



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

Extracción y caracterización del aceite, grasa y
harina obtenida de semilla de mamey

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

LAURA SANTANA CAMACHO

ASESORAS:

M. en C. Selene Pascual Bustamante

I.A Gabriela Vilchis Martínez

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARIA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Extracción y caracterización del aceite, grasa y harina obtenida de semilla de mamey

Que presenta la pasante: Laura Santana Camacho
Con número de cuenta: 306336054 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 12 de Septiembre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	Dra. Carolina Moreno Ramos	
SECRETARIO	M. en C. Selene Pascual Bustamante	
1er. SUPLENTE	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
2do. SUPLENTE	I.A. Verónica Romero Arreola	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg



Permanencia, perseverancia y persistencia a pesar de todos los obstáculos, desalientos e imposibilidades: Es esto, que en todas las cosas se distingue el alma fuerte de la débil.

Thomas Carlyle.

La auto-transformación no se trata solo de cambiarte a ti mismo. Significa cambiar a una dimensión completamente nueva de experiencia y percepción.

Jaggi Vasudev.

El éxito no es un accidente: Es un trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudio, sacrificio y sobre todo, amor por lo que estás haciendo o aprendiendo a hacer. *Pelé.*

No importa qué tan lento vayas, siempre y cuando no te detengas.

Confucio.

Un sueño no se hace realidad a través de magia: conlleva sudor, determinación y trabajo duro.

Colin Powell.

El hombre nunca sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta.

Charles Dickens.



*La presente tesis se realizó con el financiamiento del Proyecto:
Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento integral de
frutas y hortalizas (PAPIIT II 201216) de la Dirección
General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM*



DEDICATORIAS

Este proyecto va dedicado a quienes me han dado todo sin escatimar esfuerzo alguno, sacrificando parte de su vida para formarme, educarme e inculcarme valores, a quienes me han convertido en una persona de provecho, quienes me han enseñado que el trabajo, la constancia y la perseverancia son la clave del éxito y a los cuales nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

A mis padres:

Laura mi Adelsita hermosa! Mi guerrera † Fuiste y serás siempre mi más grande ejemplo de vida, mi luz en mis momentos de oscuridad, mi fuerza y coraje cuando el miedo me encuentra, quien me enseñó que a pesar de los problemas y las adversidades hay que tomar las cosas de la mejor manera y siempre con una gran sonrisa, que de todo lo malo siempre hay algo bueno, que soy más grande que cualquier problema que se me pueda presentar y que para todo hay una solución existiendo una luz al final del túnel.

Efraín Mi pilar! Quien me ha enseñado a nunca rendirme, eres mi ejemplo de constancia, perseverancia, trabajo, disciplina, valentía y respeto. Me siento tan orgullosa de ti porque con tu inteligencia y entusiasmo para hacer las cosas me has enseñado que querer es poder y que siempre hay que aprovechar todas las oportunidades de aprendizaje que se presenten.



AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a DIOS por permitirme llegar hasta éste momento y darme la familia que me dio, mis más grandes regalos que pude haber recibido mi padres y mi hermana. También le doy gracias por ponerme a personas tan maravillosas en mi camino que han aportado cosas increíbles a mi vida.

A mi MAMI† por darme la vida, porque aparte de ser mi madre fuiste mi mejor amiga, mi consejera, mi cómplice y mi fortaleza. Hoy por hoy soy la persona que soy gracias a ti, gracias por enseñarme a amarme, a creer en mí, a que si uno lucha y trabaja por sus sueños todo es posible, gracias por haber dado todo sin esperar nada a cambio, gracias por siempre confiar en mí, por tu amor infinito e incondicional. Donde quiera que te encuentres espero que veas que uno de mis más grandes sueños se hará realidad y ojalá te sientas muy orgullosa de mí. Te amo muchísimo!

A ti PAPI (PAPS) que me has dado la oportunidad de tener una carrera universitaria que es el mejor regalo que se le puede dar a un hijo, por educarme de la forma en la que lo hiciste ya que sin ti no sería la persona que soy, perdóname si no soy la hija perfecta o la hija que tu hubieses querido pero hago lo que puedo y lo hago con mucho amor hacia ustedes, gracias por tu apoyo incondicional, por no dejar que ésta pequeña familia se desmoronara después de la gran pérdida que tuvimos, gracias por tu amor, tu fortaleza y por tus ganas de sacarnos adelante, por guiarme, encaminarme e impulsarme todos los días a ser una mejor persona, gracias por ser parte de este sueño y espero que te sientas muy orgulloso de mi. Te amo muchísimo!

A ESTEFANÍA MI HERMANA (MI TUTISITA). Tú has sido el mejor regalo que Dios y mis padres me han dado, gracias por ser mi compañera de vida, mi mejor amiga, mi cómplice, la mejor crítica, mi apoyo, mi paño de lágrimas, gracias por tus palabras de aliento cuando siento que no puedo más, por tus locuras que siempre me sacan una sonrisa, por ser esa niña a la cual tengo la necesidad de proteger aunque a veces te moleste pero te amo demasiado y todo lo que hago es por tu bien. Deseo de todo corazón que seas muy feliz, que todos tus sueños se cumplan y recuerda que siempre estaré para ti. Tú y mi papá son mi motor para seguir echándole muchas ganas y salir adelante.



A mis amigas del CCH: ANITA, GRECIA Y LIZ por escucharme y darme ánimo siempre que lo he necesitado.

A mi amiga **NAYE RANGEL** gracias por nunca soltarme y estar siempre para mí y abrazarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar ahí cuando sentía que la vida se había acabado para mí, porque me demuestras tu amistad día a día, por escucharme sin juzgarme, aconsejarme y aunque te hable una y mil veces del mismo tema siempre estas dispuesta a escucharme, por animarme cada vez que me siento mal y por preocuparte por mí.

A mis amigos de la Universidad:

KARINA MANZANO gracias por todos los momentos que pasamos juntas, por abrirme las puertas de tu casa y hacerme sentir como en la mía, gracias por ser mi cómplice y mi confidente, por estar conmigo en mis días grises, gracias porque sin ti y sin tu compañía este camino no hubiese sido el mismo.

DACIA SOSA gracias por todo lo que compartimos juntas, por tu amistad, por escucharme, por confiar en mí, por tus locuras, por tantas risas y por todo tu apoyo.

ALDO EBANY gracias por tu apoyo, por tus ocurrencias, por tantos buenos momentos que vivimos juntos, por estar conmigo en el día que sentía que mi mundo se venía abajo y gracias porque cada vez que te pedía tu ayuda siempre estabas dispuesto.

ARACELI DOMINGO gracias por tu apoyo y por ayudarnos cuando no entendíamos algo, por acompañarme el día más difícil de mi vida y por esos momentos tan divertidos que vivimos.

MARCO RAMOS gracias por tu amistad y por ser esa persona que siempre da la mano cuando lo necesitas.

CARLOS MONROY por los buenos momentos que compartimos juntos, gracias por hacer más amenos los ratos de trabajo y sacarnos siempre una sonrisa con tus ocurrencias.

ABSA TAMAYO gracias por tu amistad y por ser la persona tan linda y sencilla que eres.

A **NADIA GARCÍA** y **SHANTAL LÓPEZ** gracias porque desinteresadamente y sin ninguna obligación me tendieron la mano y me ayudaron cuando lo necesité.

Le doy gracias a Dios por haberlos puesto en mi vida ya que sin ustedes este recorrido no hubiera sido el mismo y habría sido un poco más difícil.



A mis tías **MARY, ISABEL Y ROSA** quienes me vieron crecer y siempre me han tendido la mano cuando más las he necesitado, a mi tío **DAVID** gracias por siempre estar dispuesto a ayudarnos y por apoyarnos en los momentos difíciles.

A la familia **MANZANO GARCÍA** gracias por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir como en la mía, en especial a la señora **†MARGARITA**.

A mi prima **Adriana García** gracias por tu compañía y tu apoyo cuando lo hemos necesitados, por estar en los buenos y malos momentos.

A dos grandes amigas que hice al final de esta hermosa etapa de mi vida: **SILVIA JALIFE** que sin planearlo te convertiste en una de mis mejores amigas, gracias por escucharme, por aconsejarme, por animarme, por procurarme, por sacarme siempre una sonrisa, por esas pláticas tan entretenidas que nunca podemos terminar, espero que aún con la distancia ésta amistad siga y se haga más fuerte. **ALEJANDRA AGUIRRE** gracias por tu amistad, porque tú con tus ocurrencias se me olvidaban un poco mis tristezas, gracias por tantas risas y por tan lindos momentos que pasamos juntas, te extraño chulita.

A mis amigos del Taller **MARCO PUGA** gracias por tardarte igual que yo en tus pruebas jajajaja me hacías compañía y con tus ocurrencias más ameno el tiempo que pasábamos trabajando. **ANITA HERNÁNDEZ, JESSICA REYES Y ZAID SANTAMARIA** gracias por tan lindos momentos que compartimos.

A la **DRA. ANDREA TREJO** gracias por su entusiasmo para que todos los proyectos salgan de la mejor manera, por su guía y todo su apoyo desde el día uno hasta el día de hoy, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo y confiar en mí poniendo en mis manos algunos de sus proyectos, por estar continuamente pendiente. Gracias por todo lo que hace por nosotros.

A la **M EN C. SELENE PASCUAL** por guiarme, ayudarme y asesorarme en este proyecto, pero mi más grande agradecimiento es por apoyarme en la etapa más difícil de mi vida cuando sentía que todo se había acabado para mí, sin tu apoyo no hubiese estado en los últimos momentos de vida de mi mamá, no tengo como pagarte lo que hicieron por mí de verdad mil gracias Selene, que Dios y la vida te lo regrese y lo multiplique.



A la DRA. CARO MORENO por su apoyo incondicional y no solo como sinodal, también como profesora y como amiga, ya que siempre estuvo dispuesta a ayudarnos aun cuando ya no éramos sus alumnos, gracias por regalarme un poco de su tiempo para escucharme y aconsejarme.

A la DRA. ALMA ADELA LIRA gracias porque aparte de tu apoyo como profesora siempre me brindaste tu amistad escuchándome y aconsejándome.

A GABRIELA VILCHIS gracias por tu entusiasmo para guiarme y asesorarme en este proyecto, por tomarte tu tiempo para la revisión de esta tesis y por estar siempre pendiente de mis avances.

A la profesora ANITA DE LA CRUZ, usted es una de las personas a las cuales no tengo como agradecerle el apoyo que me brindo cuando mi mundo se venía abajo, muchas gracias por escucharme, entenderme y darme palabras de aliento cuando más lo necesite. Que Dios le multiplique todo lo que hizo por mí.

A quienes me enseñaron a ver de diferente forma la vida, que querer es poder, que con disciplina y constancia todo es posible, gracias a mis amigos de entrenamiento “BLABLABA” por ayudarme a cambiar mi vida, por apoyarme, motivarme y animarme a seguir adelante.

A mis sinodales I.B.Q. SATURNINO MAYA, I.A. MYRIAM ÁLVAREZ e I.A. VERÓNICA ROMERO por su tiempo y dedicación para revisar este proyecto, gracias por sus observaciones para que saliera lo mejor posible.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO mi alma mater quien me dio de todo, la oportunidad de estudiar la mejor de las carreras, la vivencia de momentos increíbles que me llevo en el corazón, conocer a personas maravillosas, a los mejores amigos, los mejores maestros, donde crecí, aprendí, me formé y me desarrollé.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1 GENERALIDADES DEL MAMEY	4
2.2 PRODUCTOS OBTENDOS A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL MAMEY	9
2.3. ACEITES Y GRASAS	11
2.4 HARINAS.....	12
2.5. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES	13
3. OBJETIVOS:	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.	17
4. METODOLOGÍA	18
4.1. CUADRO METODOLÓGICO	18
4.2 MATERIAL BIOLÓGICO.....	19
4.3 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.....	19
4.4. EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ACEITE, GRASA Y HARINA DESGRASADA POR EL MÉTODO DE SOXHLET.	20
4.5. EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ACEITE, GRASA Y HARINA DESGRASADA POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO.....	21
4.6. FRACCIONAMIENTO DE ACEITE.	22
4.7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES Y GRASAS.....	23
4.8. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA HARINA OBTENIDA DE LA SEMILLA DEL MAMEY	23
4.9. ELABORACIÓN DE MUFFIN SABOR CHOCOLATE.....	24
4.10 MÉTODOS ANALÍTICOS	26
4.11. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	32
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	32
5. 1 CARACTERIZACIÓN DE ACEITE Y GRASA.....	32
5.3. CARACTERIZACIÓN DE HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DE MAMEY.	39



5.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL MUFFIN SABOR CHOCOLATE ELABORADO CON HARINA DESGRASADA DE SEMILLA DE MAMEY.....	42
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. A) FRUTO DE MAMEY (<i>MAMMEA AMERICANA</i> L.) B) FRUTO DE MAMEY (<i>POUTERIA SAPOTA</i>).....	4
FIGURA 2. HOJAS DEL ÁRBOL DE MAMEY Y FRUTO (CÁSCARA, PULPA Y SEMILLA).....	6
FIGURA 3. PRODUCTOS ELABORADOS CON LA PULPA DE MAMEY (FLAN Y HELADO).....	10
FIGURA 4. PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MAMEY.....	10
FIGURA 5. EXTRACCIÓN CON SOXHLET EN EL MOMENTO EN QUE SE PRODUCE EL SIFONAMIENTO DEL SOLVENTE.....	14
FIGURA 6. FENÓMENO DE CAVITACIÓN.....	16
FIGURA 7. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA SEMILLA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MAMEY A) LAVADO DEL HUESO, B) OBTENCIÓN DE LA SEMILLA CON MARTILLO, C) REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA, D) SECADO DE LA SEMILLA.....	19
FIGURA 8. EXTRACCIÓN POR EL MÉTODO DE SOXHLET.....	20
FIGURA 9. EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO CON SONICADOR.....	21
FIGURA 10. LAVADOS CON HEXANO Y FILTRACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA.....	21
FIGURA 11. FRACCIONAMIENTO DE ACEITE: (A) RECUPERADOR DE DISOLVENTE, (B) FRACCIÓN ESTEARINA, (C) FRACCIÓN OLEÍNA.....	23
FIGURA 12. MUFFIN DE CHOCOLATE ADICIONADO CON HARINA DE SEMILLA DE MAMEY.....	24
FIGURA 13. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....	26
FIGURA 14. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO.....	27
FIGURA 15. CROMATOGRAMA PARA EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ESTANDAR EMPLEADO.....	28



