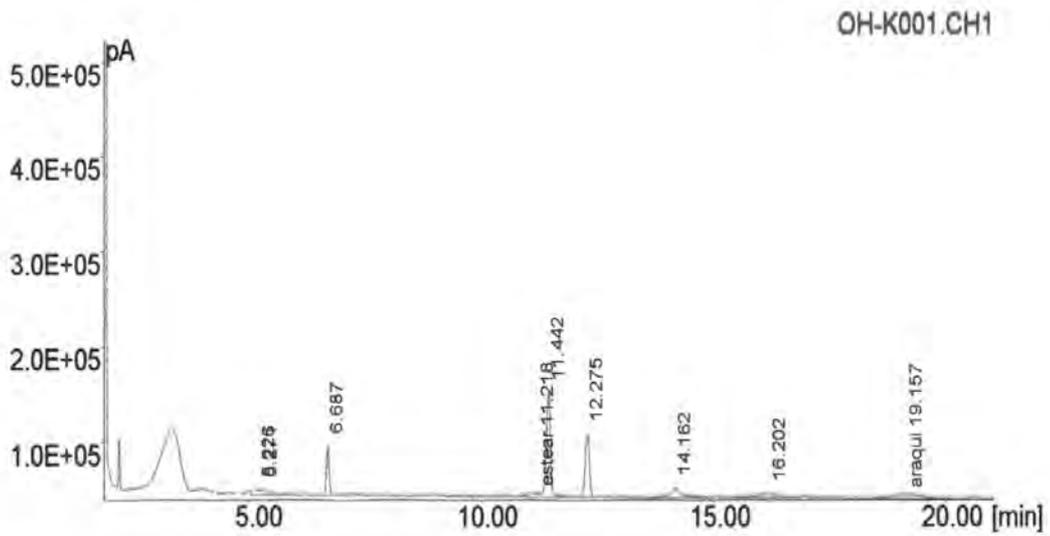
**Cromatograma de oleína 'Haden'- estearina 'Ataulfo'.**



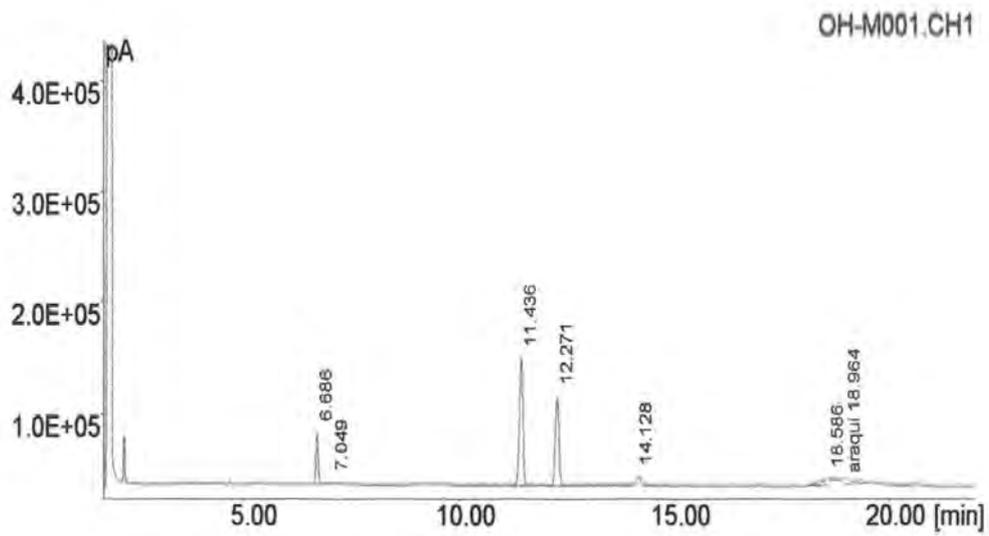


ANEXOS

Cromatograma de oleína 'Haden'- estearina 'Kent'.

