

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Extracción y purificación de aceite a partir de semilla de pipián  
(Cucúrbita argyrosperma) para su aplicación en la industria  
alimentaria.**

**Por:**

**MARÍA ISABEL GARCÍA CRUZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de :**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Noviembre del 2005**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Extracción y purificación de aceite a partir de semilla de  
pipián (Cucúrbita argyrosperma) para su aplicación en la  
industria alimentaria.**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial  
para obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Presenta**

**MARIA ISABEL GARCIA CRUZ**

**BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA**

**NOVIEMBRE DEL 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y ALIMENTOS**

**Extracción y purificación de aceite a partir de semilla de pipián (Cucúrbita argyrosperma) para su aplicación en la industria alimentaria.**

**POR:**

**MARÍA ISABEL GARCÍA CRUZ**

**TESIS**

**Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.**

**APROBADA**

---

**MC. María Hernández  
Santana**

**González.  
Presidente**

---

**ING. Miguel Ángel**

**Martínez.  
Sinodal**

---

**MC. Xochilt Ruelas Chacón.  
Vázquez.**

**Sinodal**

---

**MC. Ramón Silva**

**Sinodal**

---

**DR. Ramón F. García Castillo**  
**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA

NOVIEMBRE DEL 2005.

**AGRADECIMIENTOS**

A mi **Alma Terra Mater** por haberme formado como un ingeniero.

Al **MC. María Hernández González** por dirigir la investigación, pero sobretodo por su paciencia y amistad.

Al **ING. Miguel Ángel Santana Martínez** por su apoyo, para llevar a fin termino la presente investigación, además de compartir sus conocimientos.

Al **MC. Xochilt Ruelas Chacón** por su valiosa colaboración en la ejecución de este trabajo.

A mis **Profesores del departamento**, por haberme formado como un Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalos Sanmiguel** por su apoyo brindado en el laboratorio.

A mis compañeros por aquellos momentos compartidos a lo largo de la carrera.

## DEDICATORIAS

A **DIOS** por acompañarme en cada momento de mi vida y permitirme culminar uno de tantos sueños.

A mis padres **Elvira Cruz Sarabia y Enrique García Sánchez** mil gracias por haberme dado la vida y por su apoyo incondicional, para lograr la culminación de mi profesión.

A mis hermanas **Zuleyma Erandi y Angélica** por todos aquellos momentos compartidos tanto de tristezas como alegrías.

A mi hijo **Kevin Jair** por ser la inspiración de lucha diaria ante las adversidades de la vida.

A mi esposo **Moisés León de Luna** por su apoyo incondicional, confianza, pero sobre todo su comprensión.

A **María Guadalupe Castañeda Lizardo** por brindarme su valiosa amistad y apoyo incondicional, además de compartir momentos de tristeza y felicidad.

## RESUMEN

En esta investigación plantea una alternativa, para la obtención de aceite y propone utilizar como fuente de extracción, la semilla de pipián (Cucúrbita argyrosperma).

El presente trabajo consiste en determinar las condiciones óptimas de acondicionamiento de la materia prima, así como la estimación de la composición química de la semilla de pipián, destacando su alto contenido en grasa y proteína. Se realizaron extracciones a nivel laboratorio, con diversos métodos, encontrándose que el mas eficiente para esta semilla es mediante la extracción con solventes (hexano) con un tiempo de contacto de 8 hrs, obteniéndose los mejores rendimientos, en relación con otros solventes empleados.

En extracciones a nivel micro escala se consideraron relaciones soluto-solvente, 1:40 y 1:20, estableciéndose tiempos de contacto de 7 y 10 min respectivamente, obteniéndose rendimientos de 35-38% de aceite.

A nivel planta piloto se extrajo, una cantidad considerable de aceite, a fin de refinarlo y realizar la evaluación sensorial del mismo. Debido a las condiciones de operación del equipo y la escasa disponibilidad de solvente, no se consideraron las relaciones establecidas a nivel micro escala, por ello no fue posible obtener rendimientos reales.

Se realizó la caracterización física y química del aceite crudo y refinado. La cuál consistió en determinar la densidad, índice de acidez y ácidos grasos libres. La acidez indica la presencia de ácidos grasos libres. Se encontró que el aceite de pipián esta constituido principalmente por ácidos grasos insaturados, debido a su contenido mayoritario de ácido oleico. Para estimar el nivel de aceptación del aceite refinado, fue necesaria la evaluación sensorial del mismo. Sin embargo el nivel de aceptación no fue satisfactorio debido a la elevada concentración de pigmentación aun presentes en el aceite lo cuál interfirió con las apreciaciones por los consumidores.

## INTRODUCCIÓN

Aunque el cultivo de oleaginosas en el país, se inicio hace bastante tiempo, con el fin de producir aceite comestible, en la actualidad existe un creciente déficit del producto. Al parecer ha sido imposible para las empresas superar el déficit existente desde hace tiempo a pesar del marcado aumento de la producción por parte de estas en los últimos cuatro años.

El consumo de aceites en el país se satisface con aceites de producción nacional e importados, ya que no se produce lo suficiente para satisfacer la demanda nacional.

El empleo culinario de aceites mejora la degustación de los alimentos y hace mucho más apetecible y sabrosa la comida.

Gran parte de la importancia de consumir los aceites vegetales se debe a que son prácticamente la única fuente de ácidos grasos insaturados que son indispensables para nuestro organismo. Cuanto mayor sea su porcentaje, más benéfico será su consumo para nuestra salud. Esto por supuesto dentro de límites, debido al aporte calórico del aceite.

Además de ser una fuente de combustible energético para nuestro organismo (9calorías por gramo) la grasa desempeña otras funciones fundamentales para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo: constituyen una reserva muy importante de energía (tejido adiposo o graso), colabora en la regulación de la temperatura corporal (grasa subcutánea), envuelve y protege órganos vitales como el corazón y riñones, es el vehículo de transporte de las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) facilitando así su absorción, resulta imprescindible para la formación de determinadas hormonas, suministra ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) para nuestro organismo e interviene en la buena palatabilidad de los alimentos. Así mismo impide que las proteínas sean empleadas como fuente de energía y cumplen una función estructural, estando presente en las membranas celulares.

Por lo tanto a pesar de ser los alimentos más calóricos, son básicos y de gran importancia y deber estar presentes cada día en la alimentación, en cantidades adecuadas, sin exceso, deben representar en la dieta el 20% de las calorías que necesita una persona normal.

