



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE MORRO (*Crescentia alata* HBK)
PROVENIENTE DE LAS REGIONES DE ESTANZUELA, ZACAPA Y SAN
AGUSTIN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**

Glenda Rocío Luna Zuñiga

Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, mayo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE MORRO (*CRESCENTIA
ALATA HBK*) PROVENIENTE DE LAS REGIONES DE ESTANZUELA,
ZACAPA Y SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

GLENDIA ROCÍO LUNA ZUÑIGA

ASESORADO POR: INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MAYO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónnee Véliz Valdez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert De León Morales
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónnee Véliz Valdez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

Análisis fisicoquímico y evaluación del rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (*Crescentia alata HBK*), proveniente de las regiones Estandzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 10 de enero de 2006.

Glenda Rocío Luna Zuñiga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios:

Señor Padre Todopoderoso, a ti sea la gloria el honor y la honra, así sea por siempre.

**A la memoria
de mi Padre:**

Papito, sé que tu espíritu está conmigo siempre, gracias por todo el esfuerzo que hiciste por mí, ahora este triunfo te lo dedico a ti.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios: Por que Él me ha dado la fuerza y la sabiduría para llegar a esta meta.

Mi madre: Gracias mamita linda por tus oraciones y estar siempre conmigo, te amo con todo mi corazón.

Mis hermanos: Oscar, Ingrid y Lucky; gracias por creer en mí y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Mi novio: Miguel Ángel Arana, gracias por tu amor y ayuda incondicional, te amo.

A mis amigos: Alberto, Fernando, Marisela, y Lourdes; por estar conmigo en los momentos difíciles, son una bendición.

Personal de Olmeca: Gracias por la oportunidad que me brindaron, Dios los bendiga.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo, mil gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Plantas medicinales	1
1.1.1 Definición	1
1.1.2 Principios activos	1
1.2 Lípidos	2
1.2.1 Definición	2
1.2.2 Ácidos grasos	2
1.2.3 Lípidos relacionados con ácidos grasos	5
1.2.4 Lípidos no relacionados con ácidos grasos	7
1.3 Calidad de los aceites	8
1.4 Clasificación de los aceites según el índice de yodo	10
1.5 Usos de los aceites	10
1.5.1 Industriales	10
1.5.2 Como fluido térmico en la industria alimentaria	11
1.5.3 Fines diversos	12

1.6 Industrialización	13
1.6.1 Limpieza y clasificación	13
1.6.2 Descascarado	13
1.6.3 Desección y molienda	14
1.6.4 Procesos de extracción del aceite	14
1.6.4.1 Por expresión	14
1.6.4.2 Por solubilidad en solventes no polares	15
1.6.4.3 Sistema combinado	16
1.6.5 Refinación	16
1.6.6 Envasado	17
1.7 Extracción del aceite a escala industrial	17
1.8 Extracción de aceite de soja	25
1.9 Tipos de tornillo prensa	27
1.9.1 Prensas de tornillo de alta presión	27
1.9.2 Prensas de tornillo de presión mediana	28
1.10 Descripción botánica de la planta a estudiar	29
1.10.1 Familia	29
1.10.2 Nombre sistemático	29
1.10.3 Nombres comunes	29
1.10.4 Sinonimias del <i>Crescentia cujete</i> L.	29
1.10.5 Sinonimias del <i>Crescentia alata</i> HBK	29
1.11 Origen y distribución	29
1.12 Zona de vida	29
1.13 Departamentos	30
1.14 Descripción botánica	30
1.15 Hábitat	31
1.16 Historia	32

1.17 Agricultura	33
1.18 Usos medicinales atribuidos	33
1.19 Otros usos populares	34
1.20 Farmacología	35
1.20.1 Experimental	35
1.20.2 Clínica	36
1.21 Composición Química	36
1.22 Farmacognosia	37
1.23 Toxicología	38
1.24 Contraindicaciones	38
1.25 Indicaciones terapéuticas	38
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
2.1 Localización	39
2.2 Recursos humanos	39
2.3 Materiales	40
2.4 Equipo	41
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	42
3.1 Solubilidad de las Grasas	42
3.2 Determinación de los índices de calidad de los aceites	43
3.2.1 Método de Índice de yodo por Wijs	43
3.2.2 Método de Índice de saponificación	47
3.2.3 Método del número de acidez	49
3.2.4 Materia insaponificable	52
3.2.5 Índice de peróxidos	54
3.2.6 Método de cuantificación de ceras	59

3.2.7	Determinación de gomas	60
3.2.8	Método de frío para aceites	62
3.2.9	Porcentaje de jabón	64
3.2.10	Valor de p-anisidina	66
3.2.11	Valor de Totox	68
3.2.12	Índice de Dobi	69
3.2.13	Fosfolípidos por el método nephelométrico	72
3.2.14	Perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases	75
4.	RESULTADOS	81
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		105
BIBLIOGRAFÍA		107
APÉNDICE		
Datos originales		109
Muestra de cálculo		113
Informe de los análisis		117
Fotografías		121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Estructura molecular del ácido esteárico	4
2	Estructura molecular del ácido oleico	5
3	Proceso de blanqueo de los aceites	19
4	Proceso de desgomado de los aceites	21
5	Proceso de desodorización de los aceites	22
6	Proceso de hidrogenación de los aceites	24
7	Tornillo prensa de alta presión	27
8	Tornillo prensa de presión mediana	28
9	Fruto de <i>Crescentia alata HBK</i>	32
10	Cromatografía de gases del aceite de Zacapa	107
11	Cromatografía de gases del aceite de El Progreso	108
12	Análisis proximal de la semilla de morro	109
13	Análisis proximal de la torta de la semilla de morro	110
14	Árbol de morro (<i>Crescentia alata HBK</i>)	111
15	Flores y frutos en el árbol de morro (<i>Crescentia alata HBK</i>)	111
16	Flor y bisección del fruto maduro de Morro (<i>Crescentia alata HBK</i>)	112
17	Semilla de morro (<i>Crescentia alata HBK</i>)	112
18	Determinación del índice de yodo	113
19	Determinación de contenido de jabón en el aceite de morro	114
20	Determinación del índice de saponificación	115
21	Determinación de gomas y ceras	115

TABLAS

I	Clasificación de los aceites según el índice de yodo	10
II	Características de las regiones.	40
III	Relación de índices de yodo contra peso de muestra a utilizar	45
IV	Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante	50
V	Relación entre la condición del aceite y el peso de muestra a utilizar en la determinación de fosfolípidos	74
VI	Tiempos de retención para cada ácido graso en el cromatógrafo de gases con detección de masas	79
VII	Índices de calidad obtenidos de las muestras de aceite de morro (<i>Crescentia alata HBK</i>) provenientes de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.	81
VIII	Otras pruebas realizadas al aceite de morro.	81
IX	Propiedades físicas del aceite de morro	82
X	Solubilidad del aceite de morro	82
XI	Perfil de ácidos grasos	82
XII	Resultados del análisis proximal de la semilla y la torta	83
XIII	Rendimientos de extracción de aceite para las semillas de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	83
XIV	Datos obtenidos durante los ensayos de índice de yodo	100
XV	Datos obtenidos durante la prueba de índice de saponificación	100
XVI	Datos obtenidos durante la prueba de índice de acidez	101
XVII	Datos obtenidos durante la prueba de índice de peróxidos	101

XVIII	Datos obtenidos durante la prueba de índice de Dobi	101
XIX	Datos obtenidos durante la prueba de Totox	102
XX	Datos obtenidos durante la prueba de materia insaponificable	102
XXI	Datos obtenidos durante la determinación de gomas	102
XXII	Datos obtenidos durante la determinación de p-anisidina	103
XXIII	Datos obtenidos durante la determinación de fósforo y fosfátidos	103

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	Viscosidad
ρ	Densidad
μg	microgramos
μL	microlitros
mg	miligramos
mm	milímetros
$^{\circ}\text{C}$	grado centígrado
cm	centímetro
m	metro
ppm	partes por millón
N	normalidad
msnm	metros sobre el nivel del mar
cg	centigramo
meq	miliequivalentes
ATP	Trifosfato de adenosina
pKa	Constante ácida de equilibrio
AOCS	American Oils Chemist's Society

GLOSARIO

Ácido graso: molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.

Aterogénico: sustancia que provoca aterosclerosis, conocido como la formación de ateromas, que no son más que quistes sebáceos acumulados en las paredes arteriales.

Cromatografía

de gases: método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (en este caso un gas) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.

Emenagogo: planta que favorece o estimula la aparición de la regla en las mujeres.

Febrífuga: plantas que tienen la propiedad de combatir la fiebre.

Lipogénesis: Reacción por la cual son sintetizados los ácidos grasos y esterificados con el glicerol para formar triglicéridos de reserva.

Saponificación: reacción química entre un lípido saponificable (ácido graso) y una base o álcali.

Tornillo prensa: máquinas provistas de un tornillo que gira y prensa los objetos, con el fin de extraer su contenido, proceso que se le conoce como expresión.

Vermífuga: plantas que tienen la propiedad de matar o expulsar las lombrices intestinales.

Winterización: proceso en el cual se hacen cristalizar los componentes de alto punto de fusión, y por medio de sedimentación y presión se separan del aceite limpio, a éstos cristales se les conoce como estearina.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objeto evaluar el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de morro (*Crescentia alata HBK*), proveniente de las regiones de Estandzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso; asimismo determinar sus propiedades fisicoquímicas, índices de calidad y perfil de ácidos grasos.

La extracción se realizó en un tornillo prensa, pasando la torta de la semilla dos veces, el aceite fue filtrado con celite, sin someterse a ningún proceso de refinación. Se logró determinar constantes fisicoquímicas como densidad, viscosidad, punto de ebullición, índice de refracción y solubilidad en distintos solventes. Asimismo los índices de calidad que se obtuvieron para tales muestras fueron: índice de yodo, índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de Dobi, índice de Totox, materia insaponificable, porcentaje de ceras, porcentaje de gomas, prueba en frío, porcentaje de jabón, porcentaje de fósforo, porcentaje fosfolípidos, y prueba de p-anisidina.

Se comparó cada uno de éstos índices con la Norma para Aceites de Oliva y Orujo de Oliva del Codex Alimentarius, y algunos parámetros utilizados para el aceite de soya en la industria de aceites comestibles guatemalteca; la mayoría de éstos se encuentran dentro de los rangos establecidos para éstos aceites o muy cercanos a ellos.

Pese a que el aceite no fue sometido al proceso de refinación, éstos índices demuestran que el aceite no necesita proceso de blanqueo y la refinación es muy fácil de llevar a cabo, prometiendo con ello bajos costos en la producción.

El perfil de ácidos grasos se determinó mediante la técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas.

Para el aceite de El Progreso se obtuvo un 21.13% de ácidos grasos saturados (C16:0, C18:0, C20:0), un 55.29% de ácidos grasos monoinsaturados (C18:1) y un 23.41% de ácidos grasos poliinsaturados (C18:2, C18:3).

Para el aceite de Zacapa se obtuvo un 22.13% de ácidos grasos saturados (C16:0, C18:0, C20:0), un 52.35% de ácidos grasos monoinsaturados (C18:1) y un 25.52% de ácidos grasos poliinsaturados (C18:2, C18:3).

El aceite de ambas regiones tiene un perfil de ácidos grasos muy similar, sin embargo en el rendimiento de extracción existe una diferencia significativa, la semilla proveniente de Zacapa dio un rendimiento de 28.126% y la de El Progreso únicamente el 19.312%, la diferencia puede atribuirse al tipo de suelo, ya que en San Agustín Acasaguastlán los suelos son más susceptibles a erosionarse que la tierra de Estanzuela.

La eficiencia del contenido total de grasa se obtuvo al realizar el cociente entre el rendimiento de extracción y el porcentaje de extracto etéreo presente en la semilla, obteniendo un 86% de eficiencia en la extracción de aceite de la semilla proveniente de Estanzuela, Zacapa y un 46% para la extracción de aceite de la semilla proveniente de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

El análisis proximal de la torta resultante muestra altos contenidos de proteínas, carbohidratos y un bajo residuo de materia grasa, prometiendo con ello, una buena materia prima para ser utilizada en la elaboración de harinas para atoles o concentrado para animales, previo a las respectivas pruebas de digestibilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y pese a sus buenas características, aún no se puede recomendar su uso en la industria alimentaria, ya que es imprescindible realizarle previamente un análisis toxicológico, el cual se recomienda realizarse por químicos farmacéuticos.

Entonces se limita el uso de este aceite, principalmente en la elaboración de jabones, shampoo, detergentes, el uso de la glicerina como subproducto de la saponificación en la elaboración de velas y productos farmacéuticos, así como en la elaboración de productos cosméticos y la producción de biodiesel.

OBJETIVOS

Generales

1. Estudiar la semilla de morro (*Crescentia alata HBK*) y sus componentes.
2. Realizar la extracción del aceite de la semilla mecánicamente, utilizando tornillo prensa y evaluar el rendimiento de dicha extracción.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento de extracción del aceite.
2. Evaluar el resultado de los análisis proximales de la semilla y la torta resultante después de la extracción, para inferir su uso en la elaboración de harinas y concentrado para animales.
3. Evaluar el perfil de ácidos grasos del aceite extraído, mediante la técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas.
4. Determinar las constantes fisicoquímicas y los índices de calidad del aceite extraído.

INTRODUCCIÓN

Existe gran variedad de especies en la flora guatemalteca, el uso de esta flora en la industria está bastante limitado, sin embargo, es más común utilizar las especies vegetales en el campo de la medicina, ya que la mayoría de ellas tienen propiedades curativas.

Una de dichas especies es el morro, como se le denomina comúnmente aquí en Guatemala al fruto de *Crescentia alata* HBK y *Crescentia cujete* HBK, ya que es de uso popular pero aún no se explota de manera sistemática. Las hojas, la pulpa, y las semillas, poseen muchas propiedades curativas para afecciones respiratorias, digestivas, inflamaciones, uretritis, infecciones urinarias, malestares menstruales entre otras (1, 2).

Por otro lado, se le atribuyen propiedades sudoríficas, cicatrizantes, eméticas, pectorales, purgantes, analgésicas, antisépticas, aperitivas, astringentes, calmantes, desinflamantes, emenagogas, emolientes, reconstituyentes, vermífugas, vulnerarias, antibióticas, sedantes y otras en estudio (1, 2, 5, 8, 10).

Sin embargo no se había considerado aún el beneficio que puede proporcionar la semilla de éste fruto, ya que es una semilla oleaginosa y por su perfil de ácidos grasos promete ser una materia prima potencial para la industria.

En el presente estudio se extrajo el aceite de la semilla de morro (*Crescentia alata HBK*) en tornillo prensa, se determinó el rendimiento y la eficiencia de dicha extracción, y de la torta resultante se realizó un análisis proximal para determinar su contenido nutricional como materia prima de un nuevo proceso.

Asimismo, para determinar parte de la composición química del aceite, se utilizó la técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas con ello se obtuvo el perfil de ácidos grasos. Al aceite obtenido de las semillas provenientes de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso se les determinó las propiedades fisicoquímicas y los índices de calidad, lo cual permitió inferir acerca de la utilidad que pueda dárseles a nivel industrial.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Plantas medicinales

1.1.1 Definición

Las plantas medicinales son todas aquellas plantas que contienen, en alguno de sus órganos, principios activos, los cuales, administrados en dosis suficientes, producen efectos curativos en las enfermedades de los hombres y de los animales en general. Se calcula en unas, 260,000 especies de plantas que se conocen en la actualidad, de las que el 10% se pueden considerar medicinales, es decir se encuentran recogidas en tratados médicos de fitoterapia modernos y de épocas pasadas, por presentar algún uso. Evidentemente, sobre todo en las regiones ecuatoriales, la proporción de especies medicinales puede variar sensiblemente de este porcentaje, ya que ni siquiera se conoce la totalidad de la flora. (9)

1.1.2 Principios activos

El estudio de las plantas medicinales se centra en las sustancias que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano o los seres vivos en general. Los principios activos de las plantas pueden ser sustancias simples (como alcaloides) o bien mezclas complejas (resinas, aceites, etc.). Los compuestos más comunes son los azúcares y heterósidos, que pueden ser glucósidos, galactósidos, etc. Otros componentes activos de las plantas son alcaloides, lípidos, gomas, mucílagos, principios amargos, taninos, aceites esenciales, resinas, bálsamos, oleorresinas, ácidos orgánicos, enzimas y vitaminas. (9)

1.2 Lípidos

1.2.1 Definición

Los lípidos (del griego λίπος, grasa) constituyen un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneo, pero con características comunes de solubilidad; es decir, son poco o nada solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos (éter, benceno cloroformo). La mayor parte de los lípidos constituyen los aceites y grasas, que suelen ser productos de reserva y protección en el ser vivo, aunque no se debe olvidar que algunos lípidos complejos forman parte de las membranas biológicas, y de este modo participan activamente en muchos aspectos de la fisiología celular.

La mencionada heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática. Aunque rara vez se hallan en estado libre, los llamados *ácidos grasos*, ácidos carboxílicos de cadena larga, forman parte de la inmensa mayoría de los lípidos, por ello se procederá a dividirlos en dos grandes grupos:

- a) Lípidos relacionados con ácidos grasos.
- b) Lípidos no relacionados con ácidos grasos.

1.2.2 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos, casi siempre por medio de enlaces éster, y rara vez amida. Según la naturaleza de la cadena carbonada, los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados, lineales, ramificados o alicíclicos, y pueden contener como sustituyentes grupos hidroxilo u oxo.

Los más abundantes son, con gran diferencia, los ácidos grasos lineales con número par de átomos de carbono, generalmente superior a 12 e inferior a 24. Son frecuentes las cadenas insaturadas con enlaces dobles en cis, como el oleico, 9-octadecenoico, o el linoléico, 9,12-octadecadienoico.

El pKa de los ácidos grasos se sitúa en torno a 4.8. Por ello, en medio alcalino, la disociación es completa. Las sales de los ácidos grasos se llaman “jabones”, y debido a la polaridad del anión carboxilato son muy miscibles con el agua, especialmente los jabones de metales alcalinos. La determinación analítica de los ácidos grasos se lleva a cabo por cromatografía en fase gaseosa, previa formación de sus ésteres metílicos, más volátiles y más inertes que los ácidos libres. (6)

El ácido palmítico es un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono. Su nombre químico es ácido hexadecanoico. El ácido palmítico es el principal ácido graso saturado de la dieta, constituyendo aproximadamente un 60% de los mismos. Es el más abundante en las carnes y grasas lácteas (mantequilla, queso y nata) y en los aceites vegetales como el aceite de coco y el aceite de palma.

El ácido palmítico es un sólido blanco que se licua a unos 63.1°C. Su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$. Es el primer ácido graso que se produce durante la lipogénesis y a partir de él se pueden formar otros ácidos grasos de cadena más larga. Durante el catabolismo, la oxidación total de un mol de ácido palmítico produce en energía química, 129 moles de ATP. Es el ácido graso menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre, por lo que es el más aterogénico.