FIGURA 16. CROMATOGRAMA PARA EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS
PARA LA FRACCIÓN OLEÍNA DE LA SEMILLA DE MAMEY.....35

FIGURA 17. CROMATOGRAMA PARA EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS
PARA LA FRACCIÓN ESTEARINA DE LA SEMILLA DE MAMEY.....36



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TAXONOMÍA DEL MAMEY.....	5
TABLA 2. NOMBRES COMUNES EN ALGUNOS PAÍSES DEL MAMEY.....	5
TABLA 3. PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MAMEY EN MÉXICO.....	7
TABLA 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE MAMEY.....	9
TABLA 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DE MAMEY DESGRASADA.....	9
TABLA 6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE SE PRESENTAN EN LA EXTRACCIÓN SOXHLET.....	15
TABLA 7. FORMULACIONES EMPLEADAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN MUFFIN SABOR CHOCOLATE ADICIONADO CON HARINA DE SEMILLA DE MAMEY.....	24
TABLA 8. CONDICIONES PARA DETERMINAR LOS ÁCIDOS GRASOS EN EL CROMATÓGRAFO.....	28
TABLA 9. RENDIMIENTO DE ACEITE/GRASA Y HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DEL HUESO DE MAMEY.....	32
TABLA 10. PARÁMETROS DE IDENTIDAD DE LAS FRACCIONES LIPÍDICAS DE LA SEMILLA DE MAMEY, POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN (SOXHLET Y EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO).....	33
TABLA 11. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE Y GRASA DE LA SEMILLA DE MAMEY.....	36
TABLA 12. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS FRACCIONES LIPÍDICAS DE LA SEMILLA DE MAMEY, POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PROPUESTOS.....	37
TABLA 13. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DESGRASADA DE SEMILLA DE MAMEY.....	40
TABLA 14. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DESGRASADA DE SEMILLA DE MAMEY.....	41
TABLA 15. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS MUFFIN SABOR CHOCOLATE ADICIONADOS CON HARINA DE MAMEY DESGRASADA.....	42

RESUMEN





RESUMEN

El mercado de mamey en México es mayoritariamente regional, a pesar de todos los usos tradicionales y las propiedades que se le atribuyen existen muy pocos estudios realizados acerca de este, la mayor parte se refieren a la prolongación de la vida útil y su caracterización. La extracción del aceite genera residuos sólidos que en general muchas veces son desechados causando contaminación ambiental o son utilizados para alimentación animal y son poco aprovechados, es por ello que el objetivo del presente trabajo es realizar una propuesta tecnológica para el aprovechamiento de la semilla del mamey (*Pouteria sapota*), obteniendo aceite mediante diferentes métodos de extracción (extracción asistida por ultrasonidos y Soxhlet) así como el empleo de los residuos sólidos resultantes de esta extracción en un producto de panificación. A la materia lipídica de la semilla del mamey fue necesario fraccionarla ya que está constituida por una parte esteárica (grasa) y otra oleosa (aceite). Estas fracciones fueron caracterizadas en parámetros de identidad (índice de yodo e índice de saponificación) así como también se realizó perfil de ácidos grasos mediante una cromatografía de gas en ambas fracciones y de calidad (índice de acidez, índice de peróxidos e índice de Kreis). Para poder sugerir una aplicación de la torta residual que queda de la extracción de la materia lipídica (harina desgrasada) se realizó un análisis químico y la evaluación de las propiedades funcionales; con base en los resultados obtenidos, se propuso hacer un producto de panificación (muffin sabor chocolate) con tres formulaciones diferentes y se realizó un análisis sensorial para ver la aceptación del público. En base a los datos obtenidos en la caracterización de aceite, grasa y harina al no presentar diferencia significativa entre ambos métodos de extracción, se optó por el método de extracción asistida por ultrasonido al ser el que dio mayor eficiencia del proceso en cuanto a tiempo de extracción. Con este estudio se puede proponer diversos usos para los residuos del mamey, particularmente a la semilla ya que de ésta parte del fruto solo se extrae aceite para uso cosmético y la torta residual es considerada desecho.

INTRODUCCIÓN





1. INTRODUCCIÓN

El mamey es un fruto originario del sur de México, el cual se propaga por semilla y gracias a esto presentan una gran diversidad genética en los estados del país, donde las condiciones climáticas permiten su crecimiento y cultivo. Los principales estados productores del mamey son: Yucatán, Guerrero, Veracruz, Michoacán, Chiapas, Campeche y Puebla, con una producción de 19, 731.20 T por año (SAGARPA-SIAP, 2017).

El mercado de mamey en México es mayoritariamente regional logrando abasto mediante pequeños y medianos productores a los que en las fechas recientes se han sumado las grandes cadenas de supermercados. Con él se fabrican alimentos procesados con su pulpa como mermelada, yogurt, helado, pastelería y repostería fina, aunque el valor radica principalmente en la pulpa (la semilla ha sido utilizada tradicionalmente como fuente de aceite, debido al alto contenido de este componente, aprox. 46%, a este aceite se le han dado diversos usos, principalmente en las áreas de cosmetología y farmacéutica entre otras, aunque no se conoce una aplicación para uso alimenticio (Bravo y col., 2008). La semilla tiene una testa dura café oscuro y el número de semillas puede variar de 1 a 3 representando de un 12 a 20% del peso total (Pérez, 2003). El aceite de la semilla de mamey se ha usado en la fabricación de jabón, como ungüento para la piel, acondicionador para el cabello y como aditivo para padecimiento de ojos y oídos. El contenido de lípidos de la semilla de mamey puede fluctuar entre 40 y 60%, cuestión que por sí misma le otorga una gran potencialidad como fuente alterna de grasas y aceites de origen vegetal (Solís y col., 2001). Existen diversos métodos de extracción de aceite, entre ellos se encuentra la extracción por Soxhlet en donde el solvente se encuentra en contacto con la muestra, arrastrando consigo los principios activos de la materia prima (Caldas, 2012), otro método que se emplea es la extracción asistida por ultrasonido, el cual se aplica como alternativa de extracción o para asistir en procesos de extracción de componentes volátiles de plantas, incluyendo aceites esenciales (Peredo y col., 2009). La extracción del aceite genera residuos o “tortas” que en general muchas veces son desechados causando contaminación ambiental o son utilizados para alimentación animal y son aprovechadas en pocas ocasiones. Estos residuos pueden aprovecharse como harinas, las cuales se podrían transformar en productos de alto valor agregado en la industria alimentaria en virtud de su composición de origen, que en general es principalmente de fibra y proteínas (Bravo y col., 2008).



A pesar de todos los usos tradicionales y las propiedades que se le atribuyen al fruto de mamey, existen muy pocos estudios realizados acerca de este, la mayor parte se refiere a la prolongación de la vida útil y su caracterización. Por lo que el objetivo del presente estudio es aprovechar en su totalidad la semilla de mamey para nuevos productos de consumo humano y reducir los desechos generados.

ANTECEDENTES





2. ANTECEDENTES

2.1 GENERALIDADES DEL MAMEY

2.1.1 ORIGEN DEL MAMEY

El mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) es originario del sur de México y las tierras bajas de América Central (Arzurdiá, 2006).

Pouteria sapota, pertenece a la familia de los sapotaseas, conocido como mamey-zapote que se originó de una confusión con el fruto del mamey (*Mammea americana* L.) ya que la capa externa de ambos frutos se parece, pero el color interno del mamey es amarillo y el del zapote es rojo, en varias tonalidades (Figura 1). El nombre científico del mamey es *Pouteria sapota* (Jacq.), aunque su nombre ha experimentado varios cambios desde que se clasificó por primera vez en 1703 por Plumier, encontrando los siguientes sinónimos: *Pouteria mammosa* (L) Cronquist, *Lucuma mammos Gaertn*, *Achradelpha mammosa Cook*, *Calocarpum mammosum Pierre*, *Calocarpum sapota Merriell*, *Calospernum mammosum Pierre*, *Sapota mammosa Jack*. La razón es que a diferentes especies de la familia sapotaceae se les ha ubicado en el mismo género. En general recibe una gran cantidad de nombres según el idioma o dialecto que hablen los habitantes de la región donde se encuentre, en México en lengua Náhuatl se le llamó atzapotlcuahuitl, expresión diferente del nombre que se le daban a otros zapotes y en maya se le nombra chacal-hass (Velázquez y col., 2015).



Figura 1. A) Fruto de mamey (*Mammea americana* L.). B) Fruto de mamey (*Pouteria sapota*).
Fuente: Ebay (2018); Tramil (2017).



2.1.2 TAXONOMIA Y NOMBRES COMUNES DEL MAMEY

En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica del mamey (*Pouteria sapota*).

Tabla 1. Taxonomía del mamey.

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Ericales
FAMILIA	Sapotaceae
GÉNERO	Pouteria
ESPECIE	P. Sapota
NOMBRE ESPECÍFICO	<i>Pouteria sapota</i>

Fuente: SAGARPA (2012).

Según el país de origen del mamey se le conoce de diversas formas, a continuación en la Tabla 2 se presentan los nombres más comunes de este fruto en algunos países.

Tabla 2. Nombres comunes en algunos países del mamey.

PAÍS	NOMBRE COMÚN
Alemania	Marmalenfruchht, Grosse Sapote
Belice	Mamey Apple
Colombia	Mamey, Zapote
Costa Rica	Zapote, zapote rojo, zapote colorado, mamey, mamey zapote
Cuba	Mamey colorado
Dinamarca	Sapote, zapote, mamey colorado, mamey zapote
Ecuador	Mamey sapote, sapote
España	Sapote, zapote, mamey colorado, mamey zapote
Estados Unidos	Mamey sapote, sapote
Francia	Sapote, abricot des antilles
Guatemala	Zapote, tulul (todas las lenguas mayas), zapote de montaña
Haití	Grand sapotiller
Holanda	Brijappel, mameesapote, mammi-appel, sapota, sapote
Honduras	Zapote, zapote rojo, curu(paya), zabuti(garífuna), mameapple (ingles de las islas bahía)
RU	Sapote, chocolate pudding fruit, mamey-sapote, mammee, marmalade plum, mexican custard Apple, naseberry
Jamaica	Mammee sapota
México	Mamey, zapote mamey, mamey colorado
Nicaragua	Sapote, sapote rojo, sapote colorado, sapote real, sapote lechoso, sapote liso, sapote grande, sapote negro, sapote isleño, mammy tree, sepul, Kuri
Panamá	Mamey de tierra

Fuente: Arzudia (2006).



2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL MAMEY

El zapote mamey es un árbol tropical de gran tamaño (entre 20 y 15 m), de madera durable y pesada, que tolera clima tropical y subtropical. Pertenece al grupo de frutales perennifolios; es decir, presenta hojas todo el año, pudiendo ser dañados por temperaturas menores de 10-13°C, dependiendo de la etapa fenológica, cultivar, estado de planta, duración de frío, etcétera (SAGARPA-FDTAFT, 2011).

El fruto posee una cáscara escamosa, de color café rojizo que representa alrededor de 10% del peso total; la pulpa representa alrededor de 78 %, es suave y/o finamente granular, de color rosa salmón, llegando a ser casi roja. La semilla tiene una testa dura de color café oscuro brillante y su número puede variar de 1 a 3 representando de 12 a 20 % del peso total, con la consecuente reducción de la pulpa (Casas, 1977).



Figura 2. Hojas del árbol de mamey y fruto (cáscara, pulpa y semilla)
Fuente: Tramil (2017).

2.1.4 TEMPORADA DE COSECHA

La floración ocurre entre enero y marzo y produce de abril a julio y hasta agosto dependiendo de la disponibilidad de humedad en el suelo, del programa de fertilización, la variedad y el clima. Los árboles a partir de semilla producen a los 7 años, injertados desde 4 años y pueden permanecer produciendo hasta 50 años.



El rendimiento va a variar dependiendo de la edad y tamaño del árbol así como del sistema de producción. Se ha reportado una producción de zapote Mamey en monocultivo de 120 frutos por árbol (alrededor de 7 toneladas por hectárea) en 60 árboles por hectárea. Los promedios de la masa por fruto en monocultivos varían de 270 a 530 g (excepcionalmente hasta 2 kg) (SAGARPA, 2012).

2.1.5 PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAMEY

Para el año 2017 se contó con una producción anual de mamey de 19, 731.20 Toneladas en México. En la Tabla 3 se mencionan los principales estados productores:

Tabla 3. Principales estados productores de mamey en México.

ESTADO	TONELADAS
Yucatán	11,084.19
Guerrero	2,698.65
Veracruz	1,321.00
Michoacán	1,164.67
Chiapas	732.33
Campeche	693.63
Puebla	610.10

Fuente: SAGARPA-SIAP (2017)

Los países del mundo que más demandan mamey son: Alemania, Francia e Italia (SAGARPA-SIAP, 2017).