Entre los aceites más importantes para la salud, se encuentran los de oliva, girasol, maíz, nuez, germen de trigo y soya.

La mejor manera de consumir un aceite es en forma cruda, que es como mejor mantienen sus propiedades, conforme se calientan van perdiendo sus virtudes.

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO 1 HIPOTESIS Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
1.1 Hipótesis .....	1
1.2 Objetivo general .....	1
1.3 Objetivos específicos .....	1
<b>CAPITULO 2 MARCO TEORICO</b> .....	<b>2</b>
2.1 Características generales de la planta .....	2
2.2 Clasificación taxonómica .....	2
2.3 Descripción morfológica .....	3
2.4 Origen, domesticación y expansión .....	3
2.5 Usos y comercialización .....	5
2.6 Potencial alimenticio y /o industrial .....	8
2.7 Fuentes de extracción de aceites vegetales .....	9
2.8 Métodos de extracción de aceites vegetales .....	12
2.8.1 Extracción por prensado .....	13
2.8.2 Extracción por arrastre de vapor (hidrodestilación) .....	14
2.8.3 Extracción por solventes .....	14
2.9 Química del procesado de aceites .....	15
2.9.1 Refinado .....	15
2.9.1.1 Sedimentación y desgomado .....	16
2.9.1.2 Neutralización .....	16
2.9.1.3 Decoloración .....	17
2.9.1.4 Desodorización .....	17
2.10 Composición química de los aceites .....	18
2.10.1 Clasificación .....	19
2.10.2 Ácidos grasos .....	20
2.11 Deterioro de aceites .....	24
2.11.1 Rancidez hidrolítica o lipólisis .....	24
2.11.2 Rancidez oxidativa .....	25
2.12 Importancia del consumo y uso de aceites en la alimentación .....	25
<b>CAPITULO 3 MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>27</b>
3.1 ETAPA 1: Obtención y análisis de la semilla .....	27
3.1.1 Recopilación de la materia prima .....	27
3.1.2 Análisis fisicoquímico .....	27
3.2 ETAPA 2: Métodos de extracción .....	28
3.2.1 Extracción por arrastre de vapor .....	28
3.2.2 Extracción con solventes .....	29
3.2.3 Extracción a nivel micro escala .....	29
3.2.4 Extracción a nivel planta piloto .....	30
3.3 ETAPA 3: Caracterización física y química del aceite crudo .....	32

3.3.1	Estimación de la densidad del aceite crudo y refinado .....	32
3.3.2	Índice de acidez .....	32
3.3.2.1	Determinación de % ácidos grasos libres en base a titulación .....	33
3.4	ETAPA 4: Refinado .....	34
3.4.1	Saponificación .....	34
3.4.2	Decoloración y blanqueo .....	35
3.5	ETAPA 5: Evaluación sensorial .....	35
3.5.1	Prueba de preferencia .....	36
3.5.2	Formato de evaluación .....	36
3.6	ETAPA 6: Caracterización del aceite obtenido mediante espectro IR .....	37
	<b>CAPITULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>38</b>
4.1	ETAPA 1: Obtención y análisis de la semilla .....	38
4.1.1	Recopilación de la materia prima .....	38
4.1.2	Análisis fisicoquímico .....	38
4.2	ETAPA 2: Extracción .....	39
4.2.1	Análisis granulométrico .....	40
4.2.2	Extracción por arrastre de vapor .....	40
4.2.3	Extracción con solventes .....	41
4.2.4	Extracción a nivel micro escala .....	44
4.2.5	Extracción a nivel planta piloto .....	46
4.3	ETAPA 3: Caracterización física y química del aceite crudo .....	47
4.3.1	Estimación de la densidad en aceite crudo y refinado .....	47
4.3.2	Índice de acidez .....	48
4.3.2.1	Determinación de % ácidos grasos libres en base a titulación .....	49
4.4	ETAPA 4: Refinado .....	50
4.4.1	Saponificación .....	50
4.4.2	Decoloración y blanqueo .....	50
4.5	ETAPA 5: Evaluación sensorial .....	51
4.5.1	Prueba de preferencia .....	52
4.6	ETAPA 6: Caracterización del aceite obtenido mediante espectro IR .....	54
	<b>CAPITULO 5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
	<b>CAPITULO 6 SUGERENCIAS .....</b>	<b>59</b>
	<b>CAPITULO 7 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>60</b>
	<b>APENDICE .....</b>	<b>63</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Pág.
1	Clasificación botánica del pipián	2
2	Estacionalidad de los precios de pipián	7
3	Contenido medio de aceite en las fuentes utilizadas comercialmente	9
4	Principales ácidos grasos presentes en aceites comerciales	11
5	Análisis fisicoquímico de la semilla de pipián ( <u>Cucúrbita argyrospermma</u> )	39
6	Análisis de granulometría	40
7	Medias de los resultados obtenidos en la extracción de aceite de pipián utilizando diferentes solventes y tiempo de extracción	41
8	Comparación de niveles por similitud de lecturas y diferencia significativa	43
9	Rendimientos obtenidos para los experimentos	45
10	Rendimientos de solvente en la extracción de aceite	46
11	Densidad del aceite crudo y refinado	47
12	Ácidos grasos presentes en el aceite de pipián	49
13	Resultados de la prueba de preferencia	52

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Diagrama de hidrodestilación	14
2	Eficiencia extractora de los solventes	42
3	Cromatograma del aceite crudo de pipián ( <u>Cucúrbita argyrosperma</u> )	55
4	Cromatograma del aceite refinado de pipián ( <u>Cucúrbita argyrosperma</u> )	56
5	IR espectro infrarrojo. Estándar puro de Ácido oleico	57

## **CAPITULO 1**

### **1.1. HIPÓTESIS**

El pipián (Cucúrbita argyrosperma) por su elevado contenido graso y mínimos requerimientos de cultivo representa una fuente potencial de aceite comestible a nivel mundial.