El ácido esteárico es un ácido graso saturado proveniente de aceites y grasas animales y vegetales. Es un sólido parecido a la cera; su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$. Su nombre IUPAC es ácido octadecanoico.

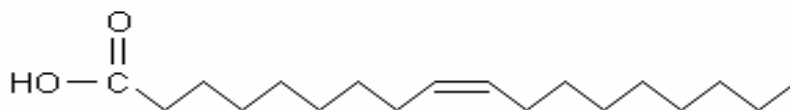
Figura 1. Estructura molecular del ácido esteárico



Se prepara tratando la grasa animal con agua a una alta presión y temperatura. También se puede obtener de la hidrogenación de los aceites vegetales. Algunas de sus sales funcionan como tensoactivos (principalmente de sodio y potasio). Es muy usado en la fabricación de velas, jabones y cosméticos.

El ácido oleico es un tipo de grasa monoinsaturada típica de los aceites vegetales como el aceite de oliva, del aguacate, etc. Ejerce una acción benéfica en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares. Su fórmula química es $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ (o $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$). Su nombre IUPAC es ácido cis-9-octadecaenoico, y su nombre de taquigrafía de lípido es 18:1 cis-9. La forma saturada de este ácido es el ácido esteárico. (14)

Figura 2. Estructura molecular del ácido oleico



El ácido oleico comprende un 55-80% del aceite de oliva y un 15-20% del aceite de semilla de uvas. (14)

1.2.3 Lípidos relacionados con ácidos grasos

Se incluyen los lípidos que por hidrólisis liberan ácidos grasos o productos emparentados metabólicamente con los ácidos grasos.

- **Alcoholes superiores y ceras:** por reducción de los ácidos grasos se obtienen alcoholes monohidroxílicos de cadena larga, los alcoholes superiores se encuentran en la naturaleza formando éteres con el glicerol o ésteres con ácidos grasos. Estos ésteres se llaman ceras, y dan su carácter hidrofóbico a tegumentos de animales y plantas.
- **Glicéridos simples:** son lípidos que constan de ácidos, aldehídos o alcoholes y glicerol. Los más abundantes contienen ácidos grasos unidos al glicerol por enlaces éster. Según el número de hidroxilos sustituidos en el glicerol se distinguen los monoacilgliceroles, diacilgliceroles, y triacilgliceroles.

Los aceites y grasas naturales están compuestos básicamente por mezclas complejas de triacilglicerol, con cantidades menores de otros lípidos. Los aceites y grasa se diferencian sólo por sus propiedades físicas: se consideran grasas las mezclas lipídicas que permanecen sólidas a la temperatura ambiente, y aceites las que, en las mismas condiciones, se hallan en estado líquido.

- **Fosfoglicéridos:** son líquidos más polares que los glicéridos simples porque contienen algunos componentes hidrofílicos. La estructura de la molécula es tal que se distinguen una parte hidrofílica y otra hidrofóbica, bien diferenciadas. Además de este carácter antipático, en la parte polar pueden coexistir la carga eléctrica negativa del fosfórico y la carga positiva de un amonio total o parcialmente sustituido, constituyendo un ion eléctrico mixto ($\pm$) o zwitter-ion. Debido a esta estructura doblemente bipolar, los fosfoglicéridos en medio acuoso forman espontáneamente dispersiones coloidales altamente organizadas.
- **Esfingenina, cerámidos y esfingofosfolípidos:** en algunos lípidos que contienen estructuras análogas a los diacilglicerol, una de las cadenas apolares no procede de un ácido graso, o derivado suyo por reducción, sino que forma parte de la llamada esfingenina, la cual se presenta en la naturaleza unida a un ácido graso mediante un enlace amida. Esta estructura se conoce con el nombre de cerámico, y su analogía formal con un diacilglicerol es manifiesta, pues contiene dos cadenas hidrofóbicas largas y un residuo polar tricarbonado, análogo al glicerol.

El nombre de cerámico alude a la analogía química con las ceras (ácido + alcohol superior, en enlace éster), que en este caso es propiamente: ácido + aminoalcohol superior, en enlace amida.

- **Esfingoglicolípidos:** son lípidos complejos formados por un cerámico y un mono u oligosacárido, unidos por enlace glicosídico. El cerámico suele contener un ácido graso de cadena muy larga, como lignocérico, nervónico o cerebrónico. Los esfingoglicolípidos se suelen clasificar en cerebrósidos y gangliósidos.
- **Prostaglandinas:** una clase de lípidos, emparentada metabólicamente con los ácidos grasos, químicamente se consideran derivados de un hipotético ácido prostanoico, de 20 átomos de carbono, con un anillo pentagonal entre C8 y C12. Se encuentran en cantidades catalíticas en numerosos tejidos animales, donde son sintetizadas a partir de ácidos grasos poliinsaturados. (6)

1.2.4 Lípidos no relacionados con ácidos grasos

Se trata de un grupo heterogéneo de biomoléculas que se encuentran en mayor o menor cantidad en todos los seres vivos, y a veces poseen gran actividad biológica como es el caso de las hormonas esteroideas. Son lípidos en general poco polares, en los que se asemejan a los triacilglicerolos, y como ellos, no precipitan con la acetona fría. Unos se pueden considerar derivados por condensación del isopreno.

Los lípidos isoprenoides se pueden dividir, con fines didácticos, en tres grupos: terpenoides, carotenoides y esteroides. Existen otros lípidos no relacionados con ácidos grasos, que no están emparentados estructuralmente con el isopreno. Entre éstos se incluyen los hidrocarburos y los lípidos pirrólicos. (6)

Existen los aceites volátiles o esenciales que se extraen del grupo de las especies aromáticas. El grupo de las oleaginosas comprenden solo las que se utilizan para extraer aceites fijos. (10)

Los ácidos grasos más comunes son el palmítico, esteárico, butírico, etc. Entre los insaturados se destacan como monoinsaturados el oleico y como poliinsaturados el linolénico, linoléico, etc. De todos los ácidos grasos el más difundido en los vegetales es el oleico. Las sustancias grasas naturales o lípidos son constituyentes normales de todos los organismos, jugando un papel insustituible en la nutrición.

En el reino vegetal las grasas se encuentran en mayor o menor proporción en todas las partes de la planta. En las semillas generalmente los lípidos se encuentran en cantidades menores a los glúcidos, si existen en proporción superior se las llama semillas oleaginosas (soja, girasol, maní, algodón). (10)

1.3 Calidad de los aceites

La calidad de los aceites fijos es de gran importancia para justificar el cultivo de la especie que lo provee en forma rentable. Existen una gran serie de propiedades e índices que en su conjunto revelan el grado de calidad y conservación del aceite.

Entre las propiedades que definen la calidad de un aceite son: punto de fusión y de solidificación, densidad, índice de refracción, índice de acidez, índice de yodo, índice de peróxidos, índice de saponificación, entre otros.

El grado de insaturación que presenten los ácidos que constituyen los glicéridos de un aceite, o sea cantidad de dobles ligaduras, determinará el grado de secantabilidad o poder secante de un aceite.

Los que poseen mayor cantidad de dobles ligaduras al ser expuestos al aire se oxidan (absorben O_2) espesándose y endureciéndose rápidamente. Los que poseen esta propiedad se denominan secantes y generalmente son de uso industrial. El más representativo es el aceite de lino, luego le sigue el tung. Uno de los usos del aceite del lino es en la industria de las pinturas.

Los aceites que bajo la acción de oxígeno del aire se oxidan, es decir que se espesan y endurecen lentamente y no por completo, se llaman semisecantes. Aquí se encuentra la mayoría de los aceites comestibles. Por ejemplo: soja, girasol, algodón, etc.

Por último, los aceites no secantes no solidifican en absoluto, ni siquiera después de largo tiempo. Ejemplo: aceite de oliva, maní. (10)

1.4 Clasificación de los aceites según el índice de yodo

Tabla I. Clasificación de los aceites según el índice de Yodo

No secantes	Semi - secantes	Secantes
Oliva: 84-86 Maní: 92-106	Colza: 102-108 Algodón: 104-117 Maíz: 107-120 Girasol: 124 -134 Soja: 125-135	Lino: 165-200 Tung: 165-200

(Fuente: 10)

1.5 Usos de los aceites

Hay que tomar en cuenta que existen plantas cuyo aceite no tiene un único uso, por lo cual hay que considerar esta división en forma tentativa.

- Industriales
- Como fluido térmico en la industria alimentaría
- Fines diversos

1.5.1 Industriales

Dentro de este grupo, el principal representante tanto a nivel mundial como nacional, es el aceite de lino. Estos aceites por su poder secante poseen valor industrial por ser aptos para producir capas protectoras, debido a la posibilidad de secarse después de su aplicación como películas bien adheridas y resistentes.

Cada aceite tiene usos específicos. El aceite de lino se emplea preferentemente en la elaboración de pinturas y tintas de imprenta, impermeabilización de telas, fabricación de hule, etc. El aceite de tung se emplea en tinturas especiales y lacas.

Hay que destacar la competencia surgida en las últimas décadas de estos aceites vegetales con los de origen sintético. El aceite de ricino deshidratado se usa para producir películas más blandas y elásticas que en el caso de los aceites de lino y tung. También se destina a la fabricación de lubricantes, en este caso interesa el bajo poder secante. (10)

1.5.2 Como fluido térmico en la industria alimentaría

Los aceites vegetales tienen una importancia cada vez mayor en la alimentación, juegan un papel importante en la fijación del calcio, caroteno, tiamina, lactosa y con sus vitaminas A, D, y K, contribuyendo a proveer parcialmente a las necesidades de la alimentación humana. Entre las especies que proporcionan aceite comestible podemos citar: aceite de girasol, soja, maní, colza, algodón, cártamo, etc.

Es importante considerar la calidad de los aceites comestibles. Esta se mide por distintos parámetros:

- Grado de estabilidad: es la capacidad de mantener el sabor en el transcurso del tiempo, como también la resistencia a experimentar cambios frente a variaciones de temperaturas, altas o bajas.
- Características organolépticas: sabor, olor color, etc., inciden en la calidad de los aceites, pero las preferencias están asociadas a factores subjetivos del consumidor

- Nivel nutricional: Los distintos ácidos grasos que componen el aceite le otorgan características diferenciales, existiendo una relación directa entre dicha composición y el comportamiento en cuanto a la salud humana, especialmente en los problemas cardiovasculares y tasa de colesterol.

Los aceites más indicados son los que contienen un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, particularmente el linoléico. A su vez la relación de ácidos poliinsaturados/grasas saturadas debe ser alta. Contrariamente, el ácido linolénico (tres enlaces dobles) según algunas investigaciones resulta pernicioso para la salud. El aceite de lino posee un 60 % ácido linolénico.

Es importante señalar el elevado contenido de ácido linoléico (77%) que posee el aceite de cártamo, por eso se lo considera preventivo de colesterol. Dentro de los aceites comestibles comunes se destaca el de girasol con un 68% de linoléico, siendo Argentina un fuerte productor, aunque en los últimos dos o tres años cayó la superficie sembrada debido a cuestiones económicas, suplantándose esa superficie por soja.

Algunos aceites son ricos en provitamina D, como el de algodón. Otro en vitamina E como el maní. Margarinas: son originadas a partir de la hidrogenación de aceites vegetales, principalmente de soja, palma, algodón y maní. Se utiliza como sustituto de la manteca. Tomando como relevancia que la población se empieza a concientizar respecto a los problemas cardiovasculares generados por el consumo de grasas. (10)

1.5.3 Fines diversos

Se utilizan aceites por ejemplo: de coco, jojoba, palma, etc. Se utilizan en preparación de cosméticos, jabones, detergentes, etc. En este caso, existe un alto grado de sustitución con las grasa de origen animal.

1.6 Industrialización

Este proceso comprende las siguientes etapas:

1. Almacenamiento y conservación de la semilla.
2. Limpieza y clasificación.
3. Descascarado
4. Desección y molienda
5. Procesos de extracción del aceite
 - Por expresión.
 - Por solubilidad en solventes no polares.
 - Sistema combinado (expresión más solvente)
6. Refinación
7. Envasado

1.6.1 Limpieza y clasificación

La limpieza y clasificación de la semilla es importante porque si el cuerpo extraño posee contaminantes, puede hacer variar los índices característicos del aceite que se va a obtener. Esta tarea se realiza utilizando cernidores.

1.6.2 Descascarado

Esta operación debe realizarse cuando la cáscara impide la extracción de aceite, o bien cuando por no poseer materia grasa la absorbe en el proceso de extracción, disminuyendo el rendimiento y la calidad del subproducto. Ej. Girasol, algodón. Se realiza con una descascaradora y luego por medio de una zaranda se separan las cáscaras de la pepa.

1.6.3 Desecación y molienda

El secado se hace usando secadores verticales u horizontales, con la finalidad de que la humedad no supere ciertos límites, sobre los cuales influiría en el proceso de extracción. En la molienda se desgarran las células para dejar en libertad el aceite contenido en ellas.

1.6.4 Procesos de extracción del aceite

1.6.4.1 Por expresión

Una vez que las semillas han sido molidas, se las somete al prensado. Las prensas pueden ser hidráulicas, discontinuas y continuas. En la actualidad la extracción por presión se lleva a cabo casi exclusivamente por prensas continuas, por la economía de sus instalaciones, pero no realiza una profunda extracción de las materias grasas contenidas en sus semillas.

En recipientes calentadores de doble fondo se calienta la harina (semillas molidas) a temperaturas que oscilan entre 90 °C y 95 °C, dependiendo del material con que se trabaje. El calentamiento busca eliminar el exceso de humedad de la harina, con lo cual se aumenta el rendimiento, al lograrse mayores presiones y facilitarse la fluidez del material trabajado.

Luego el material pasa a una cuba de acero, que posee en su interior un tornillo sinfín, en el cual, el número de espiras y el diámetro aumenta de un extremo al otro, viéndose el material obligado a pasar por espacios cada vez más reducidos, aumentando de esa manera la compresión se logra extraer el aceite.

El aceite obtenido se vierte a tanques de sedimentación, quedando como subproducto el expeller, el cual generalmente se somete a una segunda presión. El expeller final posee entre el 6-7 % de aceite.

Posteriormente por un proceso de filtración se elimina del aceite todo lo que no sea materia grasa, (resto de expeller, harina de molienda, materias mucilaginosas). Se obtiene de esta manera el aceite crudo, el cual se almacena en tanques o depósitos.

Los aceites industriales pueden usarse luego de esta operación, los aceites como fluido térmico en la industria alimentaría deben ser sometidos a una posterior refinación. (8)

1.6.4.2 Por solubilidad en solventes no polares

Este sistema se caracteriza por su gran rendimiento, poco empleo de mano de obra y fuerza motriz. Permitiendo la recuperación del solvente no polar utilizado. Para el eficaz cumplimiento de los fenómenos de ósmosis, difusión y extracción, la materia prima debe recibir una adecuada preparación. Esta consiste en el laminado de la misma, donde el material, sin sufrir extracción ni molienda, toma forma de láminas delgadas que favorecen la difusión.

La semilla laminada circula por una cinta transportadora, donde queda sometida a un rociado intenso del disolvente. La solución obtenida de aceite-solvente, denominada "micela", es enviada a destilación para separar el aceite del solvente. A su vez la materia prima agotada se seca y tuesta para recuperar el resto del solvente.

El solvente no polar más comúnmente usado es hexano (constante dieléctrica 1.9), siendo su residualidad la menos tóxica para la salud y el que produce aceites más puros. El subproducto de esta extracción es la harina, con no más de 1-2 % de aceite. Por prensado de las harinas se obtienen los pellets. (8)

1.6.4.3 Sistema combinado

Se hace una primera extracción utilizando el método por presión continua y luego una segunda extracción con solvente. Cuando se usa solvente, se hace en forma combinada, siendo poco común el uso exclusivo del método por solvente. (8)

1.6.5 Refinación

La finalidad de la misma es la eliminación de impurezas, tales como ácidos grasos libres, sustancias proteicas, resinas, algunas aminos estables, carbohidratos y fosfátidos. Las operaciones son:

- Neutralizado: para reducir el grado de acidez de los aceites.
- Decoloración o blanqueado: para la obtención de un aceite claro, límpido y brillante.
- Desodorización: se eliminan del aceite las sustancias que tienen olores y sabores desagradables.
- Desmargarinación: es la eliminación de ciertos lípidos que precipitan a temperatura ambiente, enturbiando el aceite.

El aceite de oliva generalmente no se lo somete a este proceso siendo consumido como aceite crudo. (8)

1.6.6 Envasado

Previo al envasado se lo estaciona en tanques especiales (de acero inoxidable), para luego realizar las mezclas o bien dejarlo puro.

1.7 Elaboración de aceite a escala industrial

Las grasas y los aceites de uso comercial en alimentos provienen de diferentes fuentes, pero existen muchas materias primas de donde se pueden extraer estos lípidos.

Después de procesos de extracción de los tejidos adiposos de animales o de las semillas oleaginosas, por medio de prensado o solventes se obtiene los aceites de consumo.

Excepto algunos aceites finos, como los de oliva extra virgen, todos los aceites contienen impurezas que deben eliminarse. Por ello tienen que ser sometidos a diferentes procesos y una serie de operaciones para eliminar las impurezas y conseguir mejores propiedades organolépticas.

En estos procesos se eliminan fosfátidos, ácidos grasos libres, gomas, ceras, clorofilas o pigmentos y sustancias que produzcan mal olor y sabor.

El proceso por el cual se eliminan ácidos grasos libres de los aceites es la neutralización, pero también reduce los monoacilglicéridos y fosfátidos que pudieron haber quedado después del desgomado. La neutralización puede hacerse en caldera por cargas o en proceso continuo.

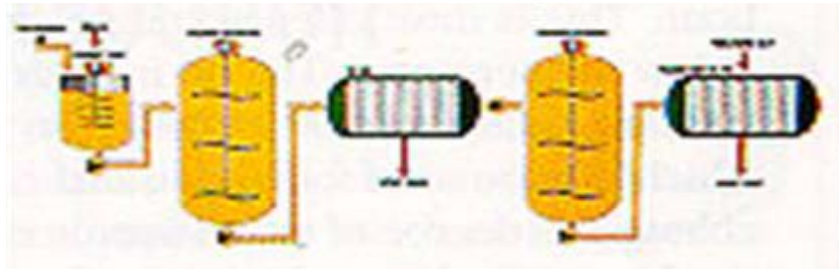
Cuando es por cargas, se hace añadiendo al aceite una solución de sosa al 12-15%, en la proporción estequiométrica deducida de una valoración previa. Esta operación se lleva a cabo en una caldera provista de un agitador y calefacción con vapor. La lejía se añade lentamente y se forma una emulsión en el aceite que luego se rompe. La emulsión, conforme aumenta la temperatura, se une en forma de pasta. La mezcla pasa a los decantadores donde se separa el jabón y el aceite.