La producción de frutos de zapote Mamey es destinada principalmente para consumo nacional en los países productores. Sin embargo, tiene potencial para exportación como producto procesado (pulpa congelada, deshidratado o deshidratado congelado).

De acuerdo a la información estadística México se ubica como uno de los principales productores de zapote Mamey a nivel mundial. Le sigue Belice, Guatemala, Norte de Honduras y parte de Nicaragua. Actualmente el Mamey se cultiva en países como Florida



EE.UU., Australia, Israel, Filipinas, Vietnam, España, Venezuela, Cuba Colombia, Ecuador, Jamaica y Brasil (Comité Sistema Producto Mamey de Guerrero, A.C., 2012).

2.1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA

2.1.6.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PULPA DEL MAMEY

El mamey es un fruto de baja acidez (alrededor de 0.22% expresado como ácido málico) para su consumo como alimento tiene un contenido de proteína de 1.70% por lo que se encuentra entre los frutos con valores más altos y contiene 23mg/100 g de ácido ascórbico en el estado maduro. Contiene alrededor de 16-20% de carbohidratos insolubles en el estado no maduro, de los cuales, 12% es almidón. 1.6% pectinas y el 13% otros carbohidratos insolubles, éstos carbohidratos se solubilizan durante la maduración disminuyendo a un total de 13% con el correspondiente aumento de azúcares totales de 7% al 8% de los cuales, la sacarosa se encuentra en mayor proporción. La solubilización de los carbohidratos durante la maduración trae como consecuencia cambios en la textura del fruto (Pérez, 2003).

El mamey tiene un contenido considerable de compuestos fenólicos (0.1-0.3% en estado maduro), a lo que se puede deber el oscurecimiento de la pulpa cuando se pone en contacto con el aire como consecuencia de la oxidación de éstos (Pérez, 2003).

2.1.6.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE MAMEY

Aunque el valor del zapote-mamey radica principalmente en su pulpa, la semilla ha sido utilizada de manera tradicional como fuente de aceite, debido al alto contenido de este componente, aprox. 46%, a este aceite se le han dado diversos usos, principalmente en las áreas de cosmetología y farmacéutica entre otras (Solís, 2004). En la Tabla 4 se muestran los datos de la composición química de la semilla de mamey en base seca sin desgrasar.



Tabla 4. Composición química de la semilla de mamey en base seca.

Componentes	Semilla de zapote mamey ¹ (%)	Semilla de zapote mamey ² (%)
Cenizas	3.16	2.88 ± 0.15
Grasas	46	41.76±2.15
Proteína	16.19	13.37±1.15
Fibra cruda	13.22	7.047±0.63
Carbohidrato	22.02	34.94

Fuente: Bravo y col., (2008)

En la tabla 5 se indican los datos obtenidos por (Bravo y col. 2008) de la composición química de la harina de la semilla de mamey desgrasada.

Tabla 5. Composición química de la harina desgrasada de la semilla de mamey.

Componentes	Harina desgrasada (%)
Cenizas	7.35±0.88
Grasas	7.77±0.23
Proteína	24.06±0.01
Fibra cruda	7.047±0.63
Carbohidrato	53.78

Fuente: Bravo y col., (2004)

2.2 PRODUCTOS OBTENDOS A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL MAMEY

En el ámbito culinario se usa en la preparación de aguas frescas, licuados y dulces; en el curativo para combatir la hipertensión arterial, diarrea, diabetes, insomnio, infecciones de garganta e inflamaciones en general. Cabe agregar que las sustancias que poseen sus semillas se utilizan en el tratamiento de la leucemia (SAGARPA, 2016).

En la actualidad la gente en México y algunos otros países lo usan para preparar bebidas y postres, tales como gelatinas, crema de Mamey, helados y pasteles. Aunque el valor del zapote-mamey radica principalmente en su pulpa, la semilla ha sido utilizada de manera tradicional como fuente de aceite, debido al alto contenido de este componente aprox. 46%, a este aceite se le han dado diversos usos, principalmente en las áreas de



cosmetología y farmacéutica entre otras (Bravo y col, 2008), en la Figura 3 se muestran algunos productos elaborados a partir de la pulpa de mamey.



Figura 3. Productos elaborados con la pulpa de mamey (flan y helado)
Fuente: Rodríguez (2017) y Kreatera (2010).

Desde el punto de vista médico, la semilla es muy apreciada por sus propiedades curativas. Es considerado anti-ceboreico, utilizados para el dolor de cabeza y el aceite extraído de esta, como tónico para reducir dolencias musculares y reumáticas (Morera y col, 2013). La semilla de mamey también puede ser utilizada como digestivo, diurético y en infecciones de las encías, epilepsia, gangrena e infección de los ojos. Inclusive puede ser utilizado para mordeduras de serpiente y vomito (Robards y col., 1999).

La semilla presenta un aprovechamiento de la cual se obtienen aceites para la industria farmacéutica y cosmetológica, en la Figura 4 se muestran algunos de los productos elaborados a partir del aceite de la semilla de mamey.



Figura 4. Productos elaborados a partir del aceite de la semilla de mamey
Fuente: Mayoreo Naturista, (2018).



La extracción del aceite de la semilla de mamey genera residuos sólidos o “tortas” que en general, muchas veces son desechados causando contaminación ambiental o son utilizados para alimentación animal y solo algunas ocasiones son aprovechadas. Estos residuos pueden aprovecharse como harinas desgrasadas, las cuales pueden ser transformadas en productos de alto valor agregado, en virtud de su composición de origen, que en general es principalmente de fibra y proteína.

La harina desgrasada de zapote mamey, se puede utilizar en alimentos que requieran propiedades espumantes y emulsificantes como: productos lácteos, productos de confitería y bebidas (Bravo y col., 2008).

2.3. ACEITES Y GRASAS

Los aceites y las grasas son sustancias de origen vegetal o animal, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir, *triglicéridos*. En general, el término <grasa> se usa para referirnos a los materiales sólidos o más bien a los sólidos, a la temperatura ordinaria; mientras que el término <aceite> se refiere a los que son líquidos en las mismas condiciones (Bailey, 1984).

Las grasas alimentarias incluyen todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Los aceites (líquidos) y grasas (sólidas) más frecuentes están contruidos fundamentalmente por triglicéridos o triacilgliceroles, llevando además los alimentos grasos cantidades menores de otros lípidos tales como fosfolípidos y glicolípidos. Todos los aceites y grasas están contruidos por un elevado número de compuestos, tratándose por lo tanto de matrices complejas.

Los triacilgliceroles están contruidos por ácidos grasos esterificados en las tres posiciones de la molécula de glicerol. Diferentes tipos de ácidos grasos, tanto saturados como monoinsaturados o poliinsaturados, pueden encontrarse esterificando estas posiciones. Por otra parte, cualquier alteración de una grasa (bien por ser mezclada con otras o por una manipulación industrial que favorezca la isomerización de triacilgliceroles) afecta a su composición. Los ácidos grasos insaturados suelen presentar de forma natural la configuración geométrica *cis*, pudiendo adoptar la forma *trans* como resultado de ciertas manipulaciones a las que se someten las grasas y aceites (Morales, 2012).



Las grasas y aceites son, casi sin excepción, ésteres de la glicerina y ácidos carboxílicos superiores. Se llaman también glicéridos, pero es mejor la denominación de glicerina acilada.

La grasa animal contiene fundamentalmente una mezcla de glicéridos de tres ácidos: palmítico, estéarico y oleico. Cuanto mayor es el contenido en ácido oleico, tanto más fácilmente se fluidifica la grasa por acción del calor (grasa de cerdo, manteca de ganso, grasa de ballena). Si por el contrario, predominan los ácidos grasos saturados, la grasa se funde a temperatura más alta (sebo de vaca o sebo de carnero).

En comparación con las grasas animales, los aceites vegetales (aceite de oliva, de colza, de palma, coco, linaza, ricino, etc.) contienen mayoritariamente, además de los glicéridos del palmítico, estéarico y oleico, ésteres de la glicerina y ácidos con varios dobles enlaces.

Para la obtención de grasa animal se aísla, en general, derritiendo la grasa de los tejidos; raramente por prensado o extracción con éter, sulfuro de carbono, benceno o tricloroetileno. En el caso de la grasa vegetal, que se encuentra diseminada especialmente en las semillas o frutos, puede extraerse como aceite exprimiéndolos por medios hidráulicos o bien con disolventes orgánicos después de triturarlos. La torta de aceite que queda después de prensar, así como el residuo de la extracción, se emplean como alimentos de alto contenido de albúmina para el ganado (Beyer y col, 1987).

2.4 HARINAS

Como se mencionó anteriormente, la extracción de aceites genera residuos “tortas” y éstos pasan a ser harinas desengrasadas y pueden ser obtenidas de fuentes convencionales como son las semillas de leguminosas (soya, frijol, chícharo, ajonjolí entre otras), de semillas de cereales (trigo, centeno, maíz cebada) y también de fuentes no convencionales como forrajes (alfalfa, romero entre otras) y de semillas de frutos (semilla de guayaba, semilla de jitomate, semilla de zapote mamey) (Badui, 2006).

A nivel mundial es de gran importancia el consumo de algunos productos como harinas, almidones, hojuelas deshidratadas, las cuales aportan al cuerpo humano energía de



manera económica. Se consumen de diferentes formas como en panes, pasteles, galletas, cereales para el desayuno, compotas, entre otras (Suárez, 2005).

De la molienda de los granos oleaginosos se obtienen en forma simultánea dos productos básicos: aceites vegetales y harinas proteicas. El primero se destina para consumo humano; en tanto que las harinas se orientan a suplementar con proteínas las fórmulas balanceadas utilizadas en la alimentación animal (Ciani y col., 1993).

2.5. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES

Para la obtención del aceite de la semilla del mamey y de otros aceites existen diversos métodos de extracción. La mayoría de los métodos de extracción se emplean como métodos de tratamiento previo de la muestra de un método de análisis. Cada pre-tratamiento es realizado por una o más de las siguientes razones:

- i) Aislamiento del analito(s) de la muestra.
- ii) Pre-concentración del analito(s) en la muestra.
- iii) 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, se 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: fuertemente unidos a la muestra o se presentan en cantidades de trazas, requiriendo una mayor eficiencia de extracción (Universidad de Toronto, 2006).

2.5.1 SOXHLET

Es un método de extracción continuo que se utiliza a menudo para extraer un producto natural a partir de su fuente natural, se selecciona un solvente que disuelva el



compuesto deseado pero que deje los sólidos insolubles indeseados en la fuente natural para materiales sólidos.

Consiste en colocar el material a extraer, previamente molido y pesado, en un cartucho de celulosa que se introduce en la cámara de extracción, conectada por una parte a un balón de destilación y por otra a un refrigerante. El disolvente contenido en el balón se calienta a ebullición, el vapor asciende por el tubo lateral y se condensa en el refrigerante, cayendo sobre el material. Cuando alcanza el nivel conveniente sifona por el tubo regresando al balón tal como se muestra en la Figura 5. El proceso se repite hasta conseguir el agotamiento deseado del material (Lamarque y col., 2008).

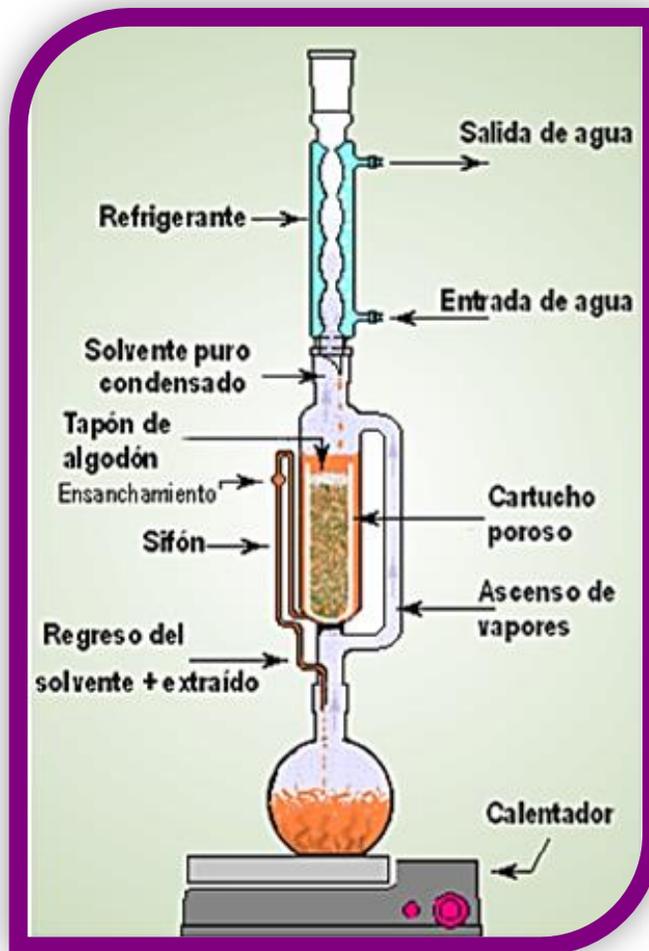


Figura 5. Extracción con Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente.

Fuente: Nuñez, (2008).



La extracción por el método de Soxhlet tiene sus ventajas y desventajas, a continuación en la Tabla 6 se describen algunas de ellas:

Tabla 6. Ventajas y desventajas que se presentan en la extracción Soxhlet.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La muestra está en contacto repetidas veces con porciones frescas de disolvente.	El tiempo requerido para la extracción normalmente está entre 6-24 horas.
La extracción se realiza con el disolvente caliente, así se favorece la solubilidad de los analitos.	La cantidad de disolvente orgánico (50-300 ml).
No es necesaria la filtración después de la extracción.	La descomposición térmica de los analitos termolábiles, ya que la temperatura del disolvente orgánico está próxima a su punto de ebullición.
La metodología empleada es muy simple.	No es posible la agitación del sistema, la cual podría acelerar el proceso de extracción.
Es un método que no depende de la matriz.	Es necesaria una etapa final de evaporación del disolvente para la concentración de los analitos.
Se obtienen excelentes recuperaciones, existiendo gran variedad de métodos oficiales cuya etapa de preparación de muestra se basa en la extracción con Soxhlet.	Esta técnica no es fácilmente automatizable.