### **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Extraer, refinar y caracterizar el aceite de pipián (Cucúrbita argyrosperma), a fin de evaluar sus características fisicoquímicas y elaborar productos fritos a partir de este para ser evaluados sensorialmente.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterizar fisicoquímicamente la semilla de pipián (Cucúrbita argyrosperma).
  - Valorar diversos métodos de extracción.
- Determinar la eficiencia extractora de diferentes solventes y seleccionar el idóneo según los rendimientos.
  - Establecer las condiciones óptimas de extracción a nivel laboratorio.
    - Refinar el aceite obtenido.
  - Valorar la composición química del aceite de pipián.
- Determinar el grado de aceptación del aceite mediante evaluación sensorial, con jueces consumidores, de productos elaborados a partir de este aceite.

### **2.1. Características generales de la planta**

El pipián (Cucúrbita argyrosperma), también es conocida con otras nomenclaturas, calabaza rallada o calabaza de semillas plateadas, calabaza pinta, calabaza pipiana, pipián (México), pipián (México, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica), saqui, pipitoria (Guatemala); cushaw (Estados Unidos), (Lira y col. 1991).

Esta planta pertenece a la familia de las cucurbitáceas, cuyas especies mas conocidas son: *Cucúrbita pepo*, *Cucúrbita moshata*, distinguiéndose por algunas características especiales que las diferencian como son: habito de crecimiento, forma, tamaño de sus frutos y semillas.

### **2.2. Clasificación taxonómica**

Tabla 1. Clasificación botánica del pipián.

<b>Nombre botánico:</b>	Cucúrbita argyrosperma
<b>Clase:</b>	Angiosperma.
<b>Subclase:</b>	Dicotiledónea.
<b>Orden:</b>	Cucurbitales.
<b>Familia:</b>	Cucurbitáceas.
<b>Genero:</b>	Cucúrbita.
<b>Especie:</b>	argyrosperma.

*Fuente:* Lira y col. 1991.

### 2.3. Descripción morfológica

Son plantas rastreras o trepadoras, monoicas, de vellosas a pubescentes, con tricomas (pelos huecos) cortos, rígidos, engrosados y punzantes. Raíces fibrosas; tallos ligeramente angulosos. Hojas lobuladas; con pecíolos de hasta 30 cm, con manchas blancas. Flores masculinas en pedicelos de 10-20 cm; cáliz campanulado, de 5-20 x 8-25 mm, sépalos linearlanceolados; corola tubular- campanulada, amarilla a anaranjada, de 6-12 cm de largo, con 5 lóbulos hasta un tercio de su longitud total; 3 estambres. Flores femeninas sobre pedúnculos robustos de 2-3.5 cm; ovario globoso, ovoide-elíptico botuliforme o piriforme; cáliz reducido y corola algo más grande que en las masculinas; 3 estigmas. Frutos periforme cortos o largos y rectos o encorvados en la parte más delgada, de 11-50 cm de largo; cáscara rígida, lisa, blanda con franjas verdes longitudinales reticuladas a totalmente blancas, pulpa amarilla o anaranjada, semillas elípticas, ligeramente infladas, de 15-30 x 8-16 mm de testa blanca, con un margen de tono plateado, lisa y suave (Lira y col. 1991).

### 2.4. Origen, domesticación y expansión

*Cucúrbita argyrosperma* es una de las especies cultivadas del género mas profundamente estudiada en los últimos años. Presenta dos sub-especies:

**Argyrosperma**, formada por cuatro variedades: *argyrosperma*, *callicarpa*, *stenosperma* y *palmieri*.

**Sororia**, que corresponde a poblaciones silvestres con amplia distribución desde México hasta Nicaragua. Descritas originalmente bajo el nombre *C. Sororia Bailey*. Esta subespecie ha sido designada como el ancestro silvestre del grupo.

Las características que más se transformaron en el proceso de domesticación de la *ssp. argyrosperma* fueron, principalmente aquellas relacionadas con su manejo y preferencias de uso. Se considera que la *var. argyrosperma*, es la menos especializada o primitiva del grupo, y que la *var. callicarpa*, la más reciente o especializada.

La existencia de diferentes grados de variación en las partes de importancia alimenticia de las variedades cultivadas del complejo *argyrosperma* sugiere una fuerte asociación con los intereses del hombre.

En América del Sur se cultiva en el Perú y Argentina, aunque parece ser que se trata de introducciones muy recientes de algunos cultivares que pueden ser ubicados dentro de la *var. callicarpa*. En los Estados Unidos algunos cultivares de la *var. callicarpa* se cultivan a muy baja escala con fines alimenticios, y un cultivar de la *var. argyrosperma*, “Silver Seed Gourd”, se cultiva ocasionalmente como una curiosidad hortícola.

Las razones de la escasa difusión a nivel mundial de esta especie son desconocidas, principalmente por la baja calidad de la pulpa, comparada con la de *C. moshata* o

*C pepo*, variedades cultivadas, que pudieron resultar atractivas para los primeros europeos que las conocieron (Lira y col. 1991).

El pipián es una planta originaria de Mesoamérica y los nativos la incluyen dentro de su dieta alimenticia. Su distribución es bastante amplia, sobre todo en regiones húmedas y calientes, en todo el continente americano y en otras regiones del mundo con ecologías similares. Se adapta a climas cálidos, templados y fríos con temperaturas entre los 13° y 30°C. Su rango óptimo se encuentra entre los 22° y 32°C, en el país se cultiva desde cerca del nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m, crece bien en áreas secas bajo riego o con mediana precipitación (1600 mm distribuidos en 6 meses).

En México la *var. argyrosperma* se cultiva en la vertiente del golfo (Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Yucatán); en América Central principalmente en Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

## **2.5. Usos y comercialización**

En toda su área de distribución, las flores, los tallos jóvenes, los frutos tiernos y maduros de esta especie se consumen como verdura. El fruto maduro raramente se emplea en la elaboración de dulces, frecuentemente se utiliza como alimento para ganado y aves de corral. Las semillas se consumen enteras, asadas, tostadas o molidas, y constituyen el principal ingrediente de salsas usadas para la elaboración

de diferentes guisos (por ejemplo: pipián, mole verde, etc.). Su consumo en zonas urbanas de México y otros países de América Central es bastante común.

En algunas regiones de México, se consumen las semillas y los frutos verdes; las semillas sólo son lavadas, aderezadas con sal y asadas o tostadas; mientras que los frutos inmaduros se consumen después de ser lavados y hervidos varias veces, a fin de eliminar el sabor amargo que les confieren las cucurbitacinas presentes en la pulpa. En la península de Yucatán, los campesinos usan la pulpa de los frutos para curar quemaduras, llagas y erupciones de la piel. También usan las semillas preparadas con agua como anestésico y para estimular la lactancia en las mujeres lactantes (Lira y col. 1991).