En la operación se producen pérdidas por saponificación. El aceite decantado retiene residuos de jabón que debe someterse a un lavado, cuidando que no se formen emulsiones. En las instalaciones continuas, el aceite disuelto en hexano, entra en un reactor de neutralización con agitación, junto con NaOH acuoso y alcohol. De allí pasa a un decantador donde se separan las fases y se recupera el aceite.

La neutralización de aceites con más de 12% de ácidos grasos libres es complicada, por que la abundante pasta formada es difícil de separar y las pérdidas son grandes. El proceso para la neutralización es entonces una destilación a vacío elevado. Para eliminar la totalidad de los ácidos grasos, sin deteriorar el aceite, se utiliza un vacío de hasta 5 mm Hg y calentándolo a una temperatura de 180-240°C.

Los aceites bien neutralizados contienen menos de 0.1% de ácidos grasos libres, esto es recomendable especialmente si los aceites se utilizarán para el proceso de hidrogenación.

Figura 3. Proceso de blanqueo de aceites



El aceite neutro y lavado se decolora añadiendo tierras adsorbentes (arcillosa o silíceas). Las arcillas son tratadas con ácido clorhídrico o sulfúrico diluido. El aceite y la tierra se agitan, a temperaturas máximas de 90°C. La cantidad de tierra necesaria depende de la cantidad de color del aceite y del grado de decoloración que se quiera obtener. A veces se utilizan mezclas de tierras y carbón activado (5-10%) para obtener mejores resultados. El aceite decolorado se filtra mediante filtro prensa y la tierra usada se desecha.

La clorofila se fija bien a las arcillas y los carotenoides oxhidrilados son absorbidos por las tierras neutras y básicas, mientras que los betacarotenoides y el gósipol no lo hacen así. En las instalaciones modernas la decoloración se hace en proceso continuo y al final se utilizan dos filtros prensa, uno en uso y otro en limpieza alternativamente.

El color de los aceites disminuye considerablemente durante la hidrogenación, debido a la desaparición de grupos cromóforos, debido a la reducción de enlaces π .

El objetivo del desgomado es eliminar los fosfátidos y glicolípidos, que se extraen de las semillas disueltas con el aceite. Es importante el proceso debido a que sin este refinamiento, los triglicéridos se alteran con mayor facilidad y adquieren sabores y olores desagradables. Otros problemas indeseables son: decantación en los tanques de almacenamiento, mayor susceptibilidad a la oxidación, formación de espumas durante el calentamiento.

El proceso consiste en tratar el aceite con agua o vapor, para que los fosfátidos se hidraten y precipiten, al hacerse insolubles en la fase grasa. Se realiza en tanques dotados de un agitador, para incorporar el agua (2% v/v) a una temperatura de 70°C.

El aceite pasa a una centrifuga de gran velocidad, en la que se separan los fosfátidos, junto con el agua en exceso, del aceite desgomado.

Los fosfátidos son deshidratados, y éste contiene otros lípidos e impurezas, y es de donde se obtienen las lecitinas. Puede ser tratado con peróxidos para obtener productos más claros. Las lecitinas obtenidas tienen un valor comercial y se aplican, por su carácter emulgente, en diversas industrias alimentarias.

Figura 4. Proceso de desgomado de los aceites



El aceite decolorado se desodoriza a vacío, en un recipiente donde se calienta a 150-160°C, mientras se le pasa una corriente de vapor directo. Las sustancias volátiles son arrastradas, dejando el aceite libre de olores y con sabor suave. En los desodorizadores continuos el aceite cae en láminas delgadas, dentro de una torre de calefacción, al vacío con vapor de agua a contracorriente.

Hay que evitar todo contacto con el oxígeno, pues produce oxidaciones indeseables; el vapor que se utiliza debe estar desaireado, no debe de haber entradas de aire y el vacío debe ser muy elevado. A veces se añaden secuestradores (ésteres de ácido cítrico) para impedir la acción catalítica de los iones metálicos. En la operación se destruyen también los peróxidos.

Figura 5. Proceso de desodorización de los aceites



Los aceites con un índice de yodo de aprox. 105 contiene glicéridos de puntos de fusión lo suficientemente altos como para depositarse en forma de cristales sólidos cuando se mantienen a temperaturas moderadamente bajas. Esto perjudica las propiedades del aceite. El aceite de mesa debe mantenerse claro y brillante sin enturbiarse o solidificarse a temperaturas de refrigeración.

Para lograrlo es necesario precipitar previamente los componentes de punto de fusión altos, separándolos por filtración. La mayor dificultad del proceso reside en conseguir el crecimiento de los cristales del glicérido de forma que al separarlos, retenga la menor cantidad posible de aceite líquido. Por esto, conviene que durante el proceso se formen cristales grandes, bajando lentamente la temperatura. Algunos aceites contienen una cantidad considerable de sustancias cristalizables.

La precipitación se hace en grandes depósitos, mantenidos en cámaras refrigeradas. La cristalización se hace con la solución en hexano, y en este caso los sólidos precipitados cristalizan en forma más compacta, dura y fácil de separar. Una vez que se forma la nucleación, el aceite en cristalización se mantiene en reposo, para evitar la desintegración de los cristales. La masa separada se conoce como estearina y a todo este proceso comúnmente se le conoce como winterizado.

Las grasas de punto de fusión alto retiradas pueden utilizarse en la elaboración de otros productos tales como mantecas. La hidrogenación es la saturación con hidrógeno de los enlaces dobles, en los glicéridos con cadenas de ácidos grasos insaturados, da lugar a la elevación de puntos de fusión y naturalmente a la disminución del índice de yodo.

La saturación se produce por reacción de los aceites con hidrógeno, en presencia de un catalizador de níquel. La reacción de saturación es exotérmica y se realiza a presión y temperaturas elevadas, manteniendo muy poco contacto con el aire. Se utilizan aproximadamente 500 g de catalizador por tonelada de aceite. En la hidrogenación, el índice de yodo va disminuyendo.

La reacción de hidrogenación es selectiva y los ácidos grasos más insaturados tienen la tendencia a reaccionar primero. Esta selectividad se usa para hacer hidrogenaciones parciales selectivas de aceites.

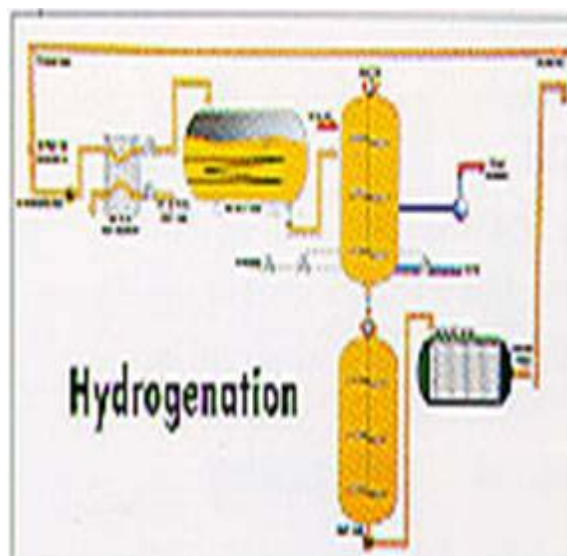
Pueden formarse isómeros trans por la acción del catalizador. Se producen reacciones hidrogenación-deshidrogenación que dan lugar a desplazamientos de dobles enlaces, existiendo glicéridos que son isómeros de posición y geométricos, de los naturales. La hidrogenación puede dirigirse mediante el empleo de catalizadores selectivos.

El aceite seco se mezcla con el catalizador y se introduce en el reactor, en el que se calienta con agitación; cuando ha alcanzado una temperatura adecuada, se introduce el hidrogeno a presión. El aceite, el gas y el catalizador deben estar en íntimo contacto, por lo cual se utiliza un agitador. La temperatura del proceso varía según el aceite utilizado, y oscila entre los 100 y 225°C, y la presión 1-4 atm.

La hidrogenación es un proceso exotérmico, la temperatura se controla mediante agua que circula mediante unos serpentines de refrigeración. Cuando se ha alcanzado el grado de hidrogenación deseado, se cierra la entrada de gas, se enfría la mezcla sin bajar del punto de fusión y se filtra para recuperar el catalizador y obtener grasa limpia.

El índice de refracción (IR) varia según el número de enlaces dobles presentes. El valor absoluto del IR depende del índice de yodo y del peso molecular medio de los glicéridos. (13)

Figura 6. Proceso de hidrogenación de los aceites



1.8 Extracción de aceite de soja

El grano de soja contiene dos componentes importantes, la proteína y el aceite, que tienen una gran demanda por los diversos usos que poseen, a nivel industria como para alimentación animal y humana. La separación del aceite es la operación más importante y permite a su vez la obtención de harinas.

Ambos productos se someten posteriormente a otros procesos para obtener un gran número de subproductos. Durante la cosecha la soja es almacenada en plantas de acopio e industrialización, con una humedad del 13% (humedad comercial). Al llegar a la industria, antes de comenzar el procesamiento completo, el grano es secado hasta alrededor del 10 % de humedad, para facilitar la limpieza, descascarado y posterior acondicionamiento.

Los granos son partidos, pasando por molinos quebradores y luego por zarandas con aspiradores, para remover partículas de cáscara y polvillo. Los granos quebrados van a un calentador rotativo, donde son sometidos a temperaturas de 60 a 65 °C.

Se le puede inyectar más humedad, si es necesario para realizar un acondicionamiento apropiado, mediante la aplicación de vapor de agua o rociado, con el objeto de facilitar el laminado de los granos. Este proceso de laminado se realiza por medio de rollos o cilindros de superficie lisa, con un diámetro que oscila entre 60 y 80 cm y 2 m de longitud, que giran a la misma o distinta velocidad.

La acción de los laminadores tiene por finalidad el aplastamiento de la semilla, reduciéndola a una lámina de alrededor de 0,3 mm de espesor. De ésta manera se produce la rotura de las células que contienen el aceite, facilitando su posterior extracción. Los granos laminados son transportados, con equipos que minimizan su rotura, a extractores por percolación.

En casi todas las plantas, el aceite se extrae por medio de solventes, siendo el hexano el medio principal de extracción. El solvente es bombeado sobre el lecho de soja laminada, y por percolación a través del mismo, extrae y arrastra las micelas ricas en aceite. El hexano, además de poseer características físicas favorables para este proceso, permite obtener un aceite de buena calidad, que se destina en su mayor parte a la alimentación humana, después de haber sido sometido al proceso de refinación.

Existen otros sistemas de extracción pero los sistemas de percolación han sustituido casi a totalidad los de inmersión, debido a que tienen un costo de funcionamiento mas bajo, son menos voluminosos y pueden alcanzar gran capacidad de trabajo

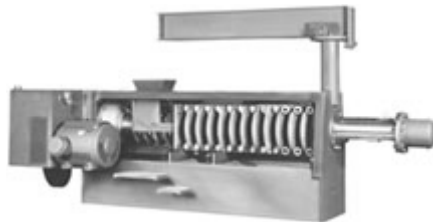
Las micelas que salen del extractor tienen un contenido del 25 al 30% de aceite. Son filtradas para remover partículas en suspensión y luego entran a una serie de evaporadores para extraer el hexano, que es reciclado a la primera etapa de extracción. El solvente restante es removido en columnas de terminación que operan bajo vacío, donde se logra eliminar los gases de hexano y vapor de agua hacia arriba y en contracorriente el aceite desolventizado. (10)

El aceite completamente libre de solvente es a continuación desgomado para eliminar fosfátidos y luego se lo enfría a temperatura ambiente, y ya enfriado se lo bombea a los depósitos de almacenamiento, donde permanece hasta su posterior comercialización o refinación. (10)

1.9 Tipos de Tornillo Prensa

1.9.1 Prensas de tornillo de Alta Presión

Figura 7. Tornillo prensa de alta presión



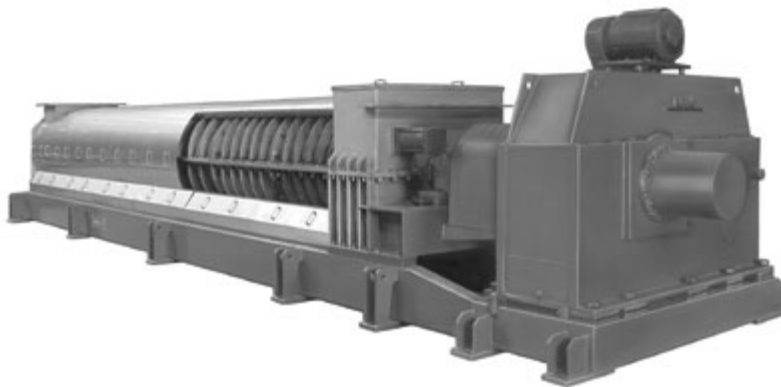
En la figura 7 se muestra básicamente una unidad, con una tolva alimentadora de 12" la cual es una prensa que aumenta el rendimiento conforme va aumentando la capacidad de alimentación con materias blandas, difíciles de prensar. En muchos casos, este diseño también baja el residuo de grasa.

1.9.2 Prensas de Tornillo de Presión Mediana

Para altos volúmenes de materias sensibles al cortado, incluyendo suspensiones acuosas y productos hidrolizados tales como plumas o pelo de puerco. Una prensa horizontal de Dupps de presión mediana, se destaca por el espacio ajustable entre el tamiz y las aletas helicoidales del eje, un reductor neumático con un dispositivo que limita la torsión para protegerlo mientras está cerrado, y una caja de engranajes, con impulsor de velocidad variable.

Además de una estructura excepcionalmente fuerte y una construcción pesada de jaula, obturador operado por aire, con control variable de presión, un reductor de engranajes montado en la base (no en el eje) y un control automático de velocidad variable tornillo sin fin, para compensar los cambios en la alimentación de materias.

Figura 8. Tornillo Prensa de Presión Mediana



1.10 Descripción botánica de la planta a estudiar

1.10.1 Familia

Bignoniaceae

1.10.2 Nombre sistemático (según Heldelmark 1980)

Crescentia alata HBK y *Crescentia cujete*.

1.10.3 Nombres comunes

C. alata: morro

C. cujete: jícara, güira, hom, huaz, Jícara, Mimbres Mulul, Totumo, Xi.

1.10.4 Sinonimias del *Crescentia cujete* L.

C. acuminata HBK; *C. arborea* Rafinesque; *C. cuneifolia* Gardner; *C. angustifolia* Willdenow ex Seeman; *C. fasciculata* Miers; *C. plectantha* Miers; *C. spathulata* Miers; *C. cujete* var. *Puberula* Bureau & K. Schumann.

1.10.5 Sinonimias del *Crescentia alata* HBK:

Crescentia trifolia Blanco Fl. Filip ed 1489 1837. *Parmentiera alata* (HBK) Miers. Trans. Linn. Soc. Bot. 26:166.1868.

1.11 Origen y Distribución

Es un árbol muy común o abundante en planicies y laderas esencialmente secas, es nativo y se encuentra silvestre en la región nororiental de Guatemala; se le encuentra en México, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Introducido hacia las Filipinas y otras islas del Pacífico (3, 4, 12).

1.12 Zona de vida

Bosque seco subtropical, monte espinoso subtropical.

1.13 Departamentos

El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Baja Verapaz, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Petén.

1.14 Descripción Botánica

Son árboles pequeños, *C.cujete* ligeramente mayor que el *C.alata*, son árboles de ramas numerosas, retorcidas, abiertas, con brotes delgados y nudos sobresalientes, extendidas, 6-10 m de alto, 30 cm de diámetro. Hojas amontonadas, siempre verdes y espatulazas, varios tamaños, 6-26 cm de largo, simples, ovadas, sin pecíolo. Flores olorosas, tallo corto, verde amarillento con estrías rosadas, cáliz bilabiado; 5 lóbulos cerosos, 5-8 cm de largo, en ramas o troncos, pistilos 3-4 cm de largo, ovario cónico redondeado. Fruta redonda, oval, 10-30 cm de ancho; cubierta delgada, leñosa; pulpa blanca, fibrosa, jugosa. Semillas, planas, cafés, 8 mm de largo. La madera es café amarillenta, semidura, pesada. (3, 4,12)

La manera más fácil de distinguir ambas especies es por sus hojas. *C. Alata* tiene hojas con un pecíolo alado, alternas, sin pelos y normalmente con tres hojuelas. Las hojas forman una cruz, con el pecíolo alado en la base (2-8 cm de largo) y las tres hojuelas forman el resto de la cruz. Las hojuelas tienen bordes suaves, una punta redondeada con una muesca central y una base aguda. El haz es verde oscuro y brillante y el envés es verde pálido. *C. Cujete*, en comparación, tiene hojas simples más grandes (hasta 26 cm de longitud), con un grupo de hojas brotando del mismo punto de la rama.

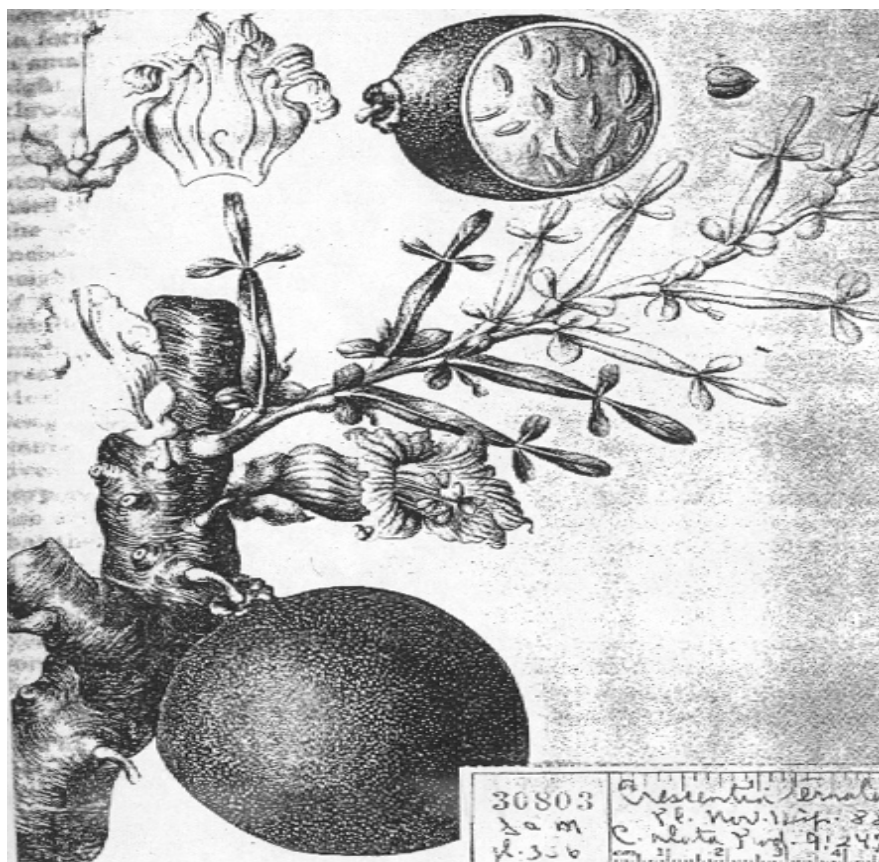
Las flores de ambas especies abren por la noche, duran unos 8 días y son polinizadas por murciélagos. Son normalmente solitarias y crecen directamente del tronco y ramas más gruesas. Su aroma recuerda a almizcle, alcanfor y aceite de mostaza.