Fuente: Técnicas avanzadas en química (2004).

2.5.2 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO

En la sonicación se genera energía de alta frecuencia a través de una fuente de energía eléctrica y se la aplica a transductores piezoléctricos industriales de trabajo pesado. Los transductores convierten la energía eléctrica en mecánica de alta frecuencia con un promedio de 40,000 vibraciones por segundo, que producen ondas alternas de alta y baja presión dentro del líquido. Durante la fase de alta presión del ciclo de ondas, el líquido se comprime, luego durante la fase de baja presión se expande. Ya que, durante la fase de baja presión, la presión del líquido disminuye, las cavidades aumentan de núcleos



microscópicos a un diámetro máximo crítico (Coleparmer, 2015). Las burbujas microscópicas en el medio líquido implotan o se colapsan bajo la presión de la agitación para producir ondas de choque, las cuales afectan la superficie de la muestra y por rozamiento, desplazan o desprenden partículas de materia desde la superficie. El proceso por el cual las burbujas colapsan o implotan es conocido como cavitación, el cual se puede observar en la Figura 6 (Universidad de Toronto, 2006).

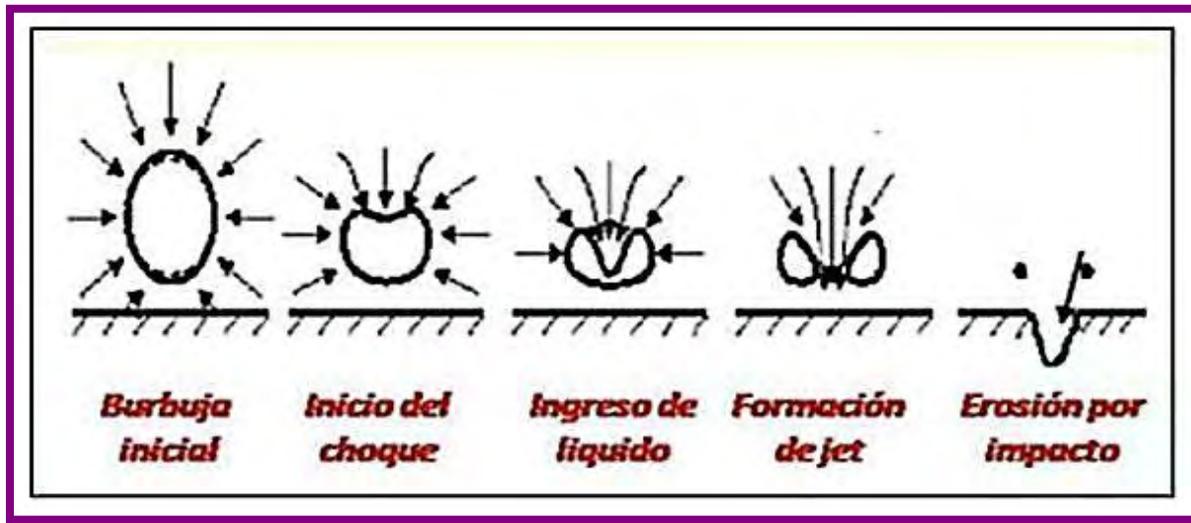


Figura 6. Fenómeno de cavitación

Fuente: Neetescola (2017).

OBJETIVOS





3. OBJETIVOS:

3.1 OBJETIVO GENERAL. Extraer y caracterizar física, fisicoquímicamente y químicamente el aceite, grasa y harina obtenida de la semilla de mamey para su propuesta en la aplicación de diversos productos para consumo humano.

3.1.2 *Objetivo particular 1.* Evaluar dos métodos de extracción de aceite de semilla de mamey (Soxhlet y extracción asistida por ultrasonido) sobre el rendimiento, parámetros de calidad (índice de peróxidos, acidez, e índice de Kreis) y parámetros de identidad (índice de yodo e índice de saponificación), que permita seleccionar el método que proporcione las mejores características del aceite y grasa.

3.1.3 *Objetivo particular 2.* Determinar la composición de ácidos grasos del aceite y grasa de la semilla de mamey mediante un perfil cromatográfico, para realizar una propuesta de aplicación en un producto.

3.1.4 *Objetivo particular 3.* Caracterizar la harina obtenida de la extracción de aceite y grasa de la semilla de mamey mediante un análisis químico proximal (fibra, proteína, carbohidratos, humedad y grasa) y determinar sus propiedades funcionales (capacidad de hinchamiento, capacidad de retención de agua y capacidad de retención de aceite), para generar una propuesta de aprovechamiento sobre un producto alimenticio.

3.1.5 *Objetivo particular 4.* Realizar diferentes formulaciones con harina de semilla de mamey para un producto de panificación y así seleccionar la mejor, por medio de un análisis sensorial.

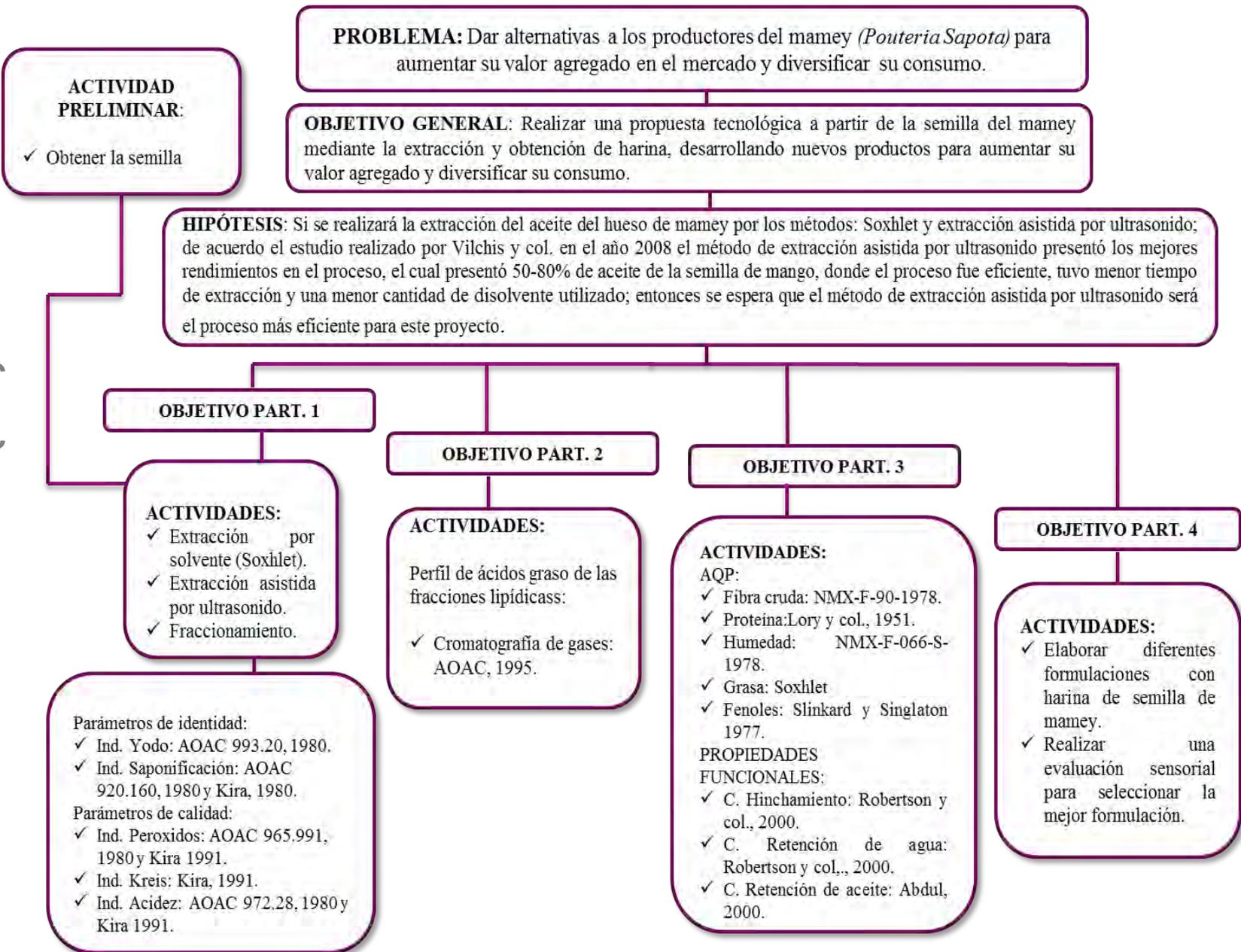
METODOLOGÍA





4. METODOLOGÍA

4.1. CUADRO METODOLÓGICO





4.2 MATERIAL BIOLÓGICO.

El mamey (*Pouteria sapota*) empleado fue adquirido en la Central de Abastos de la Ciudad de México para posteriormente ser transportado al laboratorio de Postcosecha ubicado en el Centro de Asimilación Tecnológica de la Fes Cuautitlán.

4.3 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.

Para poder realizar la extracción del aceite contenido en las semillas de mamey se preparó la semilla de la siguiente manera:



Figura 7. Proceso de obtención de la semilla para la extracción de aceite de mamey A) Lavado del hueso, B) Obtención de la semilla con martillo, C) Reducción del tamaño de partícula, D) Secado de la semilla.

Como se muestra en la Figura 7, primero se separó el hueso de la pulpa y se sacó la semilla del hueso de manera manual con un martillo, una vez obtenida la semilla se colocó en una solución de ácido cítrico al 1% por 15 minutos para evitar la oxidación,



posteriormente la semilla fue retirada de la solución para reducir el tamaño de partícula con un rayador y secarla a una temperatura de 50°C por 6 horas para poder eliminar la humedad de la muestra y así facilitar la extracción del aceite.

4.4. EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ACEITE, GRASA Y HARINA DESGRASADA POR EL MÉTODO DE SOXHLET.

Para obtener los aceites y las grasas por el método de Soxhlet se transfirieron 3.0 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal y se cubrió con una porción de algodón. Colocando el cartucho en el equipo y se agregó solvente que en este caso fue hexano suficiente para tener 2 ó 3 descargas del extractor (alrededor de 80 ml). Ya montado se hizo circular el agua por el refrigerante y calentar hasta obtener una frecuencia de unas 2 gotas por segundo. La extracción se llevó a cabo por 4 horas. Transcurrido el tiempo se suspendió el calentamiento, se quitó el extractor del matraz y se evaporaron los residuos de hexano (NMX-F-089-S-1978). Para la obtención de la harina se retiraron los sólidos de los cartuchos y se dejaron secar para que se volatilizara los residuos de hexano.



Figura 8. Extracción por el método de Soxhlet.



4.5. EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ACEITE, GRASA Y HARINA DESGRASADA POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO.

Para la extracción por ultrasonido, se colocaron 20 gramos de muestra en un matraz con 80 mL de disolvente orgánico (hexano), una vez puesto se tapó con algodón y se colocó en el baño de sonicación (marca Cole-Parmer 8891) durante 2 horas a temperatura ambiente dejando reposar cada media hora. Una vez terminada la extracción se filtró haciendo lavados con hexano.

Para la obtención de la harina se retiraron los sólidos y se dejaron secar para que se volatilizara los residuos de hexano.



Figura 9. Extracción asistida por ultrasonido con sonicador.



Figura 10. Lavados con hexano y filtración para la obtención de harina.



4.6. FRACCIONAMIENTO DE ACEITE.

Es la separación de un aceite en dos o más de sus fracciones constitutivas mediante un enfriamiento controlado, que puede o no efectuarse con disolventes (acetona, hexano, etcétera) Las fracciones obtenidas de esta manera tienen diversos usos en la industria de alimentos; por ejemplo, la separación del aceite de palma genera la “estearina” de alto punto de fusión y la “oleína”, que es un excelente aceite para freír, mientras que una fracción del palmiste se emplea como sustituto de la manteca de cacao; con agentes tensoactivos (jabones y detergentes) (Badui, 2006).

Una vez extraídos los aceites de la semilla de mamey, se procedió a realizar el fraccionamiento de los mismos, esto para dividir en dos porciones el aceite de mamey que es la fase oleosa y la fase esteárica, para ello se realizó una mezcla del aceite de mamey en acetona caliente en una solución al 20% con la muestra hasta disolver completamente entre 50-60°C, posteriormente se enfrió en un baño de agua hasta llegar a 1°C y manteniéndolo por una hora y media, se filtraron los cristales que se formaron con 3 lavados de acetona fría para después retirar los cristales y ponerlos a secar, ésta fracción grasa que es llamada *estearina* una vez secos se guardaron en frascos ámbar a 5°C en ausencia de luz, mientras que la fracción que permanece disuelta en la acetona que es el aceite llamado *oleína* se recuperó evaporando el disolvente y al igual que la fracción estearina se almacenó en frascos ámbar a 5°C en ausencia de luz (Arogba, 1997).



Figura 11. Fraccionamiento de aceite: (A) recuperador de disolvente, (B) fracción estearina, (C) fracción oleína.

4.7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES Y GRASAS.

Una vez realizado el fraccionamiento y obtenidas ambas fracciones se realizó el análisis de identidad de los aceites y grasas, donde se evaluó el índice de saponificación, índice de yodo y el perfil de ácidos grasos según las técnicas que se describen en el punto 4.10.1.

También se evaluaron los parámetros de calidad de los aceites y grasas como índice de peróxidos, índice de Kreis e índice de acidez para determinar el deterioro que sufren los lípidos durante su manejo de acuerdo a las técnicas descritas en el punto 4.10.1.