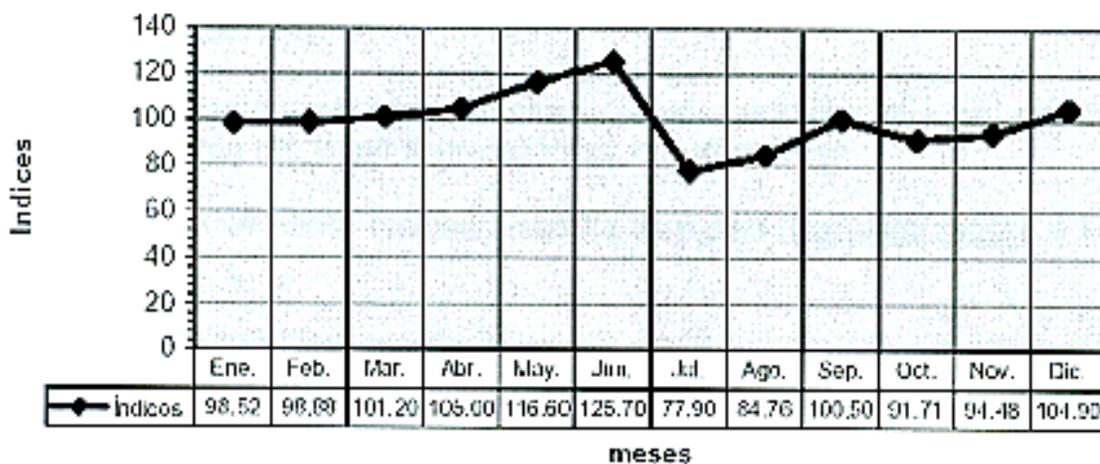
La pulpa es una rica fuente de pro vitamina A, fibra, calcio y fósforo. Se consume hervida, ya sea sola o en diversas preparaciones o bien como puré. Además la pulpa se consume como dulce y en conserva como confitura. Aunque generalmente la pulpa se destina al consumo animal debido a su menor calidad.

Los precios de pipián inician en fase ascendente a partir de mayo, alcanzando un máximo en junio sin embargo se registra una caída muy pronunciada en el mes de julio.

El comportamiento de los precios tiene una explicación lógica y es que muchos productores siembran pipián en asocio con maíz durante el mes de mayo, la cosecha se realiza en junio, lo

que aumenta significativamente la oferta del producto en el mercado con su consecuente reducción de precios.

Tabla 2. Estacionalidad de los precios del pipián.



La tabla 2 muestra que los precios de pipián inician en fase ascendente a partir de mayo, alcanzando un máximo en junio. Sin embargo se registra una caída muy pronunciada en el mes de julio.

La situación actual de los precios de pipián se presenta usualmente todos los años y los productores que tengan condiciones de disponibilidad de riego o de humedad natural, pueden programar siembras de tal manera que obtengan su producción a partir de abril, incluyendo en mayo y junio.

## **2.6. Potencial alimenticio y/o industrial**

Es la especie cultivada que ha sido mas el objeto de investigaciones intensivas durante estos últimos años. Según los recientes descubrimientos arqueológicos, parece ser que la domesticación de *C. argyrosperma*, en el Sur de México, data de más de 7000 años. El grupo argyrosperma parece ser el menos especializado, sin embargo el tamaño relativamente grande de las semillas sugiere que fue seleccionado principalmente para las semillas.

Las semillas representan el producto más importante, principalmente por su alto contenido de aceite donde 39% es de lípidos y el 44%, de proteína, nutrientes encontrados en mayor proporción, sin embargo cabe mencionar que han sido poco estudiadas estas semillas, de las cuales se podrían obtener gran variedad de productos (Lira y col. 1991).

La semilla debe recibir particular atención, seleccionando las variedades con mayor número de semillas y ampliar los conocimientos sobre el contenido de ácidos grasos del aceite y el contenido de aminoácidos de su proteína.

No se conoce mucho sobre su potencial suplementario y características nutricionales de interés para su explotación agroindustrial en alimentación y nutrición.

Mas sin embargo su uso como materia prima para la industria alimentaría resulta de interés debido a la demanda de estos.

## 2.7. Fuentes de extracción de aceites vegetales

Cientos de plantas producen semillas oleaginosas, aunque solamente algunas (tabla 3) se utilizan comercialmente, principalmente por la industria alimentaria. Las grasas provienen de las plantas, a través del proceso de fotosíntesis (Robinson, 1991).

**Tabla 3. Contenido medio de aceite en las fuentes utilizadas comercialmente.**

<b>Fuente</b>	<b>Contenido de aceite</b>
	<b>%</b>
<b>Semillas</b>	
Ricino	45.0
Algodón	19.0
Linaza	35.0
Cártamo	30.0
Ajonjolí o sésamo	50.0
Soja	19.0
Girasol	40.0
<b>Frutos</b>	
Copra de coco	66.0
Aceitunas	27.0
Nuez de palma	47.0
Cacahuete	45.0
Colza	42.0
<b>Germen</b>	
Trigo	10.0
Maíz	40.0

Diversidad de semillas y frutos, son la principal fuente de grasas y aceites utilizados en la preparación de alimentos. Algunas plantas se cultivan exclusivamente por el aceite que se extrae de sus semillas y frutos, mientras que otras constituyen también importantes cultivos alimenticios.

La recolección de semillas y frutos oleaginosos es una parte importante de la economía agrícola de muchos países. Algunas de las plantas que se cultivan para la obtención de aceite se dan sólo en regiones tropicales (por ejemplo, el cocotero y la palma), otras en regiones mediterráneas (como el olivo), mientras que otras se desarrollan en regiones templadas como el maíz, colza, girasol y soja o soya, (Microsoft® Encarta®, 2002).

Los aceites son líquidos a temperatura ambiente debido a que su temperatura de fusión es inferior a la de la temperatura ambiente y en ellos predominan los ácidos grasos insaturados. Los aceites son grasas vegetales que se encuentran formando pequeñas gotitas en el interior de las células de semillas y algunos frutos.

Los aceites vegetales más comunes son los extraídos de semillas como ajonjolí, cártamo, algodón, girasol, linaza, cacahuate y soya, de pulpa de frutos como el coco, olivo y palma de aceite, y de los gérmenes de las semillas de cereales como es el caso del maíz. Todos estos productos tienen un contenido de aceite que varía entre el 25%-65% (Meyer, 1990).