El fruto es el rasgo más distintivo de los jícaros siendo mucho mayores en *C. kujete* (15-25 cm) que el *C. alata* (8-15 cm). Es una calabaza esférica con una cáscara dura y leñosa y una pulpa que contiene de 300-900 semillas. Los frutos maduros son verde amarillentos y se mantienen en el árbol por 5-7 meses antes de volverse amarillos y caer, principalmente con la reducción de oferta de agua. Las semillas son dispersadas por el ganado (especialmente caballos) que come las frutas, o por inundaciones al comienzo de la época de lluvias: los frutos flotan y pueden viajar grandes distancias por el agua. (3, 4,12)

1.15 Hábitat

Nativo de México, norte de Centro América y el Caribe; frecuentemente cultivado en regiones tropicales secas por debajo de 500 msnm. En Guatemala se encuentra en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Escuintla, Izabal, Petén, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, Santa Rosa, San Marcos, Zacapa, El Progreso y Suchitepéquez. (3, 4, 5, 11, 12)

Figura 9. Fruto de *Crescentia alata* HBK



1.16 Historia

Se conocen seis especies silvestres, unas de Centro América y otras del Amazonas, los cascotes secos del fruto se usan desde tiempos precolombinos para fabricar diversos utensilios, posiblemente la planta fue domesticada en varios lugares simultáneamente con este propósito. Dos especies son de importancia artesanal y medicinal *Crescentia alata* HBK (Morro) y *Crescentia cujete* (Jícara).

Con el fruto seco se hacen artesanías, instrumentos musicales, jícaras y guacales, que se pulen y colorean de manera especial desde tiempos precolombinos, así como se hacen artesanías del tronco tallado. (5, 11)

1.17 Agricultura

El fruto se obtiene por recolección en los campos de crecimiento silvestre en las zonas oriental y sur del país o en huertos familiares donde se siembra artesanalmente; se recomienda sistematizar su cultivo para garantizar su aprovisionamiento sostenido. Para su cultivo se requiere suelo franco bien drenado, clima caliente pero preferiblemente seco. Se propaga por semillas que tardan 2-3 meses en germinar o estacas que enraízan con cierta dificultad; son árboles de lento crecimiento. Se siembran a distancias de 3-5 m entre plantas. Los frutos se colectan al madurar, se saca la pulpa y se seca por los medios convencionales. (3, 4)

1.18 Usos medicinales atribuidos

Con la pulpa del fruto se prepara un jarabe que es muy usado por vía oral para el tratamiento de afecciones respiratorias (asma, bronquitis, catarro, pulmonía, resfrío, tos, tos ferina) y gastrointestinales (cólico, diarrea, estreñimiento, hepatitis, inflamación, uretritis, infección urinaria y malestares menstruales). La infusión de hojas se usa para el tratamiento de diarrea, fiebres y como tónico capilar, el cocimiento de hojas se usa para tratar diarrea, diabetes, indigestión, nerviosismo y palpitaciones. La infusión de flores se usa para aliviar el dolor de oídos y la tos ferina.

Las semillas se usan como contraceptivos, o para preparar una horchata para el tratamiento de diarrea y disentería. Con la decocción de la cáscara del fruto se prepara un jarabe para combatir el asma, la tos y el dolor de estómago. (3, 4)

Por vía tópica la pulpa del fruto se aplica en cataplasma para el tratamiento de dermatitis, golpes, leucorrea, hemorroides, raspones, tumores, ayudar a expulsar la placenta, contra diversas ponzoñas de animales, sarna y tinea, en cataplasma con aceite de coco se usa para tratar tumores. La infusión de hojas se aplica como loción para promover el crecimiento del cabello, y en baños, lavados y compresas se usa para combatir enfermedades por aradores, así como, tiña, sarna, apostemas y lamparones.

A las hojas y frutos se les atribuye propiedad analgésica, antiséptica, aperitivas, astringente, calmante, desinflamante, emenagoga, emética, emoliente, expectorante, febrífuga, laxante, pectoral, purgante, reconstituyente, sudorífica, vermífuga y vulneraria. (3, 4)

1.19 Otros usos populares

El principal uso forestal es como sombra y ornato en parques y jardines. La madera blanca, al secarse se vuelve ligeramente morena, mostrando rayitas más oscuras, grano irregular, textura media, de buena apariencia, moderadamente pesada, fuerte, resistente, elástica, se usa para hacer leña y para fabricar mangos para herramientas y sillas de montar, así como muchos otros usos prácticos (soporte de gallinero).

El fruto tiene aplicaciones medicinales, culinarias y artesanales. Con la pulpa se preparan caramelos; los frutos tiernos se comen encurtidos; las semillas tostadas se usan en pastelería y para alimentar aves de corral.

Los cascos del fruto se usan para elaborar recipientes (jícaros) y tomar líquidos, hay algunos profusamente decorados con bajorrelieves o pintados que caracterizan las artesanías de algunos lugares, como Rabinal, y otros que se usan como instrumentos musicales. (3, 4)

1.20 Farmacología

1.20.1 Experimental

Estudios antibacterianos demuestran que la tintura de hojas tiene actividad contra *S. Typha*, el extracto etanólico de hojas es activo contra *B. subtilis*, *S. pneumoniae* y *S. aureus*. La pulpa del fruto no tiene actividad antibacteriana. Las semillas no presentan actividad antibiótica. El extracto etanólico de *C. cujete* seco es activo contra *E. histolytica*. El extracto con acetato de metilo de la madera del tronco tiene bioactividad selectiva contra levaduras mutantes (RS322YK) deficientes en la reparación de ADN.

Estudios farmacológicos demuestran que las hojas tienen actividad sedante. En modelos experimentales se ha demostrado que el extracto etanólico de hojas tiene actividad antiinflamatoria en el modelo de inflamación podal por formaldehído a dosis de 1,200 mg/kg por vía oral; la hoja tiene actividad con relación dosis-efecto, la actividad se mantiene por 24 horas en forma comparable con 100 mg de diclofenaco sódico.

En otro estudio al inducir la inflamación con caolín y comparar las medias por el método de LSD de Fisher, la dosis de 750 mg/kg presenta una diferencia significativa con el control y con fenilbutazona, lo que confirma su actividad.

1.20.2 Clínica

Estudios clínicos desde principios de siglo demuestran que el jarabe en base del extracto del fruto o sus flavonoides, tienen efecto benéfico sobre las infecciones respiratorias.

1.21 Composición Química

La pulpa cruda del fruto de *C.cujete* contiene ácidos orgánicos (cianhídrico, clorogénico, cítrico, crescéntico, tánico, tartárico) alcaloides cuaternarios, polifenoles y cromóforos lipófilos. El tamizaje fitoquímico de las hojas y tallo demuestra alcaloides cuaternarios, esteroides insaturados y polifenoles.

Las semillas contienen azúcares (2.6%), proteínas (8%) y aceite fijo (37%) parecido al aceite de oliva, que está constituido por ácidos oleico (59.4%), linoléico (19.3%) y saturados (19.7%). Las hojas contienen ácido caféico. La madera contiene naftoquinonas. El análisis proximal de 100 g de semillas de *C. alata* contiene: 530 calorías, agua (3.4 g), proteína (30.2 g), grasa (39.7) g, carbohidratos totales (22.9 g), fibra (2.4 g), ceniza (3.8 g), calcio (50 mg), fósforo (968 g), hierro (9.4 mg), carotenos (20 µg), tiamina (0.73 mg), riboflavina (0.12 mg), niacina (0.9 g). (3, 4)

1.22 Farmacognosia

La materia vegetal usada como medicina es la pulpa del fruto fresca o seca, aunque, las hojas también tienen uso y bioactividad, en todo caso, ambas deben reunir las mismas características fisicoquímicas y sanitarias de la materia prima usada para la elaboración de productos fitofarmacéuticos. En la revisión de literatura realizada se encontró poca información sobre la relación entre la actividad farmacológica atribuida y la composición química, no se encontraron estudios tendientes a la formulación de productos fitofarmacéuticos. Por cromatografía se demuestra que la actividad antiinflamatoria está relacionada con flavonoides como epigenina y quercetina.

Por fraccionamiento bioquímico del extracto de la madera de *C. cuje* con acetato de metilo condujo al aislamiento de siete furanonaftoquinonas, de las cuales todas presentan actividad (CI₅₀ entre 3-280 µg/mL) con el bioensayo de levaduras mutantes, las moléculas que presentaron mayor actividad en el modelo también fueron citotóxicas a células Vero, tales como lapachona (CI₅₀ 3.7 µg/mL) e isolapachona (0.21 µg/mL). La planta no es de uso oficial por lo que no se encuentra en ninguna farmacopea. Se comercializan productos fitofarmacéuticos como elixir, jarabe, tintura y caramelos medicados. (3, 4)

1.23 Toxicología

El uso prolongado y en grandes dosis puede ser tóxico; la pulpa del fruto y raíz son tóxicas en aves, pequeños mamíferos y ganado vacuno, posiblemente por su contenido en HCN.

La pulpa del fruto no tiene actividad antibacteriana, pero induce neoplasias del tipo leucemia linfoma en 25% de los ratones sometidos a la administración del jarabe. La ingestión de pulpa del fruto puede producir diarrea severa.

La infusión de hojas administrada por vía oral en ratones no presentó toxicidad de 1-10 g/kg. La DL50 del extracto etanólico administrado por vía intraperitoneal en ratón es >1,000 mg/kg.

1.24 Contraindicaciones

No se han reportado.

1.25 Indicaciones terapéuticas

Por su consistente uso popular y falta de toxicidad referida, el uso oral de la pulpa o cáscara del fruto está indicado en el tratamiento de afecciones gastrointestinales y respiratorias. Se recomienda administrar 3-4 veces al día una dosis de 2-6 mL del jarabe o 3-5 g/taza de decocción.

Por su actividad antibacteriana y antiinflamatoria, el uso tópico de las hojas está indicado en dermatitis hemorroides y otras afecciones de la piel. Por su acción sobre las vías respiratorias puede combinarse con Hinojo, Marrubio, Orozuz, Romero, Sauco y tomillo. (3, 4, 11, 12)

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Localización

- Se caracterizó la especie utilizada en el Herbario de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos.
- La extracción del aceite se realizó en un tornillo prensa, perteneciente a SAMTRA ubicado en la 2ª.Calle 5-67, zona 13.
- La cromatografía de gases con detección de masas se llevó a cabo en el laboratorio de Aseguramiento de Calidad de Olmeca.
- El análisis proximal de la semilla y de la torta resultante de la extracción, se realizó en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria.
- La determinación de las propiedades fisicoquímicas e índices de calidad se determinaron en el laboratorio del Área de Química en la Escuela de Ingeniería Química, y en el laboratorio de Aseguramiento de Calidad de Olmeca.

2.2 Recursos Humanos

- Investigadora Glenda Rocío Luna Zúñiga
- Asesora Ing. Química Telma Maricela Cano Morales
- Revisor Ing. Químico César Alfonso García Guerra
- Colaboradores Sr. Julio Francisco Crespo Morales
Ing. Daniel Ramírez
Ing. Sergio Paz
Personal de Aseguramiento de Calidad de Olmeca

2.3 Materiales

Semillas del fruto maduro de morro (*Crescentia alata HBK*). Provenientes de las regiones de:

Tabla II. Características de las regiones.

Región	Altitud snm	Latitud	Longitud	Localización del mapa
Estanzuela, Zacapa	195	14°59'55''	89°34'25''	H-6
San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	290	14°56'40''	89°58'10''	H-6

(Fuente: 7)

Se utilizaron los frutos catalogados como maduros por el color de la cáscara (verde amarillenta) y de la semilla (color café a marrón), (3, 4). Los reactivos químicos, utilizados se describen en cada una de las metodologías en la sección de Metodología Experimental.

2.3 Equipo

- Tornillo prensa
- Equipo de Laboratorio Instrumental (cromatógrafo de gases marca XL Perkin Elmer Clarus 500, con detector de masas, integrador Pe Nelson).
- Equipo de laboratorio químico:
 - o plancha de calentamiento marca Ohaus
 - o equipo de destilación por reflujo, marca Kimax 24'40
 - o viscosímetro, viscotester DC 6V Rion
 - o refractómetro,
 - o centrífuga, IEC HN – S II, CENTRIFUGE
 - o Balanzas analíticas marca Ohaus Adventurer 0.0001 g.
 - o mecheros bunsen.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El aceite fue extraído de la semilla seca del fruto maduro de *Crescentia Alata*, en un tornillo prensa de escala industrial. Para determinar la composición del aceite extraído de la semilla de morro (*Crescentia alata HBK*), se realizó el perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases con espectrometría de masas, asimismo se determinaron los índices de calidad y propiedades fisicoquímicas, a partir de las metodologías que se muestran a continuación.

3.1 Solubilidad de las Grasas

El trabajo se realiza con aceite vegetal y diferentes disolventes.

- **Instrumentos**

Soporte con tubos de ensayo.

- **Reactivos**

Aceite vegetal, alcohol etílico, benceno y cloroformo.

- **Marcha de los trabajos**

En cuatro tubos de ensayo se vierten de 5 a 7 gotas de aceite vegetal. En el primer tubo se añaden 2 mL de agua, en el segundo 2 mL de alcohol, en el tercero 2 mL de benceno y en el cuarto 2 mL de cloroformo. La mezcla en los tubos de ensayo se agita enérgicamente.

Se observan los siguientes cambios: en el primer tubo se forma una emulsión inestable que se separa rápidamente; en el segundo, una disolución turbia, que indica la baja solubilidad del aceite en alcohol; en el tercero y el cuarto tubos de ensayo se forman disoluciones transparentes debido a la solubilidad del aceite en benceno y cloroformo.

3.2 Determinación de los índices de calidad de los aceites

Sobre la naturaleza y la calidad de una grasa se puede juzgar a partir de sus constantes físicas y químicas o sus índices de calidad. Las constantes físicas de las grasas más importantes son sus temperaturas de fusión, de endurecimiento y la viscosidad; entre las químicas se destacan el número ácido (índice de acidez), el índice de yodo, el índice de saponificación, entre otros.

3.2.1 Método de Índice de Yodo por Wijs

Método Oficial AOCS Cd 1-25

Generalidades

- Definición: El índice de yodo es una medida de la insaturación de ácidos grasos y se expresa en términos del número de centigramos de yodo absorbido por gramo de muestra (% yodo absorbido).
- Aplicación: Aplicable a todas las grasas y Aceites Normales que no contengan enlaces dobles conjugados.

Materiales y Equipo

- 1 Erlenmeyer de boca ancha de 250 mL con tapón.
- 1 Erlenmeyer de 1000 mL con tapón
- 3 Pipetas de 5, 20 y 25 mL de capacidad cada una.
- Pinzas para bureta
- soporte universal.

Reactivos

- Yoduro de potasio A.C.S. o A.R.
- Solución de Wijs
- Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) grado A.C.S.
- Yoduro de potasio grado A.C.S.
- Dicromato de potasio
- Solución soluble de almidón.

Soluciones

- Yoduro de potasio. Disolver 100 g en agua destilada y aforar a 1000 mL con agua desionizada.
- Solución de indicador de almidón: Hacer una mezcla homogénea de 10 g de almidón en agua fría destilada. Añadirle 1 L de agua hirviendo, agitar vigorosamente y enfriar. Para preservar el indicador añadir ácido salicílico (1.25 g/L). Si se desea almacenar la solución, debe mantenerse en refrigeración de 4 a 10°C. Para mantener el indicador por dos o tres semanas es necesario introducirla a refrigeración cuando llegue al punto final de la titulación (de azul a incoloro).
- Tiosulfato de sodio 0.1N: Disolver 24.9 g de tiosulfato de sodio en agua destilada y diluir a 1L.

- Estandarización: Pesar 0.16 a 0.22 g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) dentro de un erlenmeyer de 500 mL. Disolver en 25 mL de agua, añadir 5 mL de ácido clorhídrico y 20 mL de solución de yoduro de potasio preparada anteriormente, agitar por 5 min., luego agregarle 100 mL de agua destilada. Titular con solución de tiosulfato de sodio, agitar continuamente hasta que se torne de color azul.
- La concentración de la solución de tiosulfato de sodio está expresada en términos de Normalidad (N).

Procedimiento

- Pesar la muestra (según la tabla III) dentro de un erlenmeyer de 500 mL y añadir 15 mL de tetracloruro de carbono, agitar hasta que la muestra este completamente disuelta

Tabla III. Relación de índices de yodo contra peso de muestra a utilizar

Índice de Yodo	Peso g $\pm$ 0.001
< 5	3
5-20	1
21-50	0.4
51-100	0.2
101-150	0.13
151-200	0.10

- Pipetear 25 mL de solución Wijs y adicionarlo a la muestra. Tapar el erlenmeyer, y agitar hasta obtener una mezcla homogénea.

- Almacenar la muestra en un lugar oscuro por 30 min. a una temperatura de 25°C.
- Después de los 30 min. sacar el frasco donde se almacenaba y añadirle 20 mL de solución de yoduro de potasio y 150 mL de agua destilada.
- Preparar y conducir por lo menos un blanco con cada grupo de muestras simultáneamente y realizar el mismo procedimiento.
- Titular con solución 0.1 N de tiosulfato de sodio cuidadosamente y agitando constantemente. Continuar esta titulación hasta que tenga un color amarillo claro, añadir 1 a 2 mL de indicador de almidón y continuar la titulación hasta que se decolore por completo.

Cálculos

$$\text{Índice de Yodo} = \frac{(B - S) * N * 12.69}{p m}$$

(Ecuación 1)

Donde:

B = gasto de titulación del blanco (mL).

S = gasto de titulación de la muestra (mL)

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

Pm = peso de la muestra

3.2.2 Método de Índice de saponificación

Método oficial AOCS Cd 3-25

Generalidades

El índice de saponificación es la cantidad de álcali para saponificar una cantidad definida de muestra. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requeridos para saponificar un gramo de muestra.