4.8. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA HARINA OBTENIDA DE LA SEMILLA DEL MAMEY

Después de hacer la extracción de los aceites y grasas se obtuvo la harina la cual se pasó por una molienda posteriormente por una malla No. 40 y a ésta se le realizó un análisis químico determinando su contenido de humedad, fibra cruda, cenizas, grasa, proteína y fenoles de acuerdo a las técnicas descritas en el punto 4.9.2.

En el apartado 4.10.3. se describen las pruebas de las propiedades funcionales que se realizaron para con ello realizar una propuesta de aprovechamiento de esta harina residual.



4.9. ELABORACIÓN DE MUFFIN SABOR CHOCOLATE

Con la harina obtenida de la extracción de aceites y grasas de la semilla de mamey, se propuso sustituir un porcentaje de harina de trigo en la elaboración de un producto de panificación (muffin), para ello se propusieron 3 diferentes concentraciones de sustitución de harina de semilla de mamey desgrasada (5, 15 y 25%). En la Tabla 7 se muestran las formulaciones propuestas para el producto realizado.

Tabla 7. Formulaciones empleadas para la elaboración de un muffin sabor chocolate adicionado con harina de semilla de mamey.

	Formulación 25%	Formulación 15%	Formulación 5%	Control %
Harina de trigo	17.23	19.53	21.83	22.97
Harina desgrasada de semilla de mamey	5.74	3.44	1.14	0
Azúcar	21.83	21.83	21.83	21.83
Leche	17.23	17.23	17.23	17.23
Huevo	12.98	12.98	12.98	12.98
Cacao	10.11	10.11	10.11	10.11
Mantequilla	7.24	7.24	7.24	7.24
Aceite vegetal	6.20	6.20	6.20	6.20
Polvo para hornear	1.15	1.15	1.15	1.15
Sal	0.29	0.29	0.29	0.29



Figura 12. Muffin de chocolate adicionado con harina de semilla de mamey.



Para evaluar cuál de las formulaciones es la más indicada, se procedió a realizar una prueba sensorial de aceptación con los muffins elaborados a panelistas no entrenados.

**PRUEBA SENSORIAL
MUFFIN**

FECHA: _____

NOMBRE: _____

DE ACUERDO A LAS ESCALAS PROPUESTAS CALIFIQUE LOS ATRIBUTOS SOLICITADOS DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS PRESENTES

ATRIBUTO	PA00	PA01	PA02	PA03	PA04
SABOR					
OLOR					
TEXTURA					
APARIENCIA					
ACEPTACIÓN GENERAL					

ESCALA GLOBAL
1 ME DISGUSTO
2 ME DISGUSTO UN POCO
3 NI ME DISGUSTO NI ME GUSTO
4 ME GUSTO UN POCO
5 ME GUSTO

Comentarios _____



4.10 MÉTODOS ANALÍTICOS

4.10.1 ANÁLISIS DE IDENTIDAD Y CALIDAD DE LOS ACEITES Y GRASA

Índice de saponificación: Es el peso en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa. Fue necesario pesar 5 g de muestra y mezclar con 50 mL de hidróxido de potasio (0.5 M en etanol al 96%), posteriormente se realizó un calentamiento por una hora. Azzl término de la hora se da un baño con agua y se titula con HCl 0.5N. Los resultados se expresan en mg KOH/g muestra (AOAC 920.160, 1980 y Kira, 1991).



Figura 13. Determinación del índice de saponificación.

Índice de yodo (Wijs): Es 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 adicción del yodo en presencia de catalizador contenido en el reactivo Wijs, que contiene triyoduro 0.1 N 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).

Para la determinación se pesan 0.25 gramos de muestra en un matraz ErlenMeyer mezclándolo con 3mL de cloroformo y 5mL de reactivo Wijs, una vez hecha la mezcla se cubre con papel se mantiene alejado de la luz por 2 horas para posteriormente agregar 4mL



de yoduro de potasio al 15% mas 30 mL de agua para detener la reacción, se añade un mililitro de almidón y se titula con tiosulfato 0.1 N previamente estandarizado para los cálculos posteriores. Se expresa en gramos de yodo absorbido por 100 gramos de muestra (AOAC 993.20, 1980).



Figura 14. Determinación del índice de Yodo.

Perfil de ácidos grasos: Mediante el método de cromatografía de gases se determinaron los ácidos grasos presentes en los aceites y grasas contenidas en la semilla de mamey. Éste método se basa en la transformación de los ésteres a ésteres metílicos, los cuáles son más volátiles y mediante estándares se puede conocer la composición de cada éster metílico presente en el aceite.

Antes de inyectar las muestras fue necesario metilarlas y para esto, se pesaron 25 mg de muestra (± 0.1 mg) en un tubo de vidrio al cual se le adicionaron 1.5 mL de NaOH metanólico (0.5M) y se agitó en vortex. La muestra se calentó a 100°C durante 5 minutos, para posteriormente enfriarla y adicionar BF_3 (Trifloruro de Boro), nuevamente se llevó a calentamiento a 100°C durante 30 minutos, una vez transcurrido el tiempo, se enfrió la muestra para adicionar 1 mL de isooctano y mezclar. Posteriormente se agregó una solución saturada de NaCl para finalmente extraer en un vial con micropipeta la fase cristalina, la cual contenía los esterios metílicos de los ácidos grasos y se inyectó 1 microlitro en el cromatógrafo (marca Varian-3800) (AOAC, 1995), con un detector de ionización de flama



y una columna de sílice fundida, 30 m x 0.25 mm recubierta con una fase de poliglicol sobre la base Carbowax- 20M empleando una mezcla de estándares F.A.M.E MIX C14-C22 No. CAT. 18917-1 AMB marca Sigma (Pascual, 2013). Las condiciones empleadas en el cromatógrafo de gases para la determinación de los ácidos grasos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Condiciones para determinar los ácidos grasos en el cromatógrafo.

<i>Componente</i>	<i>Condición</i>
Inyector	250°C
Detector (FID)	280°C
Rango de temperatura del horno	100-250°C
Gas de flujo	Nitrógeno

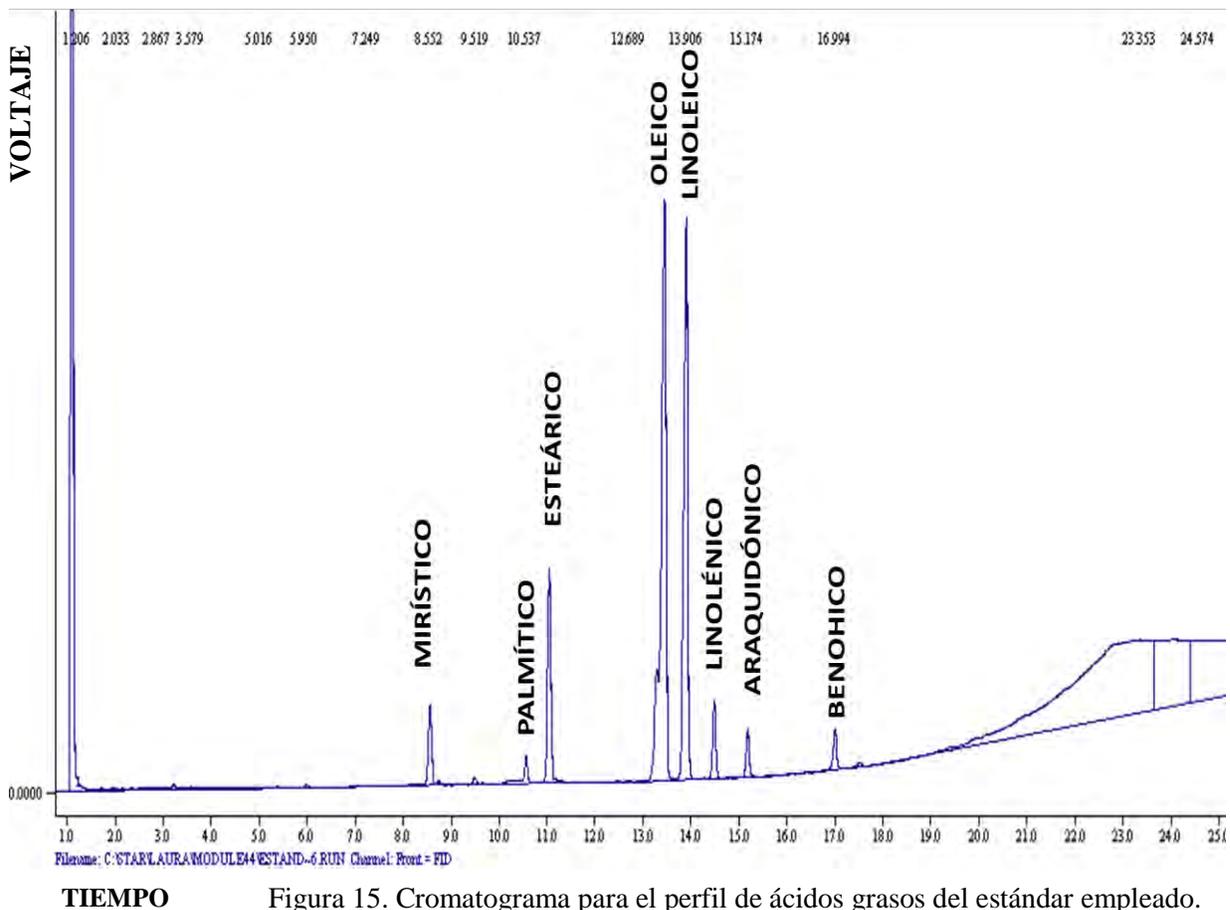


Figura 15. Cromatograma para el perfil de ácidos grasos del estándar empleado.



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 tiosulfato sódico. Para la determinación se pesaron 1 gramo de muestra y se agregan 10 mL de la solución 3:2 de ácido acético más cloroformo, se añaden 0.16 mililitros de solución saturada de yoduro de potasio dejándolo reposar durante un minuto, transcurrido este tiempo se agregan 10 mL de agua para detener la reacción y se le coloca un mililitro de almidón como indicador titulándose con tiosulfato 0.01N previamente estandarizado para los cálculos posteriores (AOAC 965.99, 1980 Y Kira, 1991).

Índice de kreis: Este método 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. Para la determinación se pesaron 0.5 gramos de muestra y se le añade 1mL de solución de ácido tricloro acético más ácido acético al 30%, posteriormente se agregaron 0.25 mL de fluoroglicina al 1%, para calentar a baño maría a 45°C por 15 minutos y finalmente se midió en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 545nm (Kira, 1991).

Índice de acidez: Es la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio necesaria para neutralizarlos ácidos grasos libres en 1.0 g de aceites o grasas. Éste método se basa en la titulación de los ácidos grasos libres con un álcali.

Fue necesario pesar 1 g de muestra la cual se colocó en un matraz Erlenmyer de 125 ml y se le adicionó 15 ml de alcohol previamente neutralizado (utilizando tiras de indicador de pH). Posteriormente se calentó a 60°C agitándolo por 10 minutos para finalmente titular la mezcla en caliente con una solución de KOH a 0.0025 N, agitando después de cada adición de álcali. Calculando el índice de acidez como mg de KOH por gramo de muestra y el índice de acidez como % ácido oleico (AOAC 972.28, 1980 y Kira, 1991).



4.10.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DE LA HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DE MAMEY.

Humedad: Éste método se basa en la pérdida de peso de la muestra al someterla al secado. La charola se colocó a peso constante y se pesaron 5 gramos de muestra, se puso en la estufa a 105°C por 4 horas, se dejó enfriar en un desecador por 15 minutos y se pesó (NMX-F-083-1986).

Cenizas: Este método determina el residuo inorgánico no hidrolizable por el método de Klem y que queda después de incinerar la materia orgánica a 550°C.

En un crisol a peso constante se pusieron 5 g de muestra, se colocó el crisol con la muestra en una parrilla y se incineró lentamente el material hasta que ya no desprendiera humos, evitando que se proyecte fuera del crisol. El crisol se llevó a una mufla durante 16 horas para efectuar la calcinación completa. Se dejó enfriar en la mufla y después se transfirió al desecador para su completo enfriamiento y así determinar la masa del crisol con cenizas (NMX-F-066-S-1978).

Fibra Cruda: Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda (NMX-F-090-S-1978).

Fenoles: Se determinó el contenido de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Para preparar la muestra se pesaron 250 mg de muestra en un micro tubo para centrifuga, se agregó 1 mL de metanol al 80%, después se agitó en el vortex durante 1 min, se centrifugó a 10 000 rpm durante 15 min, posteriormente se recuperó el sobrenadante y fue transferido a otro micro tubo, se agregó al pellet 500 µL de metanol al 100%, se agitó en el vortex durante 1 min, se centrifugó a 10 000 rpm durante 15 min, se recuperó el sobrenadante y se transfirió al micro tubo que contiene el sobrenadante obtenido de la primera centrifugación, se ajustó el volumen a 2 mL. Se protegió de la luz el micro tubo con el extracto y manteniéndolo a -20° C, hasta que su uso. La medición se realizó en un espectrofotómetro a 750nm (Slinkard y Singlaton, 1977).



Proteínas: Se determinó por el método de Lowry, el cual se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina y mediante reducción del reactivo de Folin-Ciocateau (Ácido fosfomolibdicofosfotúngtico), a heteropolomolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos que es catalizado por cobre. La reacción se llevó a cabo en medio alcalino (pH de 10-10.5). Se utilizó como estándar albúmina sérica bovina (Lowry y col 1951).

4.10.3. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DEL MAMEY.