La mayoría de los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos mono o poliinsaturados, y por ello son considerados ingredientes deseables en la dieta. En la tabla 4 se muestran los ácidos grasos de algunos aceites comerciales.

Tabla 4. Principales ácidos grasos presentes en aceites comerciales.

<i>GRAMOS DE ÁCIDOS GRASOS POR CADA 100G</i>			
	<i>Saturados</i>	<i>Monoinsaturados</i>	<i>Poliinsaturados</i>
Aceite de cacahuete	19	48	29
Aceite de cártamo	10	13	72
Aceite de coco	85	6.6	1.7
Aceite de colza	7	57	32
Aceite de girasol	12	20	63
Aceite de maíz	13	25	58
Aceite de oliva	14	70	11
Aceite de palma	45	42	8
Aceite de semilla de algodón	26	21	48
Aceite de soya	15	23	57

*Fuente:* Enciclopedia Microsoft ® Encarta ®, 2002.

## 2.8. Métodos de extracción de aceites vegetales

Existen varios métodos para la extracción del aceite. La elección del método de extracción es muy importante, ya que influye directamente sobre la cantidad de aceite que pueda ser extraída. Además, las semillas maduras son más ricas en aceite (30%) que las semillas verdes. Lo que hay que tomar en cuenta es que aunque las semillas que se recogen verdes maduren mientras estén almacenadas, el contenido en aceite no es tan alto como con semillas recogidas ya maduras.

Sin embargo la composición de los ácidos grasos es la misma cualquiera que sea el grado de madurez de las semillas. Es sencillamente la cantidad de aceite contenido en la semilla la que cambia pero de ninguna manera, las proporciones de su composición (Álvarez, 1997).

Si bien los aceites son materias grasas de origen vegetal, no todos son iguales en cuanto a composición se refiere, además se obtienen por diversos métodos. Con respecto a este último punto, básicamente los aceites pueden obtenerse mediante métodos físicos o químicos.

### Físicos:

- Prensado
- Arrastre de vapor (hidrodestilación)

### Químicos:

- Extracción con solventes

### **2.8.1. Extracción por prensado**

Para obtener los aceites de las diferentes semillas se utilizan distintos tipos de prensas y extractores (Potter,1995).

Se realiza en forma simple. Las semillas ricas en contenido graso se descascaran parcialmente y se limpia mediante ventilación y zarandeo para eliminar impurezas. La semilla limpia se lleva a la prensa: un extrusor o tornillo sin fin. Se vigila que la temperatura generada por la presión no supere los 45°C para asegurar la estabilidad molecular de los ácidos grasos poliinsaturados. Se evita así también la disolución de ceras y otras sustancias.

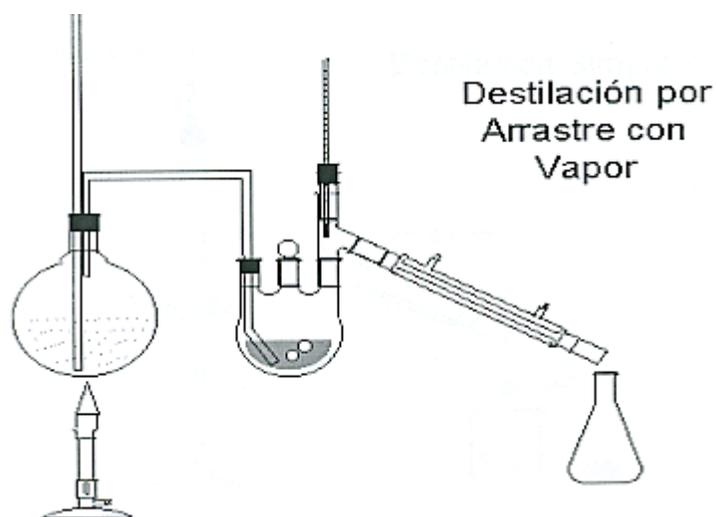
El aceite que todavía permanece en las semillas tras el proceso de prensado se obtiene por extracción mediante un disolvente orgánico; los residuos son ricos en proteínas y representan un valioso alimento para el ganado (Microsoft® Encarta®, 2002).

El aceite así obtenido se decanta mediante filtración, luego se bombea por filtros de tela y se envasa en botellas de vidrio oscuro para evitar la oxidación del aceite por acción de la luz (Potter,1995). El refinado no es necesario, y el aceite se conserva con suave sabor propio de la semilla de la cual proviene. Para que el aceite prensado sea sano, debe proceder de semillas almacenadas en silos provistos de aireación que permitan optimizar su conservación y frescura.

### 2.8.2. Extracción por arrastre de vapor (hidrodestilación)

En la destilación por arrastre de vapor se hace pasar una corriente de vapor a través de la mezcla de reacción y los componentes que son solubles en el vapor son separados. Entre las sustancias que se pueden separar por esta técnica se pueden citar los aceites esenciales.

Figura 1. Diagrama de hidrodestilación



### 2.8.3. Extracción por solventes

En operaciones a gran escala es común mezclar el aceite procedente de las semillas trituradas con un disolvente a baja temperatura que no sea tóxico, por ejemplo el hexano. El disolvente se hace pasar por percolación por la harina para que se extraiga el aceite, posteriormente se destila separándose las dos fases, y el disolvente se recicla para ser utilizado de nuevo. La

extracción mediante disolventes da mejores rendimientos que la extracción mediante presión (Potter,1995).

Este proceso químico de extracción es el más recomendable, ya que a través de solventes se extrae el aceite de la pulpa. El inconveniente de este método es que, a pesar de ser eficiente, el solvente es costoso y el proceso es complicado, lo que resultaría impropio.

Los métodos convencionales de extracción de aceites utilizan solventes inflamables o tóxicos y altas temperaturas que aceleran la degradación de los productos de interés y la formación de impurezas (AUPEC,1998).

## **2.9. Química del procesado de grasas y aceites**

### **2.9.1. Refinado**

Los aceites y las grasas no sometidas a refinado contienen cantidades variables de sustancias que pueden impartirles aromas, colores o cualidades no deseables. Entre estas sustancias, cabe citar los ácidos grasos libres, los fosfolípidos, los hidratos de carbono, las proteínas y sus productos de degradación, el agua, los pigmentos (principalmente carotenoides y clorofila) y los productos de la oxidación de las grasas. Se someten por ello a diversos procesos industriales de refinado, diseñados para liberarlos de estas sustancias.