Materiales y Equipo

- Dos condensadores
- Una pipeta de 50 mL
- Dos balones de 150 mL
- Una pipeta de 1 mL
- Una bureta
- Pinzas para bureta
- Balanza analítica
- Estufa o plancha de calentamiento
- Soporte universal

Reactivos

- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico
- Ácido clorhídrico

Soluciones

- Pesar 10 g de hidróxido de potasio en un frasco de 1.5 a 2 litros, agregar 1 a 1.5 litros de alcohol etílico, hervir en un baño de agua y poner a reflujo en un condensador durante 30 a 60 minutos. Destilar y coleccionar el alcohol. Disolver 40 g de hidróxido de potasio en carbonatos en un litro de alcohol destilado a una temperatura no mayor de 15°C.
- Indicador de fenolftaleína al 1% en alcohol etílico al 95 %.
- Ácido clorhídrico 0.5N.

Procedimiento

- Pesar 5 g de muestra y agregar 50 mL de la solución de hidróxido de potasio alcohólica con una pipeta.
- Preparar un blanco de forma simultánea a la muestra.
- Colocar los balones (blanco y muestra) en el condensador hasta que la saponificación sea completa (aproximadamente 1 hora). Evitar pérdidas.
- Después de obtener la muestra colectada, lavar el condensador con una cantidad mínima de agua destilada (de 1 a 2 mL)
- Titular con la solución de ácido clorhídrico utilizando la solución de fenolftaleína como indicador.

Cálculos

$$\text{SAP} = \frac{56.1 * N (\text{HCl}) * (\text{Titulación blanco} - \text{Titulación muestra})}{\text{Peso de la muestra}}$$

(Ecuación 2)

Donde:

Titulación en blanco o muestra: se refiere al volumen consumido de HCl 0.5

N en la titulación ya sea de la muestra o la prueba en blanco.

N: normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

3.2.3 Método de número de acidez

Método oficial AOCS Ca 5a - 40

Generalidades

- **Definición:** Este método determina los ácidos grasos libres existentes en la muestra.
- **Alcance:** Aplicable a todos los aceites vegetales crudos y refinados, aceites marítimos y grasas animales.

Materiales y Equipo

- Dos balones de 150 mL
- Una pipeta de 1 mL
- Una bureta
- Pinzas para bureta
- Balanza analítica
- Estufa o plancha de calentamiento
- Soporte universal

Reactivos

- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico

Soluciones

- Alcohol etílico al 95%. El alcohol debe tener un definido, distinguido y específico punto final con fenolftaleína y debe ser neutralizado con una base, pero que permanezca el color rosado justo antes de ser utilizado.
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1% en alcohol al 95%.
- Solución de hidróxido de sodio, recientemente estandarizada. Vea la siguiente tabla para determinar la normalidad apropiada de la solución de NaOH dependiendo del rango de la concentración de ácidos grasos libres esperado en la muestra.

Tabla IV. Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante

Rango AGL (%)	Muestra (g)	Alcohol (mL)	Conc. alcalina (N)
0.00 a 0.2	56.4 ± 0.2	50	0.1
0.2 a 1.0	28.2 ± 0.2	50	0.1
1.0 a 30.0	7.05 ± 0.05	75	0.25
3.0 a 50.0	7.05 ± 0.05	100	0.25 a 1.0
50.0 a 100	3.525 ± 0.001	100	1.0

**Rango de ácidos grasos libres, volumen de alcohol y concentración alcalina.*

Procedimiento

- La muestra debe estar bien mezclada y completamente líquida antes del pesado; nunca caliente la muestra más de 10°C arriba de su punto de fusión.
- Utilice la tabla IV para determinar el peso de muestra. Pese la cantidad designada para la muestra en un erlenmeyer.
- Adicione la cantidad específica de alcohol caliente neutralizado, y 2 gotas del indicador.
- Titule la solución estándar de hidróxido de sodio, agitando vigorosamente hasta que aparezca el primer color rosado permanente, de la misma intensidad que la del alcohol neutralizado antes de la adición de la muestra. El color debe persistir por 30 segundos.

Cálculos

- El porcentaje de ácidos grasos libres en la mayoría de tipos de grasa y aceites se calcula como ácido oleico, sin embargo para los aceites de coco y de palmiste, es frecuente que se exprese como ácido láurico, y en el aceite de palma, en términos de ácido palmítico.

a) % AGL, como oleico = (mL base * N *28.2)/ peso de muestra

b) % AGL, como láurico= (mL base * N *20.0)/ peso de muestra

c) % AGL, como palmítico = (mL base * N *25.6)/ peso de muestra

(Ecuaciones 3, 4 y 5)

- Los ácidos grasos libres son frecuentemente expresados en términos de “valor de acidez”, en lugar del porcentaje de ácidos grasos libres.
- El valor de acidez se define como el número de miligramos de KOH necesario para neutralizar 1 g de muestra. Para convertir el porcentaje de ácidos grasos libres (como oleico) a valor de acidez, multiplíquese el porcentaje de ácidos grasos libres por 1.99.

Recomendaciones

- El isopropanol al 99%, puede ser utilizado como solvente alternativo con aceites vegetales crudos y refinados.
- Tape y agite vigorosamente durante 1 minuto si el aceite se ha cubierto de dióxido de carbono gaseoso.

3.2.4 Materia Insaponificable

Método oficial AOCS Ca 6a – 40

Generalidades

La materia insaponificable es la parte de una grasa que no puede usarse como base para elaboración de jabones.

Materiales y equipo

- Equipo de destilación por reflujo
- Ampolla de separación de 500 mL
- Beakers

Reactivos

- Éter de petróleo
- Fenolftaleína
- Alcohol al 95%
- Solución acuosa de KOH al 50%
- Solución de Hidróxido de sodio 0.02N.

Procedimiento

- Pesar 5 g de muestra dentro de un erlenmeyer o un matraz, agregue 30 mL de alcohol al 95% y 5 mL de KOH al 50%, poner a reflujo durante 1 hora, hasta completar la saponificación.
- Transfiera a la ampolla de decantación y lave el matraz con 40 mL de alcohol al 95%, complete la transferencia con 80 mL de agua destilada, continúe los lavados con pequeñas cantidades de éter y agréguelo al cilindro, déjelo enfriar hasta 20 ó 25 °C y luego agregue 50 mL de éter.
- Inserte el tapón a la ampolla de separación y agite vigorosamente por 1 minuto para que se separen las dos fases.
- Las fracciones de éter son drenadas de la ampolla de separación.
- Repita la extracción usando éter en porciones de 50 mL hasta completar 6 ó 7 extracciones, luego agite vigorosamente, con cada extracción.
- Realice tres lavados con alcohol al 10% en agua destilada, agitar vigorosamente y drenar el alcohol, después de cada lavado no remueva el éter.
- Transfiera la capa de éter a un beacker tarado y evapore el contenido en baño maría y complete el secado en el horno de 75 a 80°C, luego pese.

- Después de pesar, agregue 50 mL de alcohol al 95% caliente a 50°C neutralizando y titulando con NaOH 0.02N, usando fenolftaleína de indicador.
- Hacer un blanco por prueba de materia insaponificable (sin grasa presente).

Cálculos

$$\text{Porcentaje de materia insaponificable} = A - (B+C) *100/ \text{Peso muestra}$$

(Ecuación 6)

Donde:

A: peso del residuo

B: peso de grasa ácida (usando 1 mL de 0.02 N de NaOH es equivalente a 0.0056 g de ácido oleico)

C: contenido del blanco

3.2.5 Índice de peróxidos por el método ácido acético- cloroformo

Método oficial AOCS Cd 8-53

Generalidades

- Definición: Este método determina todas las sustancias, en términos de mili equivalentes de peróxido por 1000 g de muestra, que oxidan el yoduro de potasio bajo las condiciones de la prueba.

- Generalmente se asume que las sustancias son peróxidos u otras sustancias similares que oxidan la grasa.
- Alcance: Aplicable a todas las grasas y aceites normales, incluyendo margarina. Este método es altamente empírico y cualquier variación en la prueba puede provocar variaciones en los resultados.

Materiales

- Pipeta de 0.5 mL
- Erlenmeyer de 250 mL con tapón de vidrio
- Plancha de calentamiento
- Balanza analítica

Reactivos

- Ácido acético
- Cloroformo
- Ioduro de potasio
- Almidón
- Tiosulfato de sodio
- Dicromato de potasio

Soluciones

- Solución de ácido acético – cloroformo, mezclando 3 volúmenes de ácido acético glacial grado reactivo con 2 volúmenes de cloroformo grado reactivo.
- Solución saturada de ioduro de potasio, preparada recientemente, disolviendo un exceso de KI en agua destilada, recientemente hervida.

- Asegúrese que la solución de KI permanezca saturada durante su uso, indicado por la presencia de cristales no disueltos. Almacene en la oscuridad cuando no se utilice, pruebe la solución agregando 2 gotas de solución de almidón a 0.5 mL de solución de KI en 30 mL de la solución ácido acético – cloroformo. Si se torna de color azul que requiere más de una gota de la solución de tiosulfato de sodio 0.1N para desaparecer, descarte la solución de KI y prepare una nueva.
- Solución de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.1 N, estandarizada recientemente con una solución de dicromato de potasio de la siguiente manera:
 - o Solución de tiosulfato de sodio 0.1N, se prepara disolviendo 24.9 g de tiosulfato de sodio en agua destilada y diluida hasta 1L.
 - o El estándar primario de dicromato de potasio debe estar finamente molido, secado a 105°C durante 2 hrs. y enfriado en una desecadora, pesar 0.16-0.22 g de dicromato de potasio en un balón de 500 mL. Disuelva con 25 mL de agua destilada, agregue 5 mL de ácido clorhídrico concentrado, 20 mL de la solución de ioduro de potasio y agite para mezclar. Deje reposar durante 5 min. y luego agregue 100 mL de agua destilada. Titule con una solución de tiosulfato de sodio agitando continuamente hasta que el color amarillo casi desaparezca. Agregue 1-2 mL del indicador almidón y continúe con la titulación agregando lentamente la solución de tiosulfato hasta que el color azul casi desaparezca. La concentración de la solución de tiosulfato de sodio se expresa en términos de su normalidad.

- Solución de tiosulfato de sodio 0.01N, exactamente estandarizada. Esta solución se puede preparar pipeteando exactamente 100 mL de tiosulfato de sodio 0.1N a un balón de 1000 mL, y aforar con agua destilada recientemente hervida.
- Solución indicadora de almidón, probada por sensibilidad, preparada al hacer una pasta con 1 g de almidón y una pequeña cantidad de agua destilada fría. Agréguese, mientras agita, 200 mL de agua hirviendo y continúe hirviendo la solución por unos segundos más. Inmediatamente quite del medio de calentamiento y enfríe. Puede agregarse ácido salicílico (1.25 g /L) para preservar el indicador. Si el indicador se va a almacenar por mucho tiempo, la solución debe guardarse en el refrigerador de 4 a 10°C. Debe prepararse un nuevo indicador cuando el punto final de la titulación, de color azul a incoloro ya no es tan definido. Si se almacena bajo refrigeración, la solución es estable durante 3 semanas.
- Prueba de sensibilidad: Coloque 5 mL de solución de almidón en 100 mL de agua y agregue 0.05 mL de solución de yoduro de potasio 0.1N recientemente preparada. Agregue una gota de una solución de cloro de 50 ppm, preparada agregando 1 mL de hipoclorito de sodio comercial al 5% (NaOCl) a 1000 mL. El color azul profundo producido debe ser eliminado por 0.05 mL de tiosulfato de sodio 0.1N.

Procedimiento

- Pesar 5.00 ± 0.05 g de muestra en un erlenmeyer de 250 mL con un tapón de vidrio. Y agregue 30 mL de solución de ácido acético – cloroformo 3:2. Agite para disolver la muestra. Agregue 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio KI.

- Deje que la solución repose, agitando ocasionalmente 1 min. exacto, y luego agregue inmediatamente 30 mL de agua destilada.
- Titule con tiosulfato de sodio 0.1N, acondicionándolo gradualmente, agitando constantemente. Continúe la titulación hasta que el color amarillo casi desaparezca.
- Agregue 0.5 mL de la solución de almidón, y continúe la titulación con agitación. Cerca del punto final agregue el tiosulfato en gotas hasta que desaparezca el color azul.
- Haga una determinación con un blanco. La titulación no debe exceder 0.1 mL de la solución de tiosulfato de sodio 0.1N.

Cálculos

$$\text{Valor de peróxido (meq/1000 g)} = \frac{(S - B) * N * 1000}{\text{Peso de muestra}}$$

(Ecuación 7)

Donde:

B: titulación en blanco

S: titulación de la muestra

N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

3.2.6 Método de cuantificación de ceras

Método Oficial AOCS

Objetivo

Determinar la cantidad de ceras presentes en el aceite

Generalidades

Las ceras son eliminadas de forma parcial durante la refinación para evitar que el aceite se nuble.

Materiales

- Dos tubos de ensayo
- Turbidímetro de Hach
- Balanza analítica

Reactivos

- Acetona

Procedimiento

- Se prepara el primer tubo de ensayo aforado con acetona, verificando que se encuentre libre de impurezas.

- Se lee el valor de NTU en el turbidímetro para la acetona. Ajustando el aparato a escala 2.
- Se tara el segundo tubo de ensayo, y se pesan 4.6 g de muestra.
- Se agita la muestra preparada con acetona (17 g aproximadamente) hasta formar una mezcla homogénea.
- Se realiza la primera lectura de la muestra en el turbidímetro a una escala de 2, si no existiese resultado aumentar la escala a 20 o a 200 si es necesario.
- Se procede a hacer el cálculo de ceras por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Cera (ppm)} = (\text{NTU Muestra} - \text{NTU Blanco}) * 39.2 + 40.1$$

(Ecuación 8)

3.2.7 Determinación de Gomas

Método Oficial AOCS

Generalidades

Definición: la prueba determina la cantidad total de fosfátidos y sustancias pegajosas que no interfieren de forma clara con la acidez del aceite. Se basa en un proceso de desgomado a escala laboratorio en donde los fosfátidos son hidratados para hacerlos insolubles en el aceite y por centrifugación separarlos. Las gomas producen pérdidas en el refinado y disminuye la vida de almacenamiento de un producto.

Materiales y equipo

- Beacker de 400 mL
- Pipeta de 10 mL
- Gotero, estufa con agitador magnético
- Tubos de ensayo
- Balanza analítica, centrífuga.

Reactivos y Soluciones

- Pesar 100 g de muestra y colocarlos en el beacker de 400 mL.
- Agregar a la muestra 1 gota de ácido fosfórico y 10 mL de agua destilada hervida.
- Calentar la mezcla a 70°C con agitación durante 10 minutos.
- Tarar y llenar un tubo de ensayo con la muestra (o los que sean necesarios), para colocarlo en la centrífuga durante 10 a 15 minutos.
- Trasvasar el aceite separado en la centrífuga
- Realizar dos lavados consecutivos con hexano a las gomas depositadas en el tubo de ensayo y agregarlas a un beacker de 250 mL.
- Terminar de sacar todas las gomas del tubo de ensayo con espátula y destilar el hexano calentando la muestra a 70°C en el horno.
- Pesar el beacker que contiene las gomas secas.
- Calcule el porcentaje de gomas de acuerdo a:

$$\text{Gomas} = (\text{PG} - \text{PB})$$

(Ecuación 9)

PG: peso del beacker más el peso de las gomas secas.

PB: peso del beacker

3.2.8 Prueba de Frío para Aceites

Método oficial AOCS Cc 11-53

Generalidades

- Definición: Este método mide la resistencia de la muestra a la cristalización y es comúnmente utilizado como un índice de la winterización y procesos de eliminación de estearina.
- Alcance: aplicable a todos los aceites normales animales y vegetales refinados y secos.

Materiales

- Botella de vidrio transparente limpia y seca. (4 oz.)
- Baño maría de hielo picado.
- Plancha de calentamiento

Reactivos

- Ninguno

Procedimiento

- Filtre una cantidad suficiente de muestra (200 a 300 mL) por medio de papel filtro y luego caliente la porción filtrada. Agite continuamente la muestra mientras la calienta y retire cuando la temperatura llegue a 130°C.

- Llene una botella con la muestra completamente y colóquela un tapón limpio y seco. Ajuste la muestra y la botella a temperatura ambiente con parafina.
- Introduzca la botella con la muestra en el baño con hielo y refrigere. Es indispensable que el baño se mantenga a 0°C.
- Revise periódicamente (cada ½ hora) que el aceite se mantenga claro y brillante. Observe que no tenga cristales grasos o esté nublado. No confunda las pequeñas burbujas de aire con cristales. La prueba termina cuando se da el nublamiento, se anota el tiempo que tardó el aceite para llegar a ese estado.

Recomendaciones

- El Comité Técnico de AOCS ha determinado que es satisfactorio utilizar congelador mecánico, que contiene baffles adentro del baño para amortiguar los efectos armónicos del sistema de enfriamiento mecánico. Se plantea una colaboración al estudio del método propuesto.
- El propósito del tratamiento con calor preliminarmente es para remover trazas de humedad y destruir algún núcleo cristalino que pueda persistir. De lo contrario habrá interferencia en la prueba, causando nublamientos o cristalización prematura.

3.2.9 Porcentaje de Jabón en los Aceites por el método de Titulación

Método Oficial AOCS Cc 17-79

Generalidades

- Definición: el método de titulación determina la alcalinidad de la muestra como oleato de sodio.
- Alcance: aplicable solamente para aceites vegetales.

Materiales y equipo

- Cristalería
- Erlenmeyer de 500 mL
- Bureta 100 mL, graduada en unidades de 0.05 mL

Reactivos y soluciones

- Solución de Acetona al 98%
- Solución estandarizada a 0.01N de HCl.
- Solución indicadora de azul de bromofenol al 0.4% en agua.

Procedimiento

- Colocar 100 mL de la solución acetona –agua en un erlenmeyer de 500 mL. Añadir 0.5 mL de solución indicadora de azul de bromofenol.
- Neutralizar la mezcla acetona – agua para titulación a el punto final (presencia de color amarillo) con 0.01N de HCl.

- Añadir aproximadamente 100 ± 0.1 g de muestra filtrada y bien mezclada a la solución neutralizada.
- Titular hasta el punto final con 0.01N de HCl.

Cálculos

$$\text{Jabón (ppm)} = (V_t * N * 304400) / \text{peso muestra}$$

(Ecuación 10)

Donde

V_t : es el volumen de HCl consumidos en la titulación

N : la normalidad del ácido clorhídrico.

Jabón como oleato de sodio en ppm.

Recomendaciones

- La acetona es altamente inflamable. Forma peróxidos explosivos con agentes oxidantes. Usar una campana de extracción. No mezclar con cloroformo.
- Para muestras que contienen altos niveles de jabón se recomienda pesar aproximadamente 10 g. Completar rápidamente la titulación una vez iniciada.

3.2.10 Valor de P-anisidina

Método Oficial AOCS Cd 18-90

Generalidades

- Definición: El valor de p-anisidina es definido por convención como 100 veces la densidad óptica medida a 350 nm en una cubeta de 1cm, de una solución conteniendo 1 g de aceite en 100 mL de solución de solvente y reactivo de acuerdo a lo descrito en el método.
- Alcance: Este método determina la cantidad de aldehídos, y principalmente 2-alquenos y 2,4-dienos, en aceites y grasas, animal y vegetal por reacción en una solución de ácido acético, de los aldehídos contenidos en un aceite y la p-anisidina, luego midiendo la absorbancia a 350 nm.