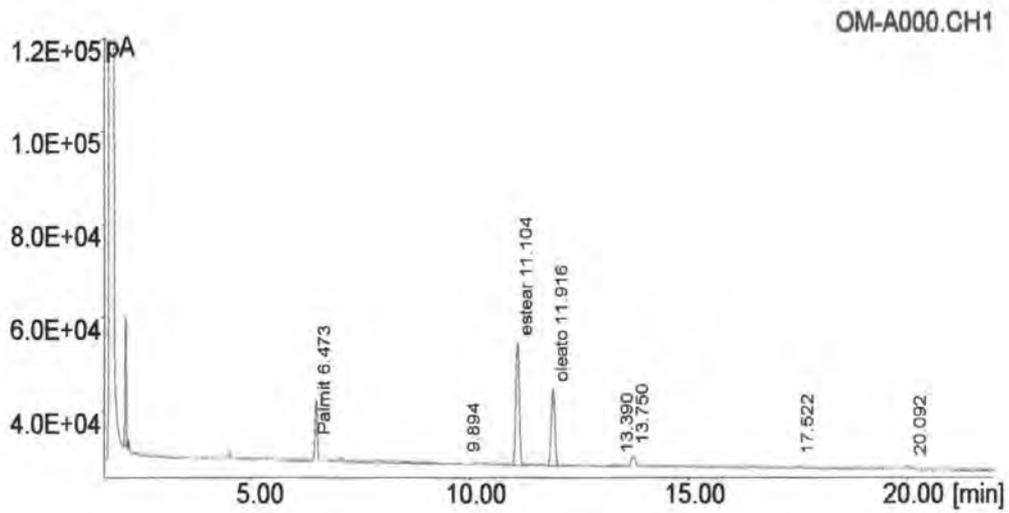


Cromatograma de oleína 'Haden'- estearina 'Manila'.

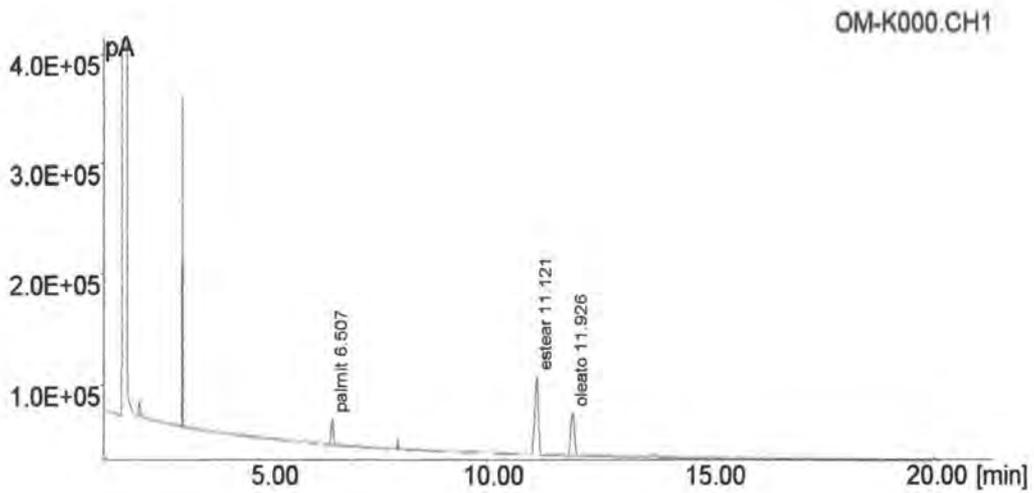




**Cromatograma de oleína 'Manila'- estearina 'Araulfo'.**



**Cromatograma de oleína 'Manila'- estearina 'Kent'.**



## ABREVIATURAS

<b>atm</b>	Atmósferas
<b>cal</b>	Calorías
<b>CBE</b> (por sus siglas en ingles)	('Cocoa butter equivalent') Equivalente de manteca de cacao
<b>CBR</b> (por sus siglas en ingles)	('Cocoa butter replasent') Remplazante de manteca de cacao
<b>CBS</b> (por sus siglas en ingles)	('Cocoa Butter Substitute') Sustituto de Manteca de Cacao
<b>cm</b>	Centímetros
<b>EFS</b>	Extracción de fluidos supercríticos
<b>g</b>	Gramos
<b>h</b>	Hora
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>KHz</b>	Kilohertz
<b>M.C.</b>	Manteca de cacao
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cubicos
<b>mg</b>	Miligramos
<b>min</b>	Minutos
<b>ml</b>	Mililitros
<b>MT</b>	Millones de toneladas
<b>ND</b>	No determinado
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>OAA-OMS</b>	Organización de alimentación y Agricultura – Organización mundial de Salud
<b>P</b>	Palmítico
<b>Pa.s</b>	Pascales por segundo
<b>POP</b>	palmítico-oleico-palmitina
<b>POS</b>	Palmítico-oleico-cualquier ácido graso saturado
<b>POSt</b>	Palmitito-oleico-esteárico
<b>POStO</b>	Palmitito-oleico-esteárico-oleico
<b>S</b>	Cualquier ácido graso saturado
<b>SN</b>	Sonicación
<b>SOO</b>	Cualquier ácido graso saturado-oleico-oleico
<b>SOS</b>	Cualquier ácido graso saturado-oleico-cualquier ácido graso saturado
<b>SSS</b>	Triglicéridos de cadenas saturadas largas
<b>St</b>	Esteárico
<b>StOSt</b>	Estearico-oleico-estearico
<b>β-CD</b>	β - ciclodextrinas