Tanto los aceites de presión como de extracción pueden sufrir un proceso de refinado para mejorar sus características organolépticas (Enciclopedia Microsoft®, Encarta® 2002).

El refinado produce un aceite comestible con las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro, estabilidad frente a la oxidación e idoneidad para freír (Fennema, 1995).

#### **2.9.1.1. Sedimentación y desgomado**

Para la sedimentación, se calienta la grasa o aceite y se deja en reposo, hasta que se separa la fase acuosa, que luego se retira. Este proceso libera la grasa de agua, materiales proteicos, fosfolípidos e hidratos de carbono. En ocasiones, especialmente si los aceites contienen cantidades sustanciales de fosfolípidos, se aplica un tratamiento preliminar, conocido como desgomado, que consiste en la adición de un 2-3% agua, agitación de la mezcla, a unos 50°C, y separación de los fosfolípidos hidratados, por sedimentación o centrifugación.

#### **2.9.1.2. Neutralización**

Para eliminar los ácidos grasos libres, se mezcla con la grasa caliente sosa cáustica en la cantidad adecuada y se deja la mezcla en reposo hasta que sedimente la fase acuosa. La fase acuosa resultante se utiliza para la elaboración de jabón. Las cantidades residuales de sales sódicas de los ácidos grasos que permanecen en la grasa tras la retirada de la fase acuosa de

eliminan del aceite neutralizado por lavado con agua caliente seguido de sedimentación o centrifugación.

### **2.9.1.3. Decoloración**

Se pueden eliminar casi la totalidad de los pigmentos calentando el aceite a unos 85°C y tratándolo con adsorbentes, como carbón activo o tierra de diatomeas. Hay que evitar la oxidación durante el proceso de decoloración. Junto a los pigmentos se adsorben otros materiales, como fosfolípidos, jabones y algunos productos de oxidación. El material adsorbente utilizado para la decoloración se elimina por filtración.

### **2.9.1.4. Desodorización**

Para eliminar los compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas, con bajos umbrales de detección por el gusto y el olfato, que imparten a la grasa o al aceite aromas indeseables (en la mayor parte de los casos productos generados durante la oxidación), se eliminan mediante destilación en corriente de vapor, a presión reducida.

El refinado suele aumentar la estabilidad de los aceites frente a la oxidación, pero no siempre sucede así. Por ejemplo, el aceite de semillas de algodón no refinado resiste mejor a la oxidación, debido a su mayor contenido en gosispol y tocoferoles si exceptúa este hecho, es indudable que el refinado de los aceites comestibles mejora considerablemente su calidad. Un buen ejemplo de este hecho es el de la revalorización del aceite de palma durante los últimos años. Mediante el refinado, se

eliminan además algunas sustancias muy tóxicas por ejemplo; las aflatoxinas que puedan hallarse presentes en el aceite de cacahuate y el gossipol que pueda contener el aceite de algodón (Fennema,1995).

## **2.10. Composición química de los aceites**

La palabra lípido proviene del griego *lipos*, que significa grasa; los lípidos son definidos como sustancias insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos, tales como cloroformo, hexano y éter de petróleo.

Es un grupo de compuestos de estructura heterogénea generalmente constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque en ocasiones también contienen fósforo y nitrógeno.

Los lípidos desempeñan muchas funciones en los tejidos; además ser una fuente energética importante (Badui, 1996).

Los triglicéridos son lípidos no polares, constituyentes mayoritarios de las grasas vegetales y animales; en las plantas, los triglicéridos (triacilgliceroles) se encuentran en forma de gotitas de aceite (esferosomas) (Robinson, 1991). Están formados por una molécula de glicerol; un alcohol soluble en agua y tres moléculas de ácidos grasos. Se componen básicamente de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Los aceites vegetales se componen de glicerol, ácidos grasos y materias no saponificables.

Son generalmente triglicéridos mixtos, o sea, contienen glicerol combinado con dos o tres

diferentes ácidos grasos. En la combinación con el glicerol, los ácidos grasos pierden su acidez, formando un aceite neutro.

Las grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos contribuyendo a la textura y en general a las propiedades sensoriales del producto. Son importantes en la alimentación ya que suministran los ácidos grasos esenciales que el hombre no puede sintetizar (Robinson,1991 ).

### **2.10.1 Clasificación**

El número de sustancias consideradas como lípidos es muy grande, cada uno con sus ventajas y desventajas, pero todos ellos basados en alguna de las propiedades físicas o químicas que los caracterizan.

El más común es dividirlos en tres grupos en función de su estructura química.

**a) Lípidos simples.** Esteres de ácidos grasos y alcoholes.

- **Grasas y aceites.** Esteres de glicerol con ácidos monocarboxílicos.
- **Ceras.** Esteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos.

**b) Lípidos compuestos.** Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas.

- **Fosfolípidos.** Esteres que contienen ácido fosfórico en lugar de un ácido graso, combinado con una base de nitrógeno.

- **Glucolípidos.** Compuestos de carbohidratos, ácidos grasos y esfingosinol, llamados también cerebrósidos.
- **Lipoproteínas.** Compuestos de lípidos y proteínas.

**c) Compuestos asociados.**

- **Ácidos grasos** (derivados de los lípidos simples)
- **Pigmentos**
- **Vitaminas liposolubles**
- **Esteroles**
- **Hidrocarburos**

### 2.10.2. Ácidos grasos

Las grasas y los aceites constituyen los lípidos más abundantes e importantes; ambos grupos están constituidos por 100% de triacilglicéridos, los que a su vez son ésteres de ácidos grasos con glicerol. Dichos ácidos representan un alto porcentaje de la composición de los triacilglicéridos de las grasas y aceites (Badui, 1996).

Las grasas se dividen en saturadas e insaturadas, dependiendo de si los enlaces químicos entre los átomos de carbono de las moléculas contienen todos los átomos de hidrógeno que pueden tener (saturadas) o tienen capacidad para más átomos (insaturadas), debido a la presencia de enlaces dobles o triples. Generalmente, las grasas saturadas son sólidas a temperatura ambiente; las insaturadas y poliinsaturadas son líquidas (Microsoft® Encarta®, 2002).