Materiales

- Tubos de ensayo con tapón de fondo de vidrio o tapa de teflón .
- Matraz volumétrico de 25 mL.
- Pipeta o bureta automática

Equipo

- Espectrofotómetro adecuado con absorbancia de 350 nm.
- Cubetas de cuarzo de 1.00 ± 0.01 cm. (deben ser idénticas).

Reactivos y soluciones

- Isooctano (2,2,4-trimetilpentano) ópticamente claro
- Ácido acético glacial grado reactivo.
- P-anisidina grado reactivo.
- 0.25 g de p-anisidina en 160 mL de ácido acético glacial.

Procedimiento

- La muestra debe estar perfectamente clara y seca. Pese de 0.5 a 4.0 ± 0.001 g de muestra en un matraz volumétrico de 25 mL. Diluir a volumen con isooctano.
- Mida la absorbancia (A_b) de la solución a 350 nm, en una cubeta de cuarzo, con el espectrofotómetro, usando de referencia la cubeta llena de solvente como blanco.
- Pipetee exactamente 5 mL de la solución aceitosa en un tubo de ensayo y exactamente 5 mL del solvente en un segundo tubo de ensayo. Utilizando una pipeta automática, adicione exactamente 1 mL del reactivo p-anisidina (solución) para cada tubo y agite.
- Luego de 10 min exactamente, mida la absorbancia (A_s) del solvente en el primer tubo de ensayo en una cubeta a 350 nm, usando la solución del segundo tubo de ensayo como blanco en la cubeta de referencia.

Cálculos

$$P-A.V. = \frac{25 * (1.2 A_s - A_b)}{m}$$

(Ecuación 11)

Donde,

As: absorbancia de la solución aceitosa después de la reacción con el reactivo p-anisidina.

Ab: Absorbancia de la solución de aceite.

m: peso de la muestra

3.2.11 Valor de Totox

Método Oficial Alfa Laval

Generalidades

- Definición: Este método designa un valor que indica la calidad de una grasa o aceite, determinando si su grado de oxidación no es tal que dificultaría su proceso de refinación.
- Alcance: Se aplica principalmente a aceites, pero es aplicable también a grasas.

Materiales y Equipo

- Ninguno

Reactivos

- Ninguno

Procedimiento

- Determinar el valor de peróxido y de p-anisidina.
- Obtener el valor de Totox de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Totox} = 2 * (\text{índice de peróxido} + \text{valor de p-anisidina})$$

(Ecuación 12)

Recomendaciones

Son adecuados los crudos o productos que presenten un valor de Totox menor de 10.

3.2.12 Índice de Dobi

Método Original Tirtiaux

Generalidades

- Definición: El índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (deterioration of bleach ability index) o DOBI, como se le conoce, consiste en la relación de carotenos respecto al resto de carotenos oxidados. Las moléculas de caroteno absorben luz a 446 nm, mientras que sus productos oxidados absorben luz a 270 nm.
- Alcance: se aplica a aceites crudos, regularmente al de palma.

Materiales

- Dos cubetas para espectrofotómetro de 1 cm.
- Un balón de 10 mL
- Un beacker de 100 mL

Equipo

- Plancha de calentamiento
- Espectrofotómetro SPECTRONIC

Reactivos

- Isooctano

Procedimiento

- Fundir la muestra y mantenerla al calor para eliminar la humedad, luego filtrar la muestra para eliminar impurezas.
- Pesar 100 mg de muestra y aforar en un balón de 10 mL con ayuda de isooctano.
- Preparar una cubeta de 1 cm con isooctano puro y otra con la muestra preparada.
- Medir las absorbancias de la muestra a 446 nm y 270 nm, utilizando isooctano como blanco.

Cálculos

$$\text{DOBI} = \text{Abs } 446 \text{ nm} / \text{Abs } 270 \text{ nm}$$

(Ecuación 13)

Nota: para calcular la cantidad de carotenos en la muestra únicamente realizar la siguiente operación: Caroteno (ppm) = 383*Abs 446nm.

Recomendaciones

- Una absorbancia alta a 446 nm indica que existen mayores carotenos que sus productos oxidados, por tanto el blanqueo es más efectivo; si la absorbancia es menor que a 270 nm indica que existen mayor cantidad de productos oxidados por lo que se hará difícil remover la pigmentación.
 - o DOBI > 3.25 muy buena calidad.
 - o DOBI = 2.75 calidad promedio.
 - o DOBI < 2 pobre calidad
 - o Los carotenos oxidados en presencia de ácidos grasos proporcionan una coloración café en el crudo de palma.

3.2.13 Fosfolípidos en Aceites Vegetales por el método Nephelométrico. Método Oficial AOCS Ca 19-86

Generalidades

- Definición: el método nephelométrico mide turbiedad en la mezcla debido a los fosfolípidos. La turbiedad está correlacionada para el nivel de fósforo.
- Este método es aplicable a crudos, desgomados, refinados, blanqueados y deodorizado. Si en la muestra de aceite hay presencia de jabón puede dar resultados erróneos (ver recomendaciones).

Materiales y Equipo

- Papel filtro
- Embudo
- Beakers de 159 mL
- Matraz volumétrico de 50 mL
- Turbidímetro HACH
- Celdas para turbidímetro 2.5*9.6 cm.
- Equipo de celdas de estándares (látex)
- Horno microondas o plancha de calentamiento

Reactivos y Soluciones

- Acetona grado espectral.

Procedimiento

- Encender el turbidímetro y permitir que esté encendido 15 minutos antes de usarlo.
- Calibrar el turbidímetro de acuerdo a las instrucciones de manufactura y llevar a cabo un blanco sobre la acetona.
- Calentar la muestra de aceite a 50°C en la plancha de calentamiento.
- Filtrar la muestra con papel filtro y un embudo.
- Pesar la cantidad apropiada de aceite en un erlenmeyer de 50 mL. (ver Tabla V)
- Añadir acetona hasta los 50 mL.
- Tapar, y mezclar bien y verter la mezcla en una celda turbidimétrica, cerca de 30 mL o al nivel de la celda.
- Tapar la celda y agitar por 10 segundos.
- Limpiar la celda con un papel fino y colocarla dentro del turbidímetro.
- Elegir el rango correcto de turbiedad: cualquiera 2.2 o 200 unidades nephelométricas de turbiedad (NTU).
- Tomar la lectura de la turbiedad después de 5 minutos exactamente.
- Anote el valor de NTU para el blanco (acetona), y para la muestra.

Tabla V. Relación entre la condición del aceite y el peso de muestra a utilizar en la determinación de fosfolípidos

Condición del aceite	Ecuación de la curva	Peso de la muestra (g)
Crudo	$P = (5.89 \cdot NTU) + 316.4$	0.33
Desgomado	$P = (5.32 \cdot NTU) + 3.38$	1.67
Primera refinada	$P = (8.26 \cdot NTU) - 4.49$	1.67
Blanqueado	$P = (1.27 \cdot NTU) - 0.255$	8.35
Deodorizado	$P = (1.72 \cdot NTU) - 0.528$	8.35

- El nivel de fósforo en ppm para una clase de aceite puede ser determinado nephelométricamente ya sea estimando el fósforo directamente de una curva “fósforo vrs. NTU” o por calcular el contenido de fósforo de la ecuación correspondiente de la tabla V.
- Preparación de correlación gráfica y ecuación para la curva: para una clase de aceite, obtener aproximadamente de 10 a 15 muestras de aceite crudo, desgomado, primera refinada, blanqueado y deodorizado.
- Determinar la turbiedad de cada muestra, usando el peso que se encuentra en la tabla V.
- Ejemplo: para un aceite crudo de soya, $P = (5.89 \cdot NTU) + 316.4$, donde la P son las partes por millón de fósforo, y NTU la turbiedad.

Recomendaciones

- Precaución: Niveles altos de jabón (50-100 mg/l) en aceites vegetales pueden dar resultados erróneos.
- La turbiedad aceptable para la acetona es 0.5 NTU o menos.

- Calentar la muestra facilita la filtración. Muestras de aceites altamente hidrogenados pueden necesitar calor en exceso de 50°C algunos aceites filtrados en la refinería pueden no requerir de filtración. Las muestras de aceites no deben exceder de 0.5% de humedad.
- Las muestras deberán ser pesadas a valores cercanos de 0.01 g para mejor precisión.
- Debe limpiarse la parte exterior e interior de la celda con papel suave y fino.
- La temperatura de la mezcla acetona-aceite previo al análisis debe ser de 25°C.
- La celda con la muestra debe estar bien alineada de acuerdo a las instrucciones de manufactura, cuando sea colocada en el turbidímetro.
- Si después de 5 min. la turbiedad de lectura no se estabiliza repetir el procedimiento.
- Nota: para encontrar el contenido de fosfátidos presentes, se multiplica por 30 el resultado de fósforo.

3.2.14 Perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases

Método Oficial AOCS Ce 1-62

Generalidades

- Definición: los ácidos grasos son ácidos carboxílicos alifáticos de cadena larga con un número par de átomos de carbono. Son los constituyentes de las grasas animales y vegetales, éstos se logran diferenciar por la existencia de unos ácidos grasos y otros que no poseen, así como la composición en que éstos se encuentran.

- Alcance: se aplica a grasas sólidas o líquidas de origen animal o vegetal.

Materiales y equipo

- Papel filtro Whatman No. 44
- Beacker de 100 mL.
- Balón aforado de 25 mL.
- Pipetas Pasteur
- Tres pipetas serológicas de 5 mL.
- Cromatógrafo de gases XL PERKIN ELMER
- Estufa o plancha de calentamiento
- Integrador PE NELSON

Reactivos

- Solución de hidróxido de sodio: 20 g en 1000 mL de metanol.
- Trifloruro de boro.
- Heptano
- Solución saturada de cloruro de sodio
- Sulfato de sodio anhidro.

Procedimiento

- Condiciones del cromatógrafo de gas (Integrador /método ACGRASO.MTH)
 - o Columna: SP 2380 Capillary Column 2-4152, 30m * 0.25mm, 0.20 µm FILM.
 - o Gas: nitrógeno a 6.0 psi.
 - o Detector: FID 260°C rango 1 atten 4
 - o Temperatura de inyector: 250°C
 - o Temperatura de horno: 180°C isotérmica.
 - o Start time: 0
 - o End time: 25
 - o Narrowest peak: 1.4-3.2 segundos
 - o Peak Width: fixed
 - o Lockout time: 5.0 minutos
 - o Base treatment B to B
 - o Area sensitivity: 1700
 - o Base sensitivity: 50
 - o Skim sensitivity: 0.0

- Condiciones del cromatógrafo de gas (Method 1)
 - o Temp 1: 180°C
 - o Tiempo 1: 25.0 minutos
 - o Temperatura inicial: 250°C
 - o Time 1: 999.0 min
 - o Press 1: 6.0 psi
 - o Split 1 initial: on
 - o Split 2 initial: on
 - o Valve 3 initial: off
 - o FID 1 temp: 260°C range initial 1
 - o FID 2 temp: 150°C range initial 1
 - o Int 1 output initial FID 1
 - o Int 1 atten initial 4

- Preparación de la muestra
 - o Se calienta la muestra para fundirla y hacerla fluida, para luego filtrarla por medio de papel Whatman No. 44 con el objetivo de eliminar impurezas.
 - o Se colocan de 0.10 a 0.11 gramos de muestra (5 gotas aproximadamente) del aceite en un balón de 25 mL.
 - o Agregar 2.5 mL de solución de NaOH, calentar la mezcla en la estufa sin aplicar calor directo y agitar constantemente para eliminar la humedad.
 - o Agregar 1.75 mL de trifloruro de boro.
 - o Mezclar con 2 mL de heptano.
 - o Aforar con una solución saturada de NaCl.
 - o Agregar de 0.5 a 1.0 gramos de sulfato de sodio anhidro, como absorbente de humedad, dentro del vial listo para inyectar.
 - o Preparar de 1 a 3 µL de la muestra para realizar la inyección.

- Detección de ácidos grasos
 - o Los tiempos en que cada uno de los ácidos grasos son retenidos se describen a continuación:

Tabla VI. Tiempos de retención para cada ácido graso en el cromatógrafo de gases con detección de masas

Nomenclatura del ácido graso	Nombre del ácido graso	Tiempo de retención (min)
C06:0	Caproico	5.700
C08:0	Caprílico	5.900
C10:0	Cáprico	6.200
C12:0	Láurico	6.650
C14:0	Mirístico	7.700
C14:1	Miristoleico	8.300
C15:0	Pentadecanoico	8.700
C16:0	Palmítico	9.400
C16:1	Palmitoleico	10.300
C17:0	Margárico	10.600
C17:1	Margaroleico	11.500
C18:0	Esteárico	12.500
C18:1	Oleico	14.00
C18:2	Linoléico	16.00
C18:3	Linolénico	19.00
C20:0	Araquídico	22.303
C20:1	Gadoleico	23.000
C22:0	Behenico	26.490
C22:1	Erucico	30.138

Recomendaciones

- La solución de cloruro de sodio (NaCl), se prepara con 20 gramos de la sal en 1000 mL de agua destilada, agitando durante una hora hasta observar una solución clara y homogénea, luego se agrega NaCl poco a poco hasta obtener cristales depositados en el fondo que ya no se disuelven.
- El cromatógrafo debe ser encendido, cuando las llaves de todos los gases ya estén abiertas.
- Encender el detector de masas del cromatógrafo antes de iniciar cualquier corrida.

4 RESULTADOS

Tabla VII. Índices de calidad obtenidos de las muestras de aceite de morro (*Crescentia alata* HBK) provenientes de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Índice de Calidad	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Índice de Yodo	90.95 cg / g muestra	89.32 cg / g muestra
Índice de Saponificación	174.78 mg KOH/g muestra	179.90 mg KOH/g muestra
Índice de acidez	0.13 mg KOH/g muestra	0.18 mg KOH/g muestra
Índice de peróxidos	0.43 meq/kg	0.80 meq/kg
Índice de DOBI	NSLD*	NSLD*
Índice de Totox	1.76 meq/kg	2.58 meq/kg

*NSLD: no se logró determinar.

Tabla VIII. Otras pruebas realizadas al aceite de morro.

Prueba	Aceite de Zacapa	Aceite del El Progreso
Materia insaponificable	0.2875%	0.2947%
Ceras	177.30 ppm	182.17 ppm
Gomas	0.1243%	0.1302%
Prueba de frío	2 horas y 05 minutos	1 hora y 55 minutos
Porcentaje de jabón	0.0%	0.0%
P-anisidina	0.46 ppm	0.49 ppm
Fosfolípidos	107.55 ppm	106.29 ppm
Fósforo	3.585 ppm	3.543 ppm

Tabla IX. Propiedades físicas del aceite de morro

Propiedad física	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Punto de Ebullición	362°C	362°C
Viscosidad	0.6 dPa/s a 24.4°C	0.6 dPa/s a 24.4°C
Densidad	0.8874 g/mL a 26.1°C	0.8876 g/mL a 26.0°C
Índice de refracción	1.4685 a 25°C	1.4685 a 25°C

Tabla X. Solubilidad del aceite de morro

Solvente	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Agua	Insoluble	Insoluble
Alcohol	Parcialmente soluble	Parcialmente soluble
Benceno	Soluble	Soluble
Cloroformo	Soluble	Soluble

Tabla XI. Perfil de Ácidos Grasos

Ácido Graso	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Ácido Palmítico C16:0	16.28%	15.29%
Ácido Esteárico C18:0	5.10%	5.17%
Ácido Oleico C18:1	52.35%	55.29%
Ácido Linoléico C18:2	23.15%	20.71%
Ácido Araquídico C20:0	0.75%	0.84
Ácido Linolénico C18:3	2.37%	2.70

Tabla XII. Resultados del Análisis Proximal de la semilla de morro del mes de septiembre de 2006.

Prueba o Ensayo	Semilla de Morro	
	Zacapa	El Progreso
% agua	8.47	7.82
% materia seca	91.53	92.18
% extracto etéreo	32.71	41.68
% fibra cruda	37.95	33.56
% proteína cruda	7.04	6.32
% cenizas	19.46	18.2
% extracto libre de nitrógeno	2.84	0.24

Fuente: Análisis proximal ver apéndice C.

Tabla XIII. Resultados del Análisis Proximal de la torta resultante de la extracción, utilizando semillas de morro del mes de enero de 2006.

Prueba o Ensayo	Vagazo de semilla de Morro	
	Zacapa	El Progreso
% agua	2.56	6.03
% materia seca	97.44	93.97
% extracto etéreo	6.13	12.21
% fibra cruda	20.61	16.47
% proteína cruda	42.27	42.35
% cenizas	5.29	5.18
% extracto libre de nitrógeno	25.70	42.35

Fuente: Análisis proximal ver apéndice C.

Tabla XIV. Rendimientos de extracción de aceite para las semillas provenientes de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Región	Rendimiento	Eficiencia de Extracción
Estanzuela, Zacapa	28.126%	86%
San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	19.3125%	46%

5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos están en función de muchas variantes climatológicas y condiciones del suelo, tales como altitud, latitud, longitud, clima, precipitación pluvial, humedad, tipo de suelo, pendiente de inclinación, susceptibilidad a la erosión, así como la edad de la especie a utilizar y todos éstos factores contribuyen a que cada una de las plantas crezcan y se desarrollen de forma diversa, por ende los rendimientos en la extracción y las propiedades fisicoquímicas de los extractos pueden ser diferentes.

Se utilizaron 2.40 kg de semillas de frutos maduros de morro provenientes de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso; con un contenido de humedad de 5.26%; también se utilizaron 4.7 kg de semillas de morro provenientes de Estanzuela, Zacapa con una humedad de 5.42%.

La especie fue clasificada como *Crescentia Alata HBK* en el Herbario de la facultad de Agronomía, las características principales para identificar la especie fueron la disposición de sus hojas con terminación trifoliar, así como el tamaño del fruto.

Se clasificó el fruto como maduro por la coloración verde amarillenta de la cáscara y un brillo particular. El proceso de secado de las semillas extraídas fue natural, colocadas en láminas expuestas directamente al sol durante las horas de mayor incidencia hasta que obtuviesen la humedad requerida, la cual debe ser menor al 10%, para tener un mejor rendimiento..

El proceso de extracción se realizó en un tornillo prensa, realizando la extracción en dos pasos, el análisis proximal muestra que aún hay contenido graso en la torta resultante, con un residuo de 6.13% de extracto etéreo en la torta obtenida de las semillas provenientes de la región de Estanduela Zacapa y de 12.21% para la torta obtenida de las semillas de morro de la región de San Agustín Acasaguastlán, un tercer paso probablemente extraería la materia grasa restante, pero incrementa los costos, en cuanto a energía eléctrica, desgaste de equipo, tiempo y mano de obra.