Capacidad de hinchamiento. Indica la capacidad de la muestra para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua; se determinó colocando 0.2 gramos de la muestra en una probeta graduada, se adicionaron 20 mL de agua destilada registrando su volumen inicial (V_i), luego fue agitada suavemente y se dejó en reposo durante 18 horas a temperatura ambiente, posteriormente se midió el volumen que ocupó la muestra (V_f). La capacidad de hinchamiento se reportó como la relación del volumen ocupado por la muestra entre el peso de la muestra seca (Robertson y col, 2000).

Capacidad de retención de agua. La capacidad de absorción de agua se expresa como la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de muestra seca en presencia de un exceso de agua bajo la acción de fuerza externa como la centrifugación. Para su determinación se pesó 0.1 g de muestra seca en tubos para centrífuga, se adicionaron 2.5 mL de agua destilada y después se agitó. Luego se dejó reposar a temperatura ambiente por 18 horas para después centrifugarlos a 3000 rpm durante 20 minutos, en una centrífuga marca (Daigger 4350). A las muestras centrifugadas se les eliminó el sobrenadante. El residuo fresco se pesó, se secó (2h, a 120°C) y se pesó nuevamente. La capacidad de retención de agua se reportó como los gramos de agua retenida por gramo de residuo seco (Robertson y col., 2000).

Capacidad de retención de aceite. La capacidad de absorción de aceite indica la máxima cantidad de aceite que puede ser retenida por gramo de muestra seca en presencia



de un exceso de aceite, después de ser sometida a una fuerza externa que es la centrifugación. Para su evaluación se pesaron 0.1 gramos de muestra en tubos de centrífuga y se adicionó 2.5 mL de aceite de maíz. Se agitó durante 30 minutos (30 segundos cada 5 minutos). Posteriormente se centrifugó los tubos a 2000 rpm durante 25 minutos y se eliminó el sobrenadante, en una centrífuga marca (Daigger 4350). El aceite absorbido de las muestras se determinó por diferencia de peso. La capacidad de absorción de aceite absorbidos por gramo de muestra seca (Abdul, 2000).

4.11. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Para el tratamiento de resultados se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), diseño factorial 2^k , con un nivel de significancia de 5%, en un paquete estadístico SPSS.

ANÁLISIS Y RESULTADOS





5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DE ACEITE Y GRASA

5.1.1. RENDIMIENTO DE ACEITE/GRASA Y HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DEL HUESO DE MAMEY.

De las semillas de mamey se realizó la cuantificación de grasa contenida por el método de Soxhlet para determinar la factibilidad de la extracción de los lípidos, obteniéndose un 33.71%, el cual habla de un muy buen rendimiento para la extracción de aceite de la semilla de mamey, este porcentaje es similar a lo reportado por (Laiz-Saldaña y col., 2009) los cuales obtuvieron 37.5% en base seca.

Como se mencionó el hueso de mamey es una fuente importante de aceite, para determinar qué cantidad de aceite se obtenía por cada uno de los métodos propuestos se propuso evaluar el rendimiento, los cuales se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Rendimiento de aceite/grasa y harina desgrasada de la semilla del hueso de mamey.

EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO		SOXHLET	
ACEITE/GRASA %	HARINA DESGRASADA %	ACEITE/GRASA %	HARINA DESGRASADA %
34.74±0.51	65.26±0.27	33.71±1.69	66.29±0.28

Para ambos métodos no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) ni en el porcentaje de la fracción lipídica ni en la harina desgrasada, por lo tanto en cuanto a rendimiento se eligió el método de extracción asistida por ultrasonido ya que los tiempos de operación son mucho menores que los de Soxhlet y el equipo permite trabajar con mayor cantidad de muestra.



5.2.1. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE IDENTIDAD DE LA FRACCIÓN OLEÍNA (ACEITE) Y ESTEARINA (GRASA) DE LA SEMILLA DEL HUESO DE MAMEY.

Ya que se obtuvo la fase lipídica de la semilla de mamey, se procedió a realizar un fraccionamiento donde se obtuvieron una fase oleína (aceite) y una fase estearina (grasa), esto se realizó para ambos métodos de extracción (Soxhlet y extracción asistida por ultrasonido), a partir de estas fases se procedió a determinar los parámetros de identidad de las fracciones lipídicas de la semilla de mamey los cuales se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros de identidad de las fracciones lipídicas de la semilla de mamey, por los dos métodos de extracción (Soxhlet y extracción asistida por ultrasonido).

FRACCIÓN	EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO		SOXHLET	
	Grasa (estearina)	Aceite (oleína)	Grasa (estearina)	Aceite (oleína)
I. SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g muestra)	172.18±61.34a	267.00±32.01a	252.72±21.62a	223.24±14.40a
I.YODO (g I₂/100g muestra)	32.97±1.19a	39.78±0.35a	35.69±1.75a	40.95±1.06a

Nota: El \pm indica la desviación estándar el promedio de tres repeticiones. Las letras iguales indican que no presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

Actualmente existen pocos estudios realizados al aceite o grasa de semilla de mamey, este es direccionado a cierto sector comercial (cosmetología, farmacia, etc.). Es importante evaluar los parámetros de identidad de un aceite ya que son la referencia sobre la pureza y calidad del mismo. El Índice de saponificación es una medida indirecta del peso molecular de los ácidos grasos contenidos en un aceite.

El índice de saponificación (IS) es expresado como el número de miligramos de KOH requeridos para saponificar los ácidos grasos libres y combinados, presentes en un gramo de grasa y ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituye la grasa (Chatterjea y col., 2012; Nielsen, 2003). Las grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta consumen más KOH en su saponificación mostrando IS más grandes y las que poseen ácidos grasos de cadena larga consumen menos álcali exhibiendo valores pequeños de Índice de saponificación (Chatterjea y col., 2012).



Se observa (Tabla 10) que el índice de saponificación no presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el aceite de semilla de mamey obtenido por los dos métodos de extracción propuestos, lo que indicaría que el método no afecta la composición de los aceites en general.

Sin embargo, el índice de saponificación es mayor en la fracción de aceite comparado con el obtenido en la fracción de grasa en los aceites extraídos por el método de extracción asistida por ultrasonido, lo que indicaría que el método altera las fracciones lipídicas obtenidas. La composición de ácidos grasos del aceite de mamey reportada por Solís y col. (2015), indican que el ácido graso predominante es el oleico por lo que el índice de saponificación estaría dado en función a este ácido graso.

Por otro lado el índice de yodo (IY) 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 la hidrogenación. Constituye una medida del grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en el aceite, será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa.

Los aceites comestibles contienen buena cantidad de ácidos grasos insaturados, dando IY relativamente altos. Existe relación entre el grado de insaturación y el grado de enranciamiento, puesto que los glicéridos de ácidos grasos con 2 o 3 dobles enlaces son más sensibles a la oxidación. Los aceites de pescado, sardina, bacalao, tienen IY muy elevados (pasan de 120), los aceites de oliva, almendras tienen IY inferiores a 100, los aceites de algodón, maíz tienen IY intermedios y las grasas vegetales generalmente tienen IY entre 30-60. Las grasas animales tienen IY inferiores a 90 y generalmente las grasas viejas y enranciadas tienen Índices de yodo inferiores a los de las grasas frescas (Sánchez y col, 2013).

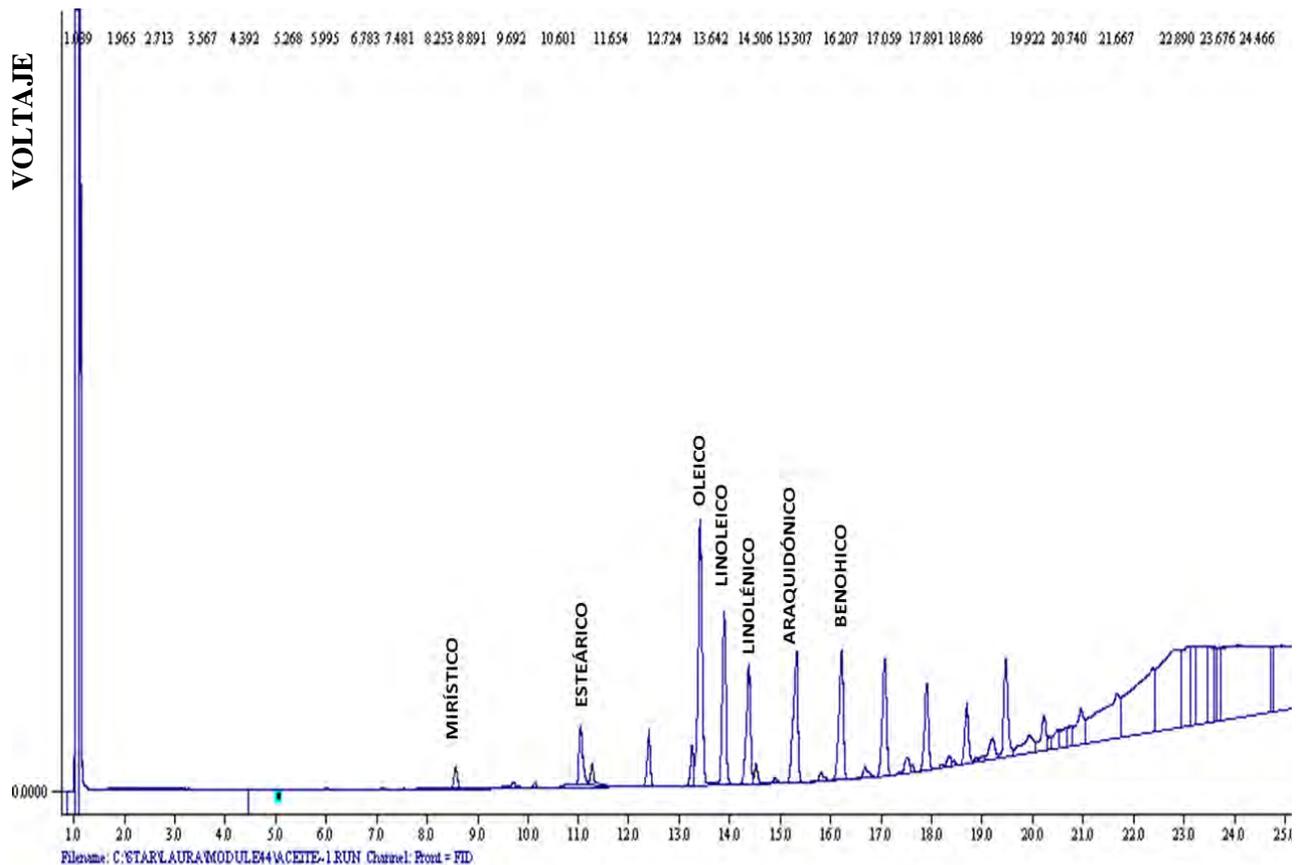
Respecto al índice de yodo, los aceites en general se pueden clasificar en: secantes con valores entre 140 y 210 g I/g, semisecantes entre 100 y 140 g I/g y no secantes por debajo de 100 g I/g; dependiendo de esta clasificación, el aceite puede tener diferentes usos en la industria. De acuerdo a los datos obtenidos por ambos métodos se clasificaría al aceite obtenido como un aceite no secante, los cuales son utilizados con frecuencia en la elaboración de cremas y jabones líquidos (Lafont y col, 2011). Los datos obtenidos son similares a los reportados por Vilchis y col. (2008) donde evaluaron el índice de yodo en



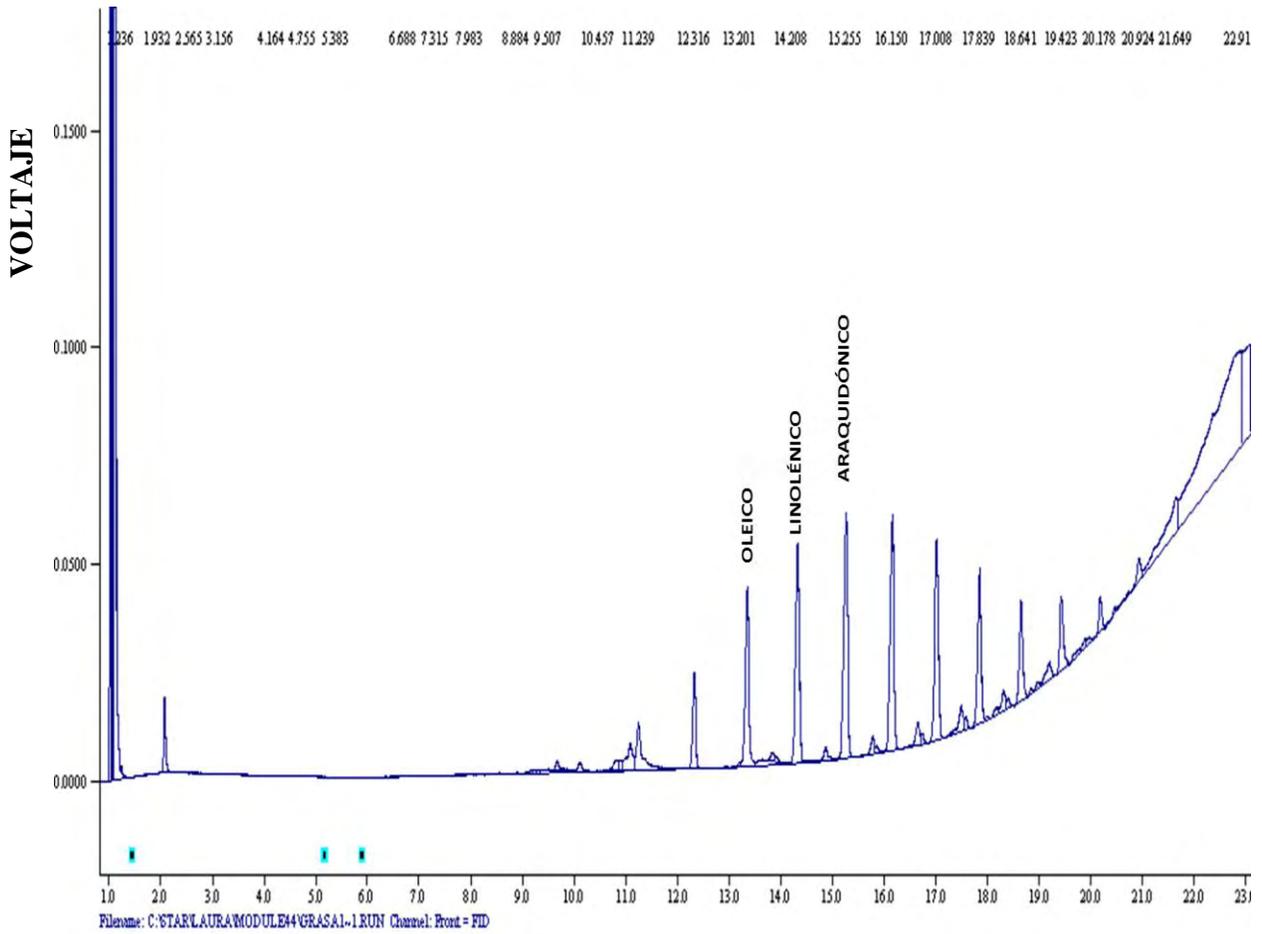
aceite de semilla de mango reportando $25.2 \pm 0.9434.4 \pm 0.50\%$ de yodo absorbido, lo cual puede estar relacionado con el proceso de fraccionamiento utilizado en ambas investigaciones.