Los aceites vegetales contienen principalmente ácidos grasos no saturados los aceites que se encuentran en estado líquido, esto se debe a la presencia en la molécula de triglicérido con ácidos grasos de cadena corta (C-12 y C-14) y con ácidos grasos insaturados (Robinson, 1991).

Los ácidos grasos se clasifican en función de su estructura química, lo que también determina sus funciones o efectos sobre la salud.

### **Ácidos grasos saturados.**

Este grupo de compuestos está constituido principalmente por ácidos de 4 a 24 átomos de carbono. Son aquellos ácidos grasos cuya cadena no posee ningún enlace doble, la molécula está llena (saturada) estructuralmente con hidrógenos y no puede aceptar ningún otro. Se caracterizan por ser sólidas a temperatura ambiente. Entre los más comunes está el ácido láurico, palmítico y butírico.

Se considera que un consumo excesivo de ácidos grasos saturados puede ser la causa de problemas de aterosclerosis (Badui, 1996).

### **Ácidos grasos insaturados.**

Debido a la presencia de insaturaciones, estos compuestos tienen una gran reactividad química, ya que están propensos a transformaciones oxidativas y de isomerización. Son muy abundantes en aceites vegetales y marinos.

Representan ácidos grasos que poseen una cadena con dobles enlaces, de manera que en la molécula se pueden incorporar uno o más hidrógenos. Se caracteriza por ser líquidos a temperatura ambiente. Entre los ácidos grasos encontramos los que contienen solo una insaturación se llaman monoinsaturados y a los de más de una se les denomina poliinsaturados.

**Ácidos grasos monoinsaturados.** Pueden aceptar un hidrógeno en un lugar. Por ejemplo, el ácido oleico posee un solo doble enlace y se encuentra en el aceite de oliva. Sus fuentes alimenticias provienen de los aceites de maní y oliva, aguacate y en margarinas y mantecas parcialmente hidrogenadas.

**Ácidos grasos poliinsaturados.** Pueden aceptar hidrógenos en más de un lugar. Las fuentes de alimentos incluyen los aceites de maíz, girasol, cártamo, soya, ajonjolí y semilla de algodón; en margarinas, mayonesa y en algunos aderezos para ensaladas.

**Ácidos grasos esenciales.** Los ácidos grasos esenciales (A.G.E.) son dos grasas que el cuerpo humano no puede sintetizar a partir de otros compuestos orgánicos o alimentos y son esenciales para la vida. Son omega 6 (ácido linoleico) y omega 3 (ácido alfa-linoleico). Estos ácidos se encuentran abundantemente en muchos

aceites. Ambos se clasifican como grasas poliinsaturadas. Se necesitan un manipulado y una protección de almacenaje apropiados, ya que ambos ácidos grasos se deterioran rápidamente en presencia del calor, la luz u oxígeno.

Entre las características de los A.G.E. se encuentran:

- Transportan y metabolizan el colesterol y los triglicéridos.
- Facilitan el desarrollo y funcionamiento normales del cerebro.
- Mantienen las membranas celulares (anti-arruga).
- Incrementan la velocidad metabólica, la recepción de oxígeno y la producción de energía.
- Aumentan la producción de las prostaglandinas buenas.

Investigaciones científicas han encontrado que un mayor consumo de grasas poliinsaturadas reducen los niveles de colesterol sanguíneo (grasa saturada íntimamente relacionada con la aterosclerosis), ya que ayudan a su excreción (función de los ácidos grasos esenciales).

Algunos de los ácidos grasos más comunes presentes en los aceites y grasas naturales son el butírico, láurico, palmítico, esteárico, oleico y linoleico (Lawson, 1999).

## 2.11. Deterioro de aceites

Las grasas y los aceites pueden sufrir diferentes transformaciones que además de reducir el valor nutritivo del alimento producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables. El grado de deterioro depende del tipo de grasa o aceite.

El término rancidez se usa para describir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos y se han dividido en varios grupos.

### **2.11.1. Rancidez hidrolítica o lipólisis**

Las grasas también se degradan debido a procesos hidrolíticos, que en presencia de humedad hidrolizan los triglicéridos, a sus componentes: glicerol y ácidos grasos libres, especialmente los de cadena corta, producen en las grasas y aceites olores extraños y rancios. Además este deterioro, es favorecido por las temperaturas altas y por las enzimas lipolíticas naturales (Potter, 1995)

*Lipólisis.* Esta reacción es catalizada por enzimas lipolíticas llamadas lipasas, y en ciertas condiciones, por efecto de las altas temperaturas, se liberan ácidos grasos de los triacilglicéridos y de los fosfolípidos. En las semillas crudas de las oleaginosas se presenta una fuerte actividad lipásica, cuya función biológica es aprovechar los lípidos que sirven para suministrar nutrimentos y así fortalecer la germinación.

### **2.11.2. Rancidez oxidativa**

Esta reacción tiene diversos orígenes, el principal es la acción directa del oxígeno sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados, con la consecuente producción de hidroperóxidos. Otro mecanismo es la acción enzimática de la lipoxigenasa y de la alcohol-dehidrogenasa (Badui, 1996).

## **2.12. Importancia del consumo y uso de aceites en la alimentación**

Gran parte de la importancia de consumir los aceites vegetales se debe a que son prácticamente la única o más importante fuente de ciertas grasas que son indispensables para nuestro organismo, los ácidos grasos esenciales son aquellos ácidos poliinsaturados que se requieren por medio de una nutrición normal, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo a partir de otras sustancias, son llamados grasas insaturadas. Cuanto mayor sea su porcentaje, más benéfico será su consumo para la salud. Esto dentro de ciertos límites ya que no se debe abusar en el consumo del aceite debido a su elevado nivel de calorías (Franklin, 1984).

Las grasas son importantes en la dieta como fuente de energía, ya que producen 9 kcal por gramo. En los países desarrollados, el 40% o más del consumo total de energía suele proceder de las grasas. Es un porcentaje superior a lo que se considera recomendable para la salud, el consumo excesivo de grasas está asociado a la obesidad, enfermedades de corazón y vesícula biliar y algunos tipos de cáncer. Las líneas nutricionales, por tanto, recomiendan no ingerir más del 30% de energía a través de las grasas. En países menos desarrollados, las grasas pueden aportar

menos del 15% de energía, un nivel de consumo en el que es difícil comer lo suficiente como para satisfacer las necesidades (Microsoft® Encarta®, 2002).