Por lo anterior, se considera que ésta torta resultante se hace más útil como materia prima en la elaboración de concentrado para animales o harinas para atole previo estudio de toxicidad de éste material, ya que posee un contenido de extracto etéreo aceptable para esta gama de productos; cuenta con un alto porcentaje en carbohidratos totales y en proteínas. La torta generada de la semilla proveniente de Zacapa posee un 25.7% en carbohidratos y un 42.35% la torta de las semilla proveniente de El Progreso, los valores son muy similares en cuanto a proteína cruda, 42.27% para la torta de la semilla proveniente de Zacapa y de 42.35 para la torta de la semilla proveniente de El Progreso. Se hace necesario realizar pruebas de digestibilidad con estos materiales y evaluar si es necesario un tratamiento térmico para desnaturalizar la proteína que no pueda ser digerida o bien usarla tal y como se encuentra.

Al observar las tablas XII y XIII de la sección de resultados, la semilla proveniente de El Progreso posee más materia grasa que la semilla proveniente de Zacapa, sin embargo los rendimientos de extracción fueron contrarios, se obtuvo un rendimiento mayor con la semilla de Zacapa el cual fue de 28.13% y solamente un 19.31% para la semilla de El Progreso.

Este rendimiento de extracción se determinó al dividir el peso del aceite extraído contra el peso de semillas utilizadas, la eficiencia se calculó tomando estos rendimientos dividido el porcentaje de extracto etéreo según el análisis proximal que posee la semilla entera, ya que éste valor nos dará el porcentaje de materia grasa que se extrajo en realidad, del contenido total que poseía la semilla.

La canola tiene un rendimiento de extracción entre el 22.8 y el 26.4% (2), los valores obtenidos para el aceite de morro están por debajo del límite para el aceite de morro proveniente de El Progreso y superior a éste límite para el aceite de morro proveniente de Zacapa.

Los valores de eficiencia, específicamente, son datos aproximados o valores de referencia, ya que el análisis proximal de la semilla no corresponde a la misma semilla que se utilizó para la extracción del aceite, las muestras se tomaron de las mismas regiones y de los mismos árboles, pero la época de cultivo es diferente. Se utilizaron semillas correspondientes al mes de enero para llevar a cabo la extracción del aceite y a la torta generada se le realizó un análisis proximal. En el mes de septiembre se obtuvo más semilla con el fin de comparar su análisis proximal con el de la torta y a partir de ello calcular el rendimiento de extracción y su eficiencia, por lo que los resultados obtenidos son aproximados.

La razón por la cual no se pueden tomar éstos datos como exactos es por que, como se mencionó anteriormente las condiciones climáticas inciden en la producción del aceite en calidad y en cantidad. Análogamente, la diferencia existente en el rendimiento de extracción entre ambas regiones se puede deber a: tipo de suelo, edad del árbol, factores que hicieron la diferencia.

Para las dos regiones en estudio, las condiciones climatológicas son bastante similares, pero con una pequeña variación de tipo de suelo o clima, puede hacer una gran diferencia en los resultados de producción de las especies vegetales, tal y como se observa la siguiente tabla, se puede observar que San Agustín Acasaguastlán tiene una susceptibilidad grande de erosión en su suelo mientras que Estandzuela, Zacapa no, y este es un factor muy importante, y la probable causa de que el rendimiento de extracción de las semillas provenientes de Estandzuela, Zacapa sea mayor que la de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Tabla XV. Factores ambientales y demográficos, de las regiones de Estandzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso

Factor	Estandzuela, Zacapa	San Agustín, Acasaguastlán, El Progreso.
Clima	Carácter de clima cálido y seco, con invierno benigno, vegetación natural característica de estepa, con otoño seco.	Carácter de clima cálido y seco, con invierno benigno, vegetación natural característica de estepa, con invierno seco.
Hipsometría	100 -0499 m	500 – 999 m
Génesis del suelo	Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica a elevaciones medianas.	Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica a elevaciones medianas.
Zonas de vida vegetal	Tropical muy seca.	Tropical muy seca.
Susceptibilidad a la erosión.	Ninguna.	Grande o alta.

Sin embargo, las comparaciones entre los análisis proximales son un muy buen método para determinar de manera más efectiva, un rendimiento de extracción y la eficiencia del método empleado, pero de mayor costo.

Se puede observar en la sección de resultados, que las propiedades fisicoquímicas del aceite de morro (*Crescentia alata* HBK) proveniente de Estanduela, Zacapa son similares a las propiedades fisicoquímicas del aceite de morro proveniente de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso; tanto el perfil de ácidos grasos como los índices de calidad y propiedades fisicoquímicas no difieren significativamente.

Según la norma para los aceites de oliva y orujo de oliva (8), los índices de yodo obtenidos por el método de Wijs aceptados son de 75-94 para el aceite de oliva refinado, y de 75-92 para los aceites de orujo, se obtuvo un índice de yodo de 90.95 para el aceite de morro proveniente de Zacapa y 89.32 para el aceite de morro proveniente de El Progreso, ambos datos están dentro de los parámetros establecidos por el CODEX ALIMENTARIUS. De acuerdo con la Tabla I y a los resultados obtenidos, se puede clasificar el aceite de ambas regiones como un aceite no secante.

La norma para los aceites de oliva establece que los índices de saponificación aceptados son de 184-196 mg KOH/kg de aceite. Para el aceite de oliva refinado y de 182-193 para el aceite de orujo de oliva, se obtuvo un índice de saponificación de 174.78 para el aceite de morro proveniente de Zacapa, y 179.90 para el aceite de morro proveniente de El Progreso, los índices obtenidos no se encuentran dentro de estos rangos pero están bastante cercanos.

El índice de saponificación representa la cantidad de miligramos de hidróxido necesario para neutralizar los ácidos grasos tanto libres como ligados en forma de glicéridos, el porcentaje de materia insaponificable es despreciable, 0.2875% para el aceite de morro proveniente de Zacapa y de 0.2947% para el aceite de morro proveniente de El Progreso, los niveles máximos aceptables de materia insaponificable en la norma de aceite de oliva y orujo de oliva es de 1.5 % y 3.0%, respectivamente.

Ambos parámetros, tanto el índice de saponificación como el porcentaje de materia insaponificable, se nos hacen útiles para recomendar al aceite de morro como materia prima en la elaboración de jabones, previo estudio de toxicidad y además se encuentra dentro de los parámetros permitidos para la industria alimenticia al compararlo con el aceite de oliva y de orujo de oliva.

El índice de acidez varía constantemente, al igual que el índice de peróxidos, con el paso del tiempo y la variación de temperatura. Al aceite extraído no se le agregó ningún antioxidante, se recomienda el uso de terbutilhidroquinona (TBHQ), es el preservante más comúnmente utilizado en la industria de aceites para evitar la formación de peróxidos y controlar el nivel de acidez, aunque el alfa tocoferol sería el ideal.

Los niveles admisibles de peróxidos para los aceites de oliva refinados y orujo de oliva, deben ser menores a 5 y 15 mili equivalentes de oxígeno activo por cada kilogramo de aceite, respectivamente, el valor obtenido para el aceite de morro proveniente de Zacapa es de 0.43 meq/kg y para el aceite de morro proveniente de El Progreso de 0.80 meq/kg, en la industria alimentaría el nivel de peróxidos aceptables en un aceite crudo de soya es de 1meq/kg.

En el método utilizado se hace uso de yoduro de potasio el cual bajo ciertas condiciones es oxidado, se asume que los agentes oxidantes son peróxidos u otras sustancias presentes en el aceite, el método es bastante empírico, pues cualquier variación altera los resultados de la prueba, pese a no hacer uso de un antioxidante el aceite se conservó en buen estado, durante un período de ocho meses, si se le compara con el crudo de soya.

Con el índice de DOBI se determina el deterioro de la capacidad de blanqueo, los carotenos oxidados son los que confieren un color café en el aceite crudo, en esta prueba no se logró detectar ningún dato para varias absorbancias, ya que el aceite de morro obtenido para ambas regiones es de color amarillo claro. Por esta característica que posee el aceite de morro no se requeriría el proceso de blanqueo y se disminuirían costos de producción si se le utilizara en la industria alimentaria.

Por lo regular los aceites comestibles se les desodoriza, excepto los aceites que se utilizan en repostería, el aceite de morro posee un olor suave y característico, el proceso de desodorizado no tendría ninguna dificultad si se llevara a cabo o bien podría ser un valor agregado del mismo si se deja como tal.

El índice de Totox determina si el grado de oxidación de un aceite o una grasa no es tal que dificultaría su proceso de refinación, el método oficial de Alfa Laval indica que son adecuados los valores de Totox menores a 10 unidades, los valores obtenidos fueron de 1.76 para el aceite de morro proveniente de Zacapa y de 2.58 para el aceite de morro proveniente de El Progreso, se puede decir, entonces, que el aceite obtenido es muy fácil de refinar, para ambas regiones.

Para evitar que el aceite sufra opalescencia, las ceras pueden ser eliminadas de forma parcial durante la refinación, la norma para aceites de oliva establece que el contenido de ceras admisible en el aceite de oliva refinado debe ser menor o igual a 350 ppm y mayor en el aceite de orujo de oliva, para el aceite virgen este nivel debe ser menor o igual a 250 ppm.

Para el aceite de morro proveniente de Zacapa se obtuvo 177.30 ppm en ceras y 182.17 ppm para el aceite de morro proveniente de El Progreso, es un contenido bajo con respecto a los niveles establecidos en esta norma y con este parámetro se confirma que el proceso de refinación puede ser mucho más fácil, y el aceite obtenido se nublará bajo condiciones más extremas.

La prueba en frío, mide la resistencia a la cristalización y se utiliza como un índice de winterización y proceso de eliminación de estearina.

El estado cristalino de la grasa hace referencia a cómo ha cristalizado la grasa. Existen básicamente tres tipos de cristalización en una grasa, la beta, la beta prima, y la alfa siendo su estabilidad en el orden que se han expuesto, de mayor a menor. Habitualmente las formas beta hacen referencia a cristales que se han formado por disminución rápida de la temperatura y con agitación produciéndose cristales pequeños y en gran número que darán una grasa muy dura. Por el contrario, las formas beta y beta prima son grasas cristalizadas con una pequeña disminución de la temperatura y en reposo que formarán pocos cristales de gran tamaño que darán lugar a grasas con consistencia menos duras. (13)

Las pruebas en frío para el aceite de morro presentan turbiedad, aproximadamente a las 2 horas, esto indica la presencia de ceras, gomas y otras sustancias que pueden solidificarse a bajas temperaturas. Las gomas producen pérdidas en el refinado y disminuyen la vida de almacenamiento del producto, al presentar dos fases distinguibles el producto ya no se torna atractivo para el consumidor, el tiempo en el que presentó turbiedad el aceite de morro es aceptable, ya que, como se ha dicho anteriormente el aceite es crudo y no fue sometido a ningún proceso de refinación.

La norma para aceite de oliva no hace referencia a la cantidad máxima de gomas que deben estar presentes en el aceite, los porcentajes obtenidos para los aceites de morro fueron bastante bajos, para el aceite de morro proveniente de la región de Zacapa 0.1243% y de 0.1302% para el aceite proveniente de la región de El Progreso, sin embargo los crudos de soya están alrededor de 1.85 a 2% en gomas, comparando los contenidos de ceras y gomas del aceite de morro con el de soya son bajos y esto ayuda a realizar un proceso de refinación mucho más rápido, eficiente y más económico.

La prueba para identificar la presencia de jabones, que en este caso serían sales de ácidos grasos, tales como oleato, palmitato y estearato de sodio o potasio, indica la alcalinidad de la muestra, los resultados fueron negativos, el aceite crudo de morro para ambas regiones tiene 0% de jabón.

El aceite crudo de soya contiene entre 10, 000 a 11,000 ppm de fosfolípidos los cuales confieren opalescencia al aceite.

El aceite de morro proveniente de la región de Zacapa contiene 107.55 ppm en fosfolípidos, que en fósforo es 3.585 ppm mientras que para el aceite de morro proveniente de El Progreso contiene 106.29 ppm en fosfolípidos, y 3.543 ppm en fósforo, son datos bastante bajos si se les compara con el aceite crudo de soya.

En la naturaleza no existe la configuración trans en los alimentos, pero existen procesos de modificación de grasas como la hidrogenación (se utiliza en la elaboración de mantequillas, margarinas, bollería, snack, etc.) que generan dobles enlaces trans por lo que el punto de fusión de la grasa aumentará. Por otra parte, esta configuración provoca problemas de digestibilidad en las grasas y son menos saludables.

A partir del perfil de ácidos grasos que se obtuvo para el aceite de morro proveniente de El Progreso, se puede observar que 21.30% corresponde a ácidos grasos saturados conformado por 15.29% de ácido palmítico (C16:0), 5.17% de ácido esteárico (C18:0) y un 0.84% de ácido araquídico (C20:0), el único ácido graso monoinsaturado presente en el aceite de morro es el ácido oleico (C18:1) el cual constituye un 55.29% del total, los ácidos grasos poliinsaturados constituyen un 23.41%, conformado por un 20.71% de linoléico (C18:2) y 2.70% de linolénico (C18:3).

El perfil de ácidos grasos que muestra el aceite de morro proveniente de Zacapa, es de 22.13% correspondiente a ácidos grasos saturados, 16.28% de ácido palmítico (C16:0), 5.10% de ácido esteárico (C18:0) y 0.75% de ácido araquídico (C20:0), entre los monoinsaturados presentes el ácido oleico (C18:1) es el único, el cual constituye un 52.35%, entre los ácidos grasos poliinsaturados se encontró un 23.15% de linoléico (C18:2) y 2.37% de linolénico (C18:3), lo cual da un total de 25.52% de poliinsaturados.

La composición de algunos aceites de uso comercial se asemeja en porcentaje de monoinsaturados versus poliinsaturados al aceite de morro, tales como soja, oliva y girasol.

Tabla XVI. Distribución de los ácidos grasos de los aceites más comunes

Aceite	Ácidos saturados	Ácidos monoinsaturados	Ácidos Poliinsaturados	Relación mono/poli
Soya	16 %	22.5 %	61.5 %	0.37
Oliva	14%	75.5%	10.5%	7.19
Girasol	12 %	64%	23 %	2.78
Morro (Zacapa)	22.13%	52.35%	25.52%	2.05
Morro (El Progreso)	21.30%	55.29%	23.41%	2.36

Fuente: 15 y Apéndice C.

La relación de ácidos grasos monoinsaturados a poliinsaturados que se obtuvo para el aceite de morro es de 2.05 para la región de Zacapa y de 2.36 para el aceite de morro proveniente de El Progreso, valores que están más cercanos al aceite de girasol.

Tabla XVII. Gamas de composición de ácidos grasos de aceites vegetales crudos según la Unión Aduanera en su tercera revisión del mes de abril de 2006.

Ácidos grasos	Aceite de semilla de algodón	Aceite de maíz	Aceite de palma	Aceite de soya	Aceite de girasol
C12:0	ND – 0.2	ND – 0.3	ND – 0.5	ND – 0.1	ND – 0.1
C14:0	0.6 – 1.0	ND – 0.3	0.5 – 2.0	ND – 0.2	ND – 0.2
C16:0	21.4 – 26.4	8.6 – 16.5	39.3 – 47.5	8.0 – 13.5	5.0 – 7.6
C16:1	ND – 1.2	ND – 0.5	ND – 0.6	ND – 0.2	ND – 0.3
C17:0	ND – 0.1	ND – 0.1	ND – 0.2	ND – 0.1	ND – 0.2
C17:1	ND – 0.1	ND – 0.1	ND	ND – 0.1	ND – 0.1
C18:0	2.1 – 3.3	ND – 3.3	3.5 – 6.0	2.0 – 5.4	2.7 – 6.5
C18:1	14.7 – 21.7	20.0 – 42.2	36.0 – 44.0	17.0 – 30.0	14.0 – 39.4
C18:2	46.7 -58.2	34.0 - 65.6	9.0 – 12.0	48.0 -59.0	48.3 – 74.0
C18:3	ND – 0.4	ND – 2.0	ND – 0.5	4.5 – 11.0	ND – 1.0
C20:0	0.2 – 0.5	0.3 – 1.0	0.2 – 1.0	0.1 – 0.6	0.1 – 0.5
C20:1	ND – 0.3	0.2 – 0.6	ND – 0.4	ND – 0.5	ND – 0.3
C20:2	ND	ND – 0.1	ND	ND – 0.1	ND
C22:0	ND – 0.5	ND – 0.5	ND – 0.2	ND – 0.7	0.3 – 1.5
C22:1	ND – 0.3	ND – 0.3	ND – 0.3	ND – 0.3	ND – 0.3
C22:2	ND	ND	ND	ND	ND – 0.3
C24:0	ND – 0.1	ND – 0.5	ND	ND – 0.5	ND – 0.5
C24:1	ND	ND	ND	ND	ND

Ninguno de estos aceites tiene composición similar entre ellos y tampoco al aceite de morro sin embargo los que más se asemejan en porcentajes en ácidos monoinsaturados y poliinsaturados, son el aceite de maíz, soya y girasol.

Pese a que todos los resultados obtenidos muestran buenos índices de calidad, se cuenta con un perfil de ácidos grasos un tanto semejante a otros aceites conocidos en la industria alimentaria, cabe la posibilidad de que estén presentes sustancias tóxicas, que a mediano o largo plazo puedan causar reacciones adversas a la salud de los seres humanos, por ello es necesario realizar el análisis toxicológico si quiere proponerse el aceite de morro para este tipo de industria.

También para poder utilizarse en la elaboración de jabones se requiere el estudio de toxicidad previamente, pero no existe dificultad alguna en utilizar el subproducto de la saponificación, que es la glicerina, para la elaboración de velas, así como en la obtención de biodiesel.

CONCLUSIONES

1. El porcentaje de extracción fue de 19.3125% para el aceite de morro proveniente de El Progreso y de 28.126% para el aceite de morro proveniente de Zacapa, cercanos a los límites inferior y superior del rendimiento de extracción del aceite de canola.
2. A partir del análisis proximal, los resultados muestran que la torta resultante, posee alto contenido nutricional en carbohidratos y proteínas.
3. Según el análisis proximal de la torta, quedó un remanente de extracto etéreo del 6.13% para la torta de morro proveniente de Zacapa y de 12.21% para la torta de morro proveniente de El Progreso.
4. Por los índices de yodo obtenidos para el aceite de morro de ambas regiones, se puede catalogar como un aceite no secante.
5. El bajo porcentaje de materia insaponificable, y los índices de saponificación en el aceite de morro, éste puede utilizarse en la elaboración de jabones, shampoo, detergentes, y la glicerina formada como subproducto de la saponificación en la industria cosmética, farmacéutica o para elaborar velas, previo estudio de toxicidad.