5.2.2. IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS.

Por medio de cromatografía de gases se realizó un perfil de ácidos grasos, donde se identificaron los ácidos grasos presentes en ambas fracciones obtenidas estearina (grasa) y oleína (aceite), en la Figura 16 se muestra el cromatograma de la fracción oleína, en la Figura 17 el cromatograma para la fracción estearina y en la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos.



TIEMPO Figura 16. Cromatograma para el perfil de ácidos grasos para la fracción oleína de la semilla de mamey.



TIEMPO Figura 17. Cromatograma para el perfil de ácidos grasos para la fracción estearina de la semilla de mamey.

Tabla 11. Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite y grasa de la semilla de mamey (cromatografía cualitativa).

	OLEÍNA (ACEITE)	ESTEARINA (GRASA)
ÁCIDOS GRASOS	Mirístico	Oléico
	Estéarico	Linoléico
	Oléico	Linolénico
	Linoléico	Araquidónico
	Linolénico	
	Araquidónico	
	Benhoico	



Al no presentar diferencia significativa el método de extracción en los parámetros de identidad mencionados anteriormente (índice de yodo e índice de saponificación) se estableció que se haría el perfil de ácidos grasos de las fracciones obtenidas por el método de extracción asistida por ultrasonido. De acuerdo a los datos obtenidos se identificaron más ácidos grasos en la fracción oleína. Según lo registrado por Wong (1998) se identificaron los ácidos grasos Palmítico, Estéarico, Linolénico, Oléico y Linoléico, siendo éstos dos últimos los de mayor porcentaje, es importante hacer notar que un alto porcentaje de ácidos grasos del aceite de mamey son insaturados por lo que tiende a oxidarse muy fácilmente.

5.2.3. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA FRACCIÓN ACEITE Y GRASA DEL HUESO DE MAMEY.

Los parámetros de calidad de los aceites y grasas son importantes para poder saber si estos se degradan con facilidad, por ello la evaluación de éstos en las fracciones lipídicas obtenidas, del aceite de la semilla de mamey se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Parámetros de calidad de las fracciones lipídicas de la semilla de mamey, por los dos métodos de extracción propuestos.

FRACCIÓN	EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO		SOXHLET	
	Grasa (estearina)	Aceite (oleína)	Grasa (estearina)	Aceite (oleína)
ÍNDICE DE PEROXIDOS (meqO ₂ /Kg muestra)	3.09±0.74a	19.11±0.17a	3.45±3.29a	12.91±0.75a
ÍNDICE DE KREIS (abs a 545nm/g muestra)	1.24±0.07a	2.68±0.40a	1.327±0.05a	2.53±0.21a
INDICE DE ACIDEZ (mgNaOH/g muestra)	3.76±0.89a	9.44±0.48a	1.37±2.44a	9.28±0.17a

Nota: El ± indica la desviación estándar el promedio de tres repeticiones. Las letras iguales indican que no presenta diferencia significativa (p≥0.05).



La causa más común de deterioro de un aceite es la rancidez, causada por la oxidación. Generalmente se acepta que el primer producto formado por la oxidación de un aceite es hidroperóxido, por lo que el método más usado para evaluar el grado de oxidación es determinar el valor peróxido, el cual se reporta en unidades mili-equivalentes de oxígeno por kilogramo de aceite. El valor peróxido es un buen indicador de la calidad del aceite, un aceite fresco debe tener valores menores a 1, algunos aceites almacenados por algún tiempo después de refinación pueden llegar hasta valores de 10 antes de presentar problemas de sabor, pero si se presentan problemas de olor por las cetonas y aldehídos en los que se descomponen (Kirk, 2008).

El índice de peróxido mide la oxidación del aceite fresco o el grado de rancidez en el momento de la prueba, se considera que los productos con índice superior a 2 meq de O_2/Kg son altamente propensos a mostrar rancidez (Belén y col., 2005). En los resultados obtenidos se observa que no hay un efecto por el método de extracción, sin embargo, para ambas fracciones el valor es superior a 1 meq de O_2/Kg , siendo la fracción esteárica la que presentó menor índice de peróxidos con respecto a la fracción de aceite, lo cual indicaría que la está fracción oleína es más susceptible a la oxidación. Ésta susceptibilidad se le puede atribuir a que la mayor parte de los ácidos grasos contenidos en ambas fracciones son insaturadas lo que provoca tener un aceite más sensible y por lo tanto los cuidados de almacenamiento deben de ser más estrictos.

De acuerdo al CODEX STAN 19 -1981 los máximos permitidos para éste parámetro son 15 meq O_2/Kg , la fracción de aceite obtenida por el método de extracción asistida por ultrasonido rebasa éste valor, sin embargo, en algunos aceites vírgenes o extra vírgenes los valores de peróxidos no deben superar los 20 meq O_2/Kg . Moo y col. (2013) reportan valores de peróxidos de 5.45 ± 0.97 meq O_2/Kg , lo cual es similar a lo encontrado para la fracción de grasa. Con respecto al índice de Kreis no hay diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ambos métodos, los valores obtenidos en el aceite son más altos (dos veces más) que los que se obtuvieron para grasa ya que el aceite es más susceptible al deterioro, lo cual se observó desde la formación de peróxidos. Los datos que se obtuvieron en comparación a lo reportados por Vilchis y col. (2008) para el aceite de semilla de mango fue de alrededor 0.13 ± 0.1 abs a 545nm/g de grasa siendo menores en comparación con las muestras de mamey, lo que indica que el aceite de mamey en general es más susceptible al deterioro.



La acidez es la cantidad de ácidos grasos libres que están presentes en el aceite y grasa, por estar libres no forman parte de los triglicéridos, entre más alto sea el valor de acidez de aceite menor será el grado de calidad de éste.

La acidez de las sustancias grasas es muy variable. Generalmente las grasas frescas o recién preparadas no contienen ácidos grasos libres o si los contienen los tienen en muy pequeñas cantidades, al envejecer, especialmente si no han estado protegidos de la acción del aire y la luz su acidez crece lentamente al principio y con cierta rapidez después. Tiene importancia tanto para aceites comestibles como para los lubricantes, porque ni unos ni otros pueden contener ácidos grasos libres más allá de un límite dado, ya que se considera como impureza en las grasas (Ramírez, 2008).

Respecto a los datos que se obtuvieron para la semilla de mamey el método de extracción no afecta en la presencia de ácidos grasos libres, ya que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en este parámetro. Según los datos que obtuvieron Moo y col, (2013) para aceite de mamey en la acidez es de 4.44 ± 2.19 , el cual es cercano a los que se obtuvo en esta investigación.

Destacando que la fracción de aceite presentó mayor grado de acidez comparado con la fracción grasa, lo que corrobora que esta fracción es más susceptible al deterioro.

5.3. CARACTERIZACIÓN DE HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DE MAMEY.

5.3.1 ANÁLISIS QUÍMICO DE LA HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DE MAMEY.

Para generar una propuesta de aprovechamiento de los residuos obtenidos de la extracción de aceite, se procedió a caracterizar el residuo sólido, el cual fue denominado como harina desgrasada. En la Tabla 13 se presenta la composición química de dicha harina.



Tabla 13. Composición química de la harina desgrasada de semilla de mamey.

COMPONENTE	EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO	SOXHLET
HUMEDAD (%)	4.50±0.6434a	4.70±0.190a
CENIZAS (%)	4.49±0.131a	4.63±0.279a
PROTEÍNA (%)	14.35±7.274a	10.64±0.852a
GRASA (%)	5.34±318a	5.19±0.055a
FIBRA (%)	31.75±0.395a	22.74±1.819a
*CARBOHIDRATOS (%)	39.56a	47.569a
FENOLES (mg Ac. G/g muestra)	35.07±1.897a	38.42±2.739a

Nota: *Carbohidratos se obtuvo por diferencia. El \pm indica la desviación estándar el promedio de tres repeticiones. Las letras iguales indican que no presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

En la composición de la harina desgrasada no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) por el método de extracción de grasa, sin embargo la primera observación hecha es que si disminuye el contenido de grasa en la harina significativamente ya que la semilla de mamey posee 33.71 ± 1.80 y después de la extracción llega a una cantidad de 5.3% lo que indicaría que los métodos de extracción son eficientes, por otro lado se puede observar con respecto a la cantidad de fibra obtenida de la harina desgrasada el contenido es alto de alrededor del 20 al 30% este puede ser un aporte importante para el desarrollo de cualquier producto, también se puede observar que existe un alto contenido de proteína y según Bravo y col., 2008 el tipo de proteína encontradas como las prolaminas y glutelinas (75.9%) de la semilla del mamey son semejantes a las encontradas en algunos cereales. Cabe mencionar que la harina cuenta con un alto contenido de fenoles los cuales actualmente tienen gran importancia debido a sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antifúngico y como moduladores de rutas metabólicas en mamíferos (Quiñonez y col., 2013), además de que se han vuelto muy atractivos en diferentes áreas como nutrición, salud y medicina; sin embargo, el alto contenido de estos compuestos en la harina presentan sabores amargos.



5.3.2 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DESGRASADA DE LA SEMILLA DEL MAMEY.

Siguiendo con el objetivo de realizar una propuesta de aplicación para la harina desgrasada de la semilla del mamey, se realizó la evaluación de las propiedades funcionales la cual se describe en la Tabla 14, esto con el fin de poder decidir hacia que producto puede ser empleada ésta harina y así darle un uso de mayor importancia.

Tabla 14. Propiedades funcionales de la harina desgrasada de semilla de mamey.

	EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO	SOXHLET
CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (mL/g)	4.00±0.43a	4.77±0.19a
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (gH₂O/g muestra)	5.74±0.84a	4.99±0.59a
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (g aceite/g muestra)	4.71±0.20a	3.96±0.21a

Nota: El \pm indica la desviación estándar el promedio de tres repeticiones. Las letras iguales indican que no presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

Según los datos que se obtuvieron no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en las propiedades funcionales de las harinas obtenidas después de la extracción de aceite por los dos métodos propuestos en este proyecto. La capacidad de hinchamiento estaría directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y es una propiedad funcional de las proteínas, fundamental para la preparación de alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y de productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Praderes y col., 2009), los datos obtenidos para capacidad de retención de agua e hinchamiento son similares a los reportados por Rodríguez y col., 2012 para harina de papa con valor de capacidad de absorción de agua de 4.48 ± 0.11 y capacidad de hinchamiento de 4.84 ± 0.12 . Entre mayor sea el porcentaje de absorción de agua favorece la textura de los productos de panadería, se puede utilizar para enriquecer las mezclas de otras harinas comercial para elaborar pan (Ramírez y Pacheco, 2006).

Respecto a la capacidad de retención de aceite ésta propiedad es muy importante para la formulación de productos de panadería, productos cárnicos y sustitutos de carne, sopas y alimentos para freír ya que se relaciona con la capacidad de retención de los sabores y con



la suavidad que adquiere el producto. Así mismo, disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe, 2002).

5.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL MUFFIN SABOR CHOCOLATE ELABORADO CON HARINA DESGRASADA DE SEMILLA DE MAMEY.

Como el principal objetivo de la presente investigación es el aprovechamiento de residuos de la extracción de aceite de la semilla de mamey, se propuso un producto de panificación (muffin), en el cual se sustituyó un porcentaje de la harina de trigo por la harina desgrasa de mamey con la finalidad de enriquecer el producto debido a los componentes presentes en esta harina sin alterar sus propiedades sensoriales. En la Tabla 15 se presenta las características sensoriales del muffin.

Tabla 15. Evaluación sensorial de los muffin sabor chocolate adicionados con harina de mamey desgrasada.