El empleo culinario de aceites mejora la palatabilidad de los alimentos y hace mucho más apetecible y sabrosa la comida. Además desde el punto de vista nutritivo, los aceites enriquecen a los alimentos en dos nutrientes: vitamina E y grasas simples formadas por diferentes tipos de ácidos grasos monoinsaturados sobre todo en el de oliva; poliinsaturados, en los de semillas tales como maíz, soja, girasol, etc; y saturados en el aceite de coco y palma, al igual que otras grasas, contribuyen al transporte y absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K) en el organismo. Por otro lado, a pesar de ser los alimentos más calóricos, son los alimentos básicos que deben estar presentes diariamente en la alimentación y sobre todo en cantidades adecuadas.

## **CAPITULO 3**

### MATERIALES Y METODOS

El desarrollo de la presente investigación se estructuró en varias etapas, las cuales se describen a continuación.

#### **3.1. ETAPA 1: Obtención y análisis de la semilla**

##### **3.1.1. Recopilación de la materia prima**

La recolección de materia prima, pipián (Cucúrbita argyrosperma), se realizó en San Fernando, Coatzintla Veracruz. Para valorar la calidad de la semilla se tomaron en cuenta aspectos tales como: morfológico, homogeneidad, características físicas (sanidad) y sin daño mecánico. El cumplir con los parámetros descritos, fue determinante en su posterior acondicionamiento.

##### **3.1.2. Análisis fisicoquímico**

La determinación del análisis bromatológico se realizó en el Departamento de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consistió en caracterizar el contenido de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra mediante los métodos establecidos por la AOAC en 1980.

### **3.2. ETAPA 2: Métodos de extracción**

La semilla con humedad inicial de 12%, fue sometida a secado en estufa a temperatura de entre 38-40°C, hasta obtener una humedad final del 6-7%. El objetivo del secado fue determinate para evitar el deterioro posterior de la semilla. Se procedió a la molienda de la semilla con cascarilla, en molino Willey de cuchillas con malla de 2 mm, se determino la eficiencia de la molienda, mediante el análisis granulométrico. La harina se almacenó en bolsas de polietileno negras, a fin de impedir el enranciamiento del aceite. El acondicionamiento descrito, se llevo a cabo en el Departamento de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

En la extracción del aceite crudo, se evaluaron diferentes métodos, todo ello a fin de obtener los mejores rendimientos.

#### **3.2.1. Extracción por arrastre de vapor**

La extracción por este método, se realizo en el CIRENA (Centro de Investigación de los Recursos Naturales), ubicado en Salaces Chihuahua, ya que en esta dependencia cuentan con prototipos a nivel planta piloto para realizar dicha extracción.

### **3.2.2. Extracción con solventes**

Para establecer tipo de solvente y tiempo de contacto a nivel laboratorio. Se corrieron extracciones de aceite por duplicado, empleando diversos solventes: hexano, éter etílico y mezcla de éteres etílico/ petróleo, para ello se variaron diferentes intervalos de tiempo: 8,12 y 16 hrs. Para ello se utilizo el método de Soxhlet establecido por la AOAC en 1980.

Las extracciones se consolidaron en el Departamento de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### **3.2.3. Extracción a nivel micro escala**

A nivel laboratorio, se realizaron tres experimentos, valorando relaciones soluto-solvente, además del tiempo de contacto, lo que determinaría las condiciones optimas de extracción.

El los tres experimentos se realizaron dos extracciones: 1ra extracción, relación 1:40 (10 gr de muestra, 400 ml de hexano por 7 min); segunda extracción con relación 1:20 (200 ml de hexano por 10 min).

Dichos estudios se realizarón en el Laboratorio de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. Mediante la siguiente metodología.

Calentar el baño de arena de 70-75°C, retirar y apagar el mechero. Colocar el matraz bola de fondo plano de 1l que contenga 10 gr de harina y 400 ml de hexano, mantener en contacto durante 7 min. Enfriar a temperatura de 30-35°C. Filtrar en papel filtro y embudo cola corta.

Recibir el filtrado en matraz erlenmeyer. Pesar un matraz bola fondo plano y agregar la miscela (hexano + aceite). Calentar el baño de arena a 100°C y mantener la temperatura, apagar el mechero. Recuperar el hexano y dejar enfriar el matraz que contiene aceite.

Determinar el peso del aceite por diferencia de pesos. Etiquetar y almacenar.

En cada extracción se utilizo una muestra inicial de 10 gr la cuál se agoto de aceite en las diferentes relaciones.

#### **3.2.4. Extracción a nivel planta piloto.**

De acuerdo a los datos obtenidos a nivel laboratorio, se continuo con una extracción mediante rota vapor diferencial de 20 lts de capacidad, con un baño de agua, el cual es calentado con vapor.

*Extracción.* Fue necesario lavar el matraz bola y limpiar el equipo (rota vapor). Encender la caldera 45 min antes de realizar la extracción. Determinar el índice de reacción del hexano, empleando un refractómetro K. Fuji No. 7635.

Llenar el baño de agua de tal manera que permita la flotación del matraz. Se carga el matraz bola con 1160 gr de harina y 10 lts de hexano, fijándolo bien en su base. Abrir la llave tanto de entrada como de salida del agua para los refrigerantes. Así mismo abrir la llave de vapor para obtener 60°C de temperatura en el baño y cerrar la llave.

Poner en agitación el matraz bola que contienen la mezcla. La extracción se realiza por un tiempo de 15min a 60°C. Mantener en agitación y abrir la llave de entrada de agua fría para retirar el agua caliente del baño, lo anterior con el fin de enfriar el matraz. Cerrar las llaves de entrada y salida de agua. Retirar el matraz y reposar para que las partículas de harina se precipiten y de esta manera filtrar para recuperar la miscela limpia.

*Destilación.* Encender la caldera 45 min antes. Llenar el baño de agua de tal manera que permita la flotación del matraz. Se carga el matraz con la miscela y se sujeta en su base. Abrir la llave tanto de entrada como de salida del agua para los refrigerantes. Así mismo abrir la llave de vapor hasta obtener 60°C de temperatura en el baño y cerrar la llave. Poner en agitación hasta recuperar el solvente.

*Desolventizado.* Al matraz que contiene grasa y residuos de hexano, se le