6. El índice de DOBI, indica que el aceite no necesita proceso de blanqueo, ya que es lo suficientemente claro para invertir en esta operación, y por su bajo contenido en gomas, ceras, y ausencia de jabón, su proceso de refinación resulta fácil de realizar, por ende más rentable, tal como lo indican los índices de Totox para ambas regiones.
7. Se obtuvo una relación de ácidos monoinsaturados a poliinsaturados de 2.05 para el aceite de Zacapa y de 2.36 para el aceite de El Progreso, son inferiores en décimas al aceite de girasol.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis toxicológico del aceite de morro, así como las pruebas de digestibilidad de la torta resultante, para aprovechar el alto contenido en carbohidratos y proteínas.
2. Realizar un estudio de factibilidad y rentabilidad del proceso de producción del aceite de morro.
3. Diseñar un equipo que permita separar la pulpa de la semilla de una manera más rápida y efectiva.
4. Realizar una investigación del uso del aceite de la semilla de morro en la obtención de biodisel.
5. Elaborar jabones orgánicos a base cenizas para su saponificación.
6. Estudiar la rentabilidad de realizar un tercer paso de prensado o la extracción del remanente de extracto etéreo con un solvente, y estudiar cual de los dos métodos es más conveniente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOCS (American Oils Chemist's Society), Official Methods and Recommended Practices of The AOCS. Fifth edition, second printing. Editors of Analytical Methods; Champaign Illinois.
2. Bailey's Industrial Oil & Fat Products, Volumen 1, fifth edition. John Wiley & Sons Inc, Interscience Publication. USA 1996.
3. Cáceres, Armando; **Plantas de uso medicinal en Guatemala**, Editorial Universitaria, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1996.
4. Cáceres, Armando; **Vademécum nacional de plantas medicinales**, Editor Comité Asesor de Productos Fitoterapéuticos, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Editorial Universitaria, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.
5. Fernández Cardona, Héctor Rodolfo, **Etnobotánica de los Recursos Fotogénicos de uso medicinal presentes en ocho municipios del área de influencia étnica mam, del Depto. De Huehuetenango**, (Ing. Agrónomo) pg.:166.
6. Macarulla, José M; Félix M. Goñi, **"Biomoléculas, lecciones de Bioquímica Estructural"**. Editorial Reverté, S. A., España 1978. pg.: 56-66.
7. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional, Guatemala, C. A. **Atlas Nacional**
8. Norma para los Aceites de Oliva y los Aceites de Orujo de Oliva, CODEX STAN 33-1981 (Rev. 2-2003)
9. Reyes Bala, Pedro, **Evaluación del proceso de secado de Romero (*Rosmarinus Officinalis* L), utilizando un secador eléctrico de flujo transversal de bandejas**. (Ing. Químico).

10. <http://html.rincondelvago.com/aceites-vegetales.html>, Aceites Vegetales
11. Ronquillo Batres, Fredy Arturo, **“Colecta y descripción de especies vegetales de uso actual y potencial en alimentación y/o medicina, de las zonas semiáridas del Nororiente de Guatemala”**, Abril 1998 (Ing. Agrónomo)
12. Standley, Paul; Louis Williams y Gibson, **Flora de Guatemala**, Parte X, página 182-189, Volumen 24. Junio 17, 1974.
13. <http://sud-hemie.com/scmcms/web/content.jsp?node=4238&lang=es>
Elaboración de aceite a escala industrial
14. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_palm%C3%ADtico
Ácidos grasos

BIBLIOGRAFÍA

1. Chapingo, **Revista Bimestral de la Universidad Autónoma Chapingo**, Número 25 y 26, septiembre a octubre, 1980.
2. Chechetkin, A.V.; Voronianski V.I. y otros; **Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral**. Editorial Mir Moscú, Traducido del ruso, URSS 1984, páginas 130-136.
3. Roskiski, Jr. Robert; **BIOQUIMICA**, Editorial McGraw Hill Interamericana, .páginas 159-185.
4. Woot Tsuen, Wu Leung, **“Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala”**, Oficial de Nutrición Comité interdepartamental de nutrición de la Defensa Nacional, Institutos Nacionales de la Salud Bethesda, Maryland, E.E.U.U.

APÉNDICE A

Datos originales

Tabla XVIII. Datos obtenidos durante los ensayos de índice de yodo

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Titulación del blanco	48.0 mL	48 MI
Titulación muestra	11.4 mL	8.58 mL
Normalidad del titulante	0.10 N	0.10 N
Peso muestra	0.52 g	0.55 g
cg de I /g muestra	89.32	90.95

Tabla XIX. Datos obtenidos durante la prueba de índice de saponificación

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Titulación del blanco	69.2 mL	69.2 mL
Titulación muestra	36.2 mL	36.12 mL
Normalidad	0.5 N	0.5 N
Peso muestra	5.2960 g	5.1580 g
mg KOH/ g muestra	174.78	179.90

Tabla XX. Datos obtenidos durante la prueba de índice de acidez

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Titulación muestra	0.15 mL	0.2 mL
Normalidad	0.25 N	0.25 N
Peso muestra	7.01 g	6.98 g
Mg KOH / g muestra	0.13	0.18

Tabla XXI. Datos obtenidos durante la prueba de índice de peróxidos

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Titulación del blanco	0.359 mL	0.359 mL
Titulación muestra	0.38 mL	0.40 mL
Normalidad	0.1 N	0.1 N
Peso muestra	4.98 g	5.01 g
meq / kg	0.42	0.80

Tabla XXII. Datos obtenidos durante la prueba de índice de DOBI

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Absorbancia a 270 nm	No se logró detectar	No se logró detectar
Absorbancia a 446 nm	No se logró detectar	No se logró detectar
Peso muestra	100 mg	100 mg
Índice de DOBI	No se logró detectar	No se logró detectar

Tabla XXIII. Datos obtenidos durante la prueba de Totox

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Valor de p-anisidina	0.46 ppm	0.49 ppm
Valor de peróxido	0.42 ppm	0.80 ppm
Índice de Totox	1.76 ppm	2.58 ppm

*ppm o bien meq/kg.

Tabla XXIV. Datos obtenidos durante la prueba de Materia Insaponificable

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Peso del residuo	0.0223 g	0.0241 g
Peso de grasa ácida	0.00784 g	0.00936 g
Contenido del blanco	0 mL	0 mL
Peso de la muestra	5.030 g	5.001 g
Gasto de NaOH	1.4 mL	1.67 mL
Normalidad de la solución de NaOH	0.02 N	0.02 N
% Materia Insaponificable	0.2875 %	0.2947 %

Tabla XXV. Datos obtenidos durante la determinación de gomas

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Tara al inicio	96.9132	96.9412
Tara al final	96.7889	96.8110
% de Gomas	0.1243%	0.1302%

Tabla XXVI. Datos obtenidos durante la determinación de p-anisidina

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
Absorbancia después de la reacción	0.0380 nm	0.0379 nm
Absorbancia antes de la reacción	0.0355 nm	0.0356nm
Peso de la muestra	0.5490 g	0.5072 g
Valor de p-anisidina	0.46 ppm	0.49 ppm

Tabla XXVII. Datos obtenidos durante la determinación de fósforo y fosfátidos

	Aceite de Zacapa	Aceite de El Progreso
NTU	3.0236	2.991
Fósforo	3.585%	3.543%
Fosfátidos	107.55%	106.29%

APÉNDICE B

Muestra de cálculo

De acuerdo con la ecuación 1, y a la tabla XIV, el índice de yodo, para el aceite de morro de la región de Zacapa, se determina:

$$IY = ((48\text{mL} - 11.4\text{mL})(0.10\text{N}) * 12.69) / 0.52 \text{ g} = 89.32 \text{ cg /g muestra}$$

Con la ecuación 2 y los valores de la tabla XV, el índice de saponificación, para el aceite de zacapa, se determina:

$$\text{SAP} = (56.1 * 0.5\text{N} * (69.2 \text{ mL} - 36.2 \text{ mL})) / 5.296 \text{ g} = 174.78 \text{ mg KOH / g muestra.}$$

El índice de acidez para el aceite de Zacapa, se calcula en base a la ecuación 5 y a los datos de la tabla XVI:

$$\% \text{ AGL} = (0.15 \text{ mL} * 0.25\text{N} * 25.6) / 7.01 \text{ g} = 0.13 \text{ mg KOH / g muestra}$$

El porcentaje de materia insaponificable, se calcula con base a la ecuación 6 y a la tabla XX, para el aceite de Zacapa:

$$\% \text{ Mat. Insaponificable} = (0.0223 - (0.00784 + 0)) * 100 / 5.030 = 0.2875 \%$$

El índice de peróxidos, se calcula en base a la ecuación 7 y a los valores de la tabla XVII para el aceite de Zacapa:

$$\text{I. Peróxidos} = ((0.38 \text{ mL} - 0.359 \text{ mL}) * 0.1 \text{ N} * 1000) / 4.98 \text{ g} = 0.42 \text{ meq / kg}$$

El contenido de ceras en la muestra de aceite de Zacapa, se determina con la ecuación 8, y los NTU para la muestra y el blanco son:

$$\text{Ceras} = (3.6 - 0.1) * 39.2 + 40.1 = 177.30 \text{ ppm}$$

Se utiliza la ecuación 9 y la tabla XXI en la determinación de gomas, para el aceite de Zacapa:

$$\% \text{ Gomas} = 96.9132 - 96.7889 = 0.1243\% \text{ en gomas}$$

Con la ecuación 10 se determina el porcentaje de jabón que esté presente en el aceite, sin embargo para este caso no hay datos, ya que la solución no viró al color verde que indica presencia de jabón al adicionarle el indicador, por tanto no hay volumen de titulante.

Con la ecuación 11 se determina el valor de la p – anisidina, y con los datos de la tabla XXII, para el aceite de Zacapa, se tiene:

$$\text{P.A.V.} = 25 (1.2 * 0.0380 \text{ nm} - 0.0355 \text{ nm}) / 0.5490 \text{ g}$$

Para realizar la determinación de fosfátidos y fósforo, se hace uso de la tabla V, y se tomó la ecuación para aceite blanqueado, ya que el aceite estaba muy claro, y no marcaría lectura si se utilizara la ecuación de aceite crudo.

$$P = (1.27 * NTU) - 0.255$$

Sustituyendo datos de la tabla XXIII para el aceite de Zacapa en esta ecuación, se tiene:

$$P = (1.27 * 3.0236) - 0.255 = 3.585 \text{ ppm}$$

$$\text{Fosfátidos} = P * 30 = 07.55 \text{ ppm}$$

El índice de Totox, se determina con la ecuación 12 y la tabla XIV, para los datos del aceite de Zacapa.

$$\text{Totox} = 2 (0.46 + 0.42) = 1.76$$

Con el índice de DOBI no se lograron obtener valores de lectura de absorbancia, ya que el aceite es tan claro que marcaba 0 al igual que la muestra patrón.

Los rendimientos se calculan con base a la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento de extracción} = \frac{\text{peso de aceite en kg} * 100\%}{\text{peso de semilla en kg}}$$

(Ecuación 13)

Sustituyendo datos en la ecuación anterior, se tiene:

Para Zacapa $1.3219 \text{ kg de aceite} / 4.7 \text{ kg de semilla} * 100 = 28.126\%$

Para El Progreso $0.4635 \text{ kg de aceite} / 2.40 \text{ kg de semilla} * 100 = 19.3125\%$

La eficiencia se calculará mediante la relación entre:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{rendimiento de extracción}}{\% \text{ EE en la semilla}} * 100\%$$

(Ecuación 14)

Donde:

EE: Extracto etéreo

Sustituyendo datos en la ecuación anterior, se tiene:

Zacapa: $(28.126\% / 32.71\%) * 100\% = 85.98\%$

El Progreso: $(19.312 / 41.68\%) * 100\% = 46.33\%$

APÉNDICE C

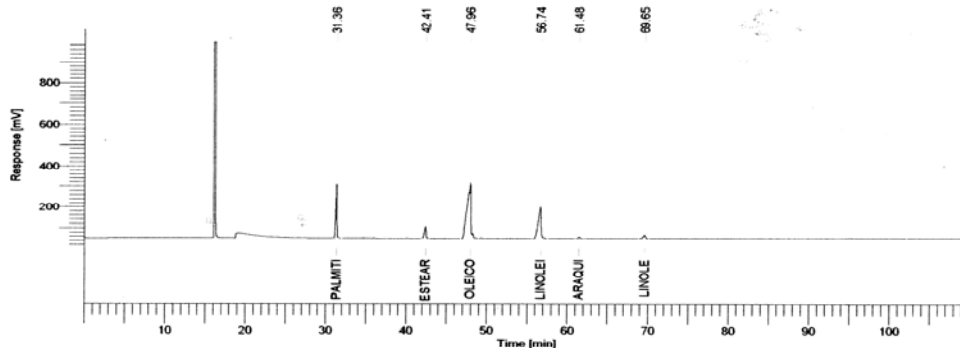
Informe de los análisis

Figura 10. Cromatografía de gases para el aceite de Estanzuela, Zacapa

Page 1 of 2

Software Version : 6.3.1.0504	Date : 28/09/2006 11:37:58 a.m.
Sample Name : ACEITE DE MORRO	Data Acquisition Time : 27/09/2006 01:49:42 p.m.
Instrument Name : Clarus	Channel : A
Rack/Vial : 0/0	Operator : manager
Sample Amount : 1.000000	Dilution Factor : 1.000000
Cycle : 1	

Result File :
 Sequence File : C:\Documents and Settings\TCPROCESS\Mis
 documentos\Cromatografias\Secuencias\Perfil de Acidos Grasos 03.seq



OLMECA S.A.

Perfil de Acidos Grasos

Numero de pico	Nombre del Componente	Tiempo [min]	Area [uV*sec]	Area [%]
1	PALMITICO	31.357	2589877.01	16.28
2	ESTEARICO	42.412	811018.75	5.10
3	OLEICO	47.963	8326928.93	52.35
4	LINOLEICO	56.741	3682323.85	23.15
5	ARAQUIDICO	61.480	119445.27	0.75
6	LINOLENICO	69.652	376325.71	2.37

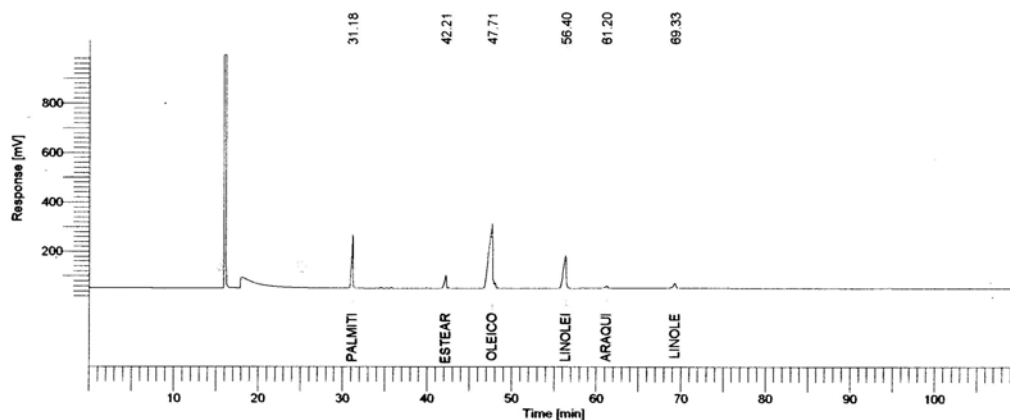
15905919.52 100.00

Figura 11. Cromatografía de gases para el aceite de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Page 1 of 2

Software Version : 6.3.1.0504 Date : 28/09/2006 11:47:51 a.m.
Sample Name : Aceite de Morro El Progreso Data Acquisition Time : 28/09/2006 08:32:29 a.m.
Instrument Name : Clarus Channel : A
Rack/Vial : 0/0 Operator : manager
Sample Amount : 1.000000 Dilution Factor : 1.000000
Cycle : 1

Result File :
Sequence File : C:\Documents and Settings\TCPROCESS\Mis documentos\Cromatografias\Secuencias\Perfil de Acidos Grasos 03.seq



OLMECA S.A.

Perfil de Acidos Grasos

Numero de pico	Nombre del Componente	Tiempo [min]	Area [uV*sec]	Area [%]
1	PALMITICO	31.183	2475734.43	15.29
2	ESTEARICO	42.210	837731.57	5.17
3	OLEICO	47.710	8952720.42	55.29
4	LINOLEICO	56.403	3353309.30	20.71
5	ARAQUIDICO	61.202	135564.74	0.84
6	LINOLENICO	69.326	436764.29	2.70
			16191824.75	100.00

Página 1 de 2

121

Figura 13. Análisis proximal de la torta de semilla de morro (*Crescentia alata* HBK) del mes de enero de 2006

Página 1 de 2

Elaborado por: Aura Marina de Harroque
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodeñas

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria, zona 12.
Ciudad de Guatemala
Teléfono 476 4552 Teléfax 4499500 ext. 1676
E mail bromato000@yahoo.es

BROMATOLOGÍA
UNIDAD DE ALIMENTACIÓN PARA ANIMALES

Solicitado por: **GLENDAROCIO LUNA ZUÑIGA** Dirección: **26AV. 25-50, ZONA 5.** No. **123**

Fecha de recepción de la muestra: **24-04-2006.** Fecha de realización: **DEL 04- AL 08-05-2006.**

Nº	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S. %	I.L. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Grasas %	L.L.B. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.A.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	E.B. Kcal/g
271	MORRO I, (<i>Crescentia alata</i> HBK)	SECA	6.03	93.97	12.21	16.47	42.35	5.18	42.35	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	11.48	15.47	39.80	4.87	39.80	—	—	—	—	—	—	—	—
272	MORRO II, (<i>Crescentia alata</i> HBK)	SECA	2.58	97.44	6.13	20.61	42.27	5.29	26.70	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	5.97	20.08	41.19	5.16	23.04	—	—	—	—	—	—	—	—
		SECA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

OBSERVACIONES:
Dichos resultados deben calcularse en base materia seca total Y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información, llámese al Tel. 2476-4552

* modificado enero de 2003

Lic. Miguel Ángel Rodeñas
Jefe Laboratorio Bromatología

T.L. Hinds A. Moya
Laboratorista

Resultados 2006/123
8/05/06

APÉNDICE D

Fotografías

Figura 14. Árbol de Morro (*Crescentia alata* HBK)



Figura 15. Flores y frutos en el árbol de Morro (*Crescentia alata* HBK)



**Figura 16. Flor y bisección del fruto maduro de Morro
(*Crescentia alata* HBK)**



Figura 17. Semilla de Morro (*Crescentia alata* HBK)



Figura 18. Procedimiento para determinar índice de yodo



Figura 19. Determinación de contenido de jabón en el aceite de morro



Figura 20. Procedimiento para determinar índice de saponificación



Figura 21. Procedimiento para la determinación de gomas y ceras