FORMULACIÓN	SABOR	OLOR	TEXTURA	APARIENCIA	ACEPTACIÓN GENERAL
CONTROL	3.96±0.97b	3.96±0.97a	4.28±1.06b	4.32±0.69a	4±0.95b
5%	3.84±0.94b	4.04±0.78a	3.92±0.90a,b	4.28±0.73a	3.92±0.64b
15%	4±1.11b	4±0.81a	3.8±1.04a,b	4.28±0.84a	3.96±0.78b
25%	2.8±1.44a	3.8±1.19a	3.36±1.18a	4.16±0.98a	3.2±1.15a

Nota: El \pm indica la desviación estándar el promedio de tres repeticiones. Las letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

La evaluación sensorial se realizó a 25 panelistas no entrenados, a los cuales se les presentaron 3 muffins con diferentes concentraciones de harina de semilla de mamey desgrasada (5, 15 y 25%) y una muestra control, esto con el fin de conocer si existe alguna percepción diferente con la adición de la harina desgrasada de semilla de mamey; con respecto a los datos obtenidos podemos decir que el muffin que contenía 25% de harina desgrasada es el que presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el sabor y la aceptación general del producto con respecto a los muffin control, sin embargo, las formulaciones de 5



y 15% de adición los panelistas no detectaron la presencia de la harina desgrasada de mamey. Por lo que adicionar hasta un 15% de harina de mamey no afectara las propiedades sensoriales del muffin, dando así una alternativa de aprovechamiento de residuos, así como aportar un valor agregado al producto final por el alto contenido de fibra, proteína y la presencia de compuestos fenólicos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





6. CONCLUSIONES

No se observó efecto en los parámetros de identidad (índice de yodo e índice de saponificación) del aceite obtenido de las semillas de mamey derivado de los métodos de extracción.

Hubo un mayor rendimiento de material lipídico en la extracción asistida por ultrasonido, por lo cual se eligió éste método al ser eficaz y el que emplea un menor tiempo de proceso. De las fracciones obtenidas del material lipídico de la semilla de mamey, se observó que la fracción oleína (aceite) es más susceptible a la degradación y oxidación, mientras que la fracción estearina (grasa) presentó valores de peróxidos, acidez e índice de Kreis menores en comparación, no mostrando efecto por el método de extracción.

Ambas fracciones lipídicas presentaron índices de yodo menores a 100 g I/g por lo que se clasificó como un aceite secante, los cuales son utilizados con frecuencia en la elaboración de cremas y jabones líquidos.

Ambas fracciones al tener en su composición ácidos grasos insaturados Oleico, Linoleico, Linolénico tienden a oxidarse más rápida y fácilmente, es por eso que hay que tener en cuenta que cualquier exposición de luz o altas temperaturas pueden llegar a degradar éstos aceites y al presentar éstas características se debe de tener un mayor cuidado en el manejo y almacenamiento.

La harina que resulta después de la extracción del aceite tiene alto contenido en fibra la cual ayuda a mejorar la digestión y compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, anticancerígenos; también presentó un contenido de proteína importante, teniendo un gran auge en la actualidad, la cual podría emplearse como sustituto o aditivo en algún cereal o en alguna bebida. Al tener un elevado porcentaje de absorción de agua favorece la textura de los productos de panadería y se pudo utilizar para enriquecer las mezclas de otras harinas comerciales para elaborar pan.

La adición de harina desgrasada de semilla mamey en la elaboración de un muffin sabor chocolate, no alteró las propiedades sensoriales del producto a una concentración de 15%, lo cual es un referente para el aprovechamiento de la harina desgrasada de la semilla de mamey en el desarrollo de diversos productos alimenticios.



7. RECOMENDACIONES

- ✓ Al ser tan susceptible la materia lipídica de la semilla de mamey se debe de tener mucho cuidado en la manipulación después de la extracción, una vez extraída se debe almacenar en frascos color ámbar evitando la exposición a la luz y a una temperatura de -10°C para evitar que empiece el proceso de degradación y oxidación.
- ✓ Se sugiere realizar la cuantificación de los ácidos grasos para tener un mejor panorama y así ser más certero en la propuesta de aplicación de la parte lipídica de la semilla de mamey.
- ✓ Otra propuesta es el emplear algún otro método de extracción como lo es el prensado para evitar el uso del solvente en la extracción del aceite de semilla de mamey.
- ✓ En cuanto a la harina es necesario determinar la presencia de algunos compuestos tóxicos como los cianuros para descartar posibles riesgos en el empleo de este subproducto. Además de probar la aplicación de ésta harina a otros productos y evaluar que tan viable es su uso.
- ✓ Realizar el análisis químico de los muffin para identificar en qué proporción se está aumentando el contenido de fibra en el producto con la adición de la harina de hueso de mamey y con ello establecer su funcionalidad.

REFERENCIAS





REFERENCIAS

- Abdul H. A (2000). *Functional properties of dietary fibre prepared from deffated rice bran*. Food Chehistry, 68 (1):15-19.
- AOAC (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Howitzs, W. Washington.
- AOAC (1995). *Methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D. C.
- Arogba, S. S. (1997). *Physical, Chemical and Fuctional properties of Niegerian Mango (Mangifera indica) Kernel and its processed Flour*. J. Sci. Food Agric, 73, 321-328.
- Arzudia C, (2006). *Tres especies de zapote en América Tropical*. Universidad de Southampton.
- Badui S. (2006). *Química de los Alimentos*. Cuarta Edición.
- Bailey Alton, E. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Editorial Reverte, S.A. España.
- Belén D.J, López I, González M, Moreno M. J, Medina C. (2005). *Evaluación fisicoquímica de la semilla y del aceite de corozo*. Grasas y aceites. 56 (4): 311-316.
- Beyer H, Wolfgang W. (1987). *Manual de Química Orgánica*. Ed. Reverte S.A. Barcelona.
- Bravo C, Manuel M, Sánchez E, Martínez C, Bernardino A, Vivar M. (2008). *Caracterización parcial de la harina desengrasada de la semilla de zapote mamey (Pouteria sapota)*. V Congreso de Ingeniería Bioquímica. México, D.F.



- Caldas A. (2012). *Optimización, escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Cuenca. Tesis de Lic. de Ingeniería Química. Cuenca.
- Casas, A. N. (1977). *Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del mamey (Calocarpum mammosum)*. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. D. F., México, pp. 95.
- Chatterjea MN, Shinde R. (2012). *Textbook of Medical Biochemistry*. Jaypee Brothers Medical Publishers. Eighth Edition, pp 54-55.
- Ciani R., Poullier C., Sarquis A., Alonso B. (1993). *Estudio de competitividad Agropecuaria y Agroindustrial, Oleaginosas, Aceites y Harinas*. Buenos Aires.
- CODEX STAN 19-1981. Norma general del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales del CODEX.
- Coleparmer (2015). *Mantenimiento de producto. Cómo optimizar su limpiador ultrasónico*. Disponible en: <<http://www.coleparmer.com/TechLibraryArticle/796>>
- COMITÉ SISTEMA PRODUCTO MAMEY DE GUERRERO, A.C. (2012). Plan Rector. Chilpancingo, Guerrero.
- Ebay. (2018). Disponible en: <<https://www.ebay.com/itm/MAMMEY-APPLE-Mammea-americana-APHRODISIACAL-Fruit-Tree-LIVE-Potd-8-12-in-PLANT-/360461945165>>
- Kira, R. S. (1991). *Pearson's Composition and Analysis of Foods*. Ed. Longman Scientific & Technical. USA.



- Kirk, R., Sawyer, R., Egan, H. (2008). *Composición y Análisis de los alimentos de Pearson*. 2ª edición. Grupo editorial Patria. México.
- Kreatera. (2010). Disponible en: <<http://www.malinalli.com.mx/>>
- Lafont J, Páez M, Portacio A. (2011). *Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (Anacardium occidentale L)*. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Información Tecnológica Vol. 22 N° 1, p55.
- Lamarque A, Zyadlo J, Iabuckas D, López L, Torres M, Mestri D. (2008). *Fundamentos Teórico-Prácticos de Química Orgánica*. Grupo Editor. Córdoba-Argentina.
- Laiz, S. R., Tovar, M., M. C., Durán, B., J.A. Solís, F., (2009). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Producción de biodisel por tranesterificación alcalina de aceite crudo de “almendras” de zapote mamey (Pouteria sapota)*. Tecnología y Ciencia. 24 (1): 48-56.
- Lowry, o., Rosenbrough, N., Farr, A., Randall, R. (1951). *Protein measurement with the Folin Phenol Reagent*. Journal Biological Chemistry. 193: 265-275.
- Mayoreo naturista. (2018). Disponible en: <<https://www.mayoreonaturista.com/gel-fijador-con-aceite-de-mamey-250g>>
- Moo V, Estrada I, Estrada R, Cuevas L, Sauri E. (2013). *Chemical composition of crude oil from the seeds of pumpkin (Cucurbita spp.) and mamey sapota (Pouteria sapota)*. Journal of food. 11(4): 324-327.
- Morales, M. (2012). *Toxicología alimntaria. Grasas y aceites alimentarios*. ediiones Dáz de Santos. pp.519.



- Morera, J.A. (1982). *El zapote*. Unidad de Recursos Genéticos. CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica.
- Neetesuela. (2017). Disponible en <<https://neetesuela.org/que-es-la-cavitacion/>>.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Normas Mexicanas.
- NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Normas Mexicanas.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos. Normas Mexicanas.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Normas Mexicanas.
- Nielsen SS. (2003). *Análisis de Alimentos*. Editorial Acribia, S.A. 3^a Edición, Zaragoza España, pp 275-276.
- Nuñez C, (2008). Extracciones por equipo soxhlet.
- Pascual, B. S (2013) Efecto de la temperatura sobre las propiedades fisicoquímicas y la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de chía (salvia hispánica L.). Tesis de Maestría. Escuela de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional.
- Peredo H, Palou E, López A. (2009). *Aceites esenciales: Métodos de extracción*. Departamento de ingeniería y química de alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.



- Pérez E. (2003). *Aislamiento y caracterización de la secuencia génica que codifica para la enzima poligalacturonasa de mamey (Pouteria sapota)*. Centro de Desarrollo de productos Bióticos. IPN. Morelos, México.
- Praderes, G.; A. García y E. Pacheco. 2009. Caracterización físico-química y propiedades García et al. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina de granos de quinchoncho 928 *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (4): 919-928. 2012 funcionales de harina de quinchoncho (Cajanus cajan) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 35 (2): 79-84.
- Quiñonez, J., Trujillo, R., Capdesuñer, Y., Quirós, Y., Hernández, M., (2013). *Potencial de actividad antioxidante de extractos fenólicos de Theobroma cacao L. (cacaco)*. *Revista Cubana Plant Med.* Vol. 18. No.2.
- Ramírez, A., Pacheco, D. (2006). *Propiedades funcionales de harina altas en fibra dietética obtenida de piña, guayaba y guanábana*. *Interciencia*, 34, 293-297.
- Ramírez M. (2008). *Evaluación del Rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado*. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos. Tesis de licenciatura. Guatemala.
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., P., S., & Glover, W. (1999). *Phenolic compounds and their role in oxidative processes*. *Food Chemistry*, 60, pp.401-436.
- Robertson J.A, Mondredon F.D, Dysseler P, Guillon T. (2000). *Hidration Properties of dietary fiber and resistant starch*. European Colaborative Study. *IWT*, 33 (I): 73-79.



- Rodríguez, E., Lascano, A., Sandoval, G. (2012). *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quínoa y papa en las propiedades termo mecánicas y de panificación de las masas*. Revista U.D. C.A, Actualidad y Divulgación Científica 15(I): 199-207.

- Rodriguez, Y. (2017). Disponible en : <<https://www.cubanos.guru/receta-flan-de-mamey/>>

- SAGARPA, 2012. Comité Sistema Producto de Guerrero A. C.

- SAGRAPA-SIAP. (2017). Producción agrícola. SAGARPA.

- Sánchez P. M, Figueroa B. M. (2013). *Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas y cultivadas en Guatemala: Crescentia cujete (Morro), Mammea americana (Mamey), Pachira aquatica (Zapotón), Cucumis melo (Melón) y Acrocomia mexicana (Coyolio)*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Lic. Químicas Farmacéuticas. Guatemala.

- Sathe, S. K. (2002). Dry bean protein functionality. Crit. Rev. Biotechnol. 22 (2): 175-223.

- Slinkard, K., Singlanton, V., (1977). *Total phenol analysis; automation and comparasion with manual methods*. American Journal of Enology and Viticulture. 28 (1): 49-55.

- Solís, C. (2004). *Caracterización Fisicoquímica de la Grasa del Zapote (Pouteria sapota) y el Contenido de Ácidos Grasos*.



- Solís, F., J. A., Ayala, T, R. C., Fernández, S., A. D., Durán, B, M. C. (2015). *Mamey sapote seed oil (Pouteria sapota). Potential, composition, fractionation and thermal behavior*. Grasas y aceites. 66819: 1-10.
- Solís J, Tapia M, Duran M, (2001). *Aceite de almendra de Zapote mamey, un análisis de rendimientos y condiciones de extracción*. Información tecnológica. 12, (6): pp24.
- Suárez D. (2005). *Guía de Procesos para la elaboración de harinas, almidones, hojuelas deshidratadas y compotas*. CAB, Ciencia y Tecnología No.113. ISBN: 958-698-102-9.
- Técnicas Avanzadas en Química Ciencias Ambientales, curso 2004/05. <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf>
- Tramil, (2017). Disponible en: <<http://www.tramil.net/es/plant/pouteria-sapota>>
- Universidad de Toronto. (2006). Ultrasonics. Disponible en: www.chem.utoronto.cva/coursenotes/CHM416/extraction.pdf
- Velázquez K, Alvarado B, Reyes A, (2015). *Historia del mamey Pouteria Sapota*. Revista Iberoamericana de Ciencias. Vol. 2, N°3, p61.
- Vilchis G. y Pascual S, (2008). *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*. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, UNAM. Tesis de Lic. En Ingeniería en Alimentos. Edo de México.
- Wong, L. (1998). *Contribución al estudio de Pouteria Sapota (Jacq)*. Facultad de Química, UNAM. Tesis de Lic. Química Farmacéutica Bióloga. México, D.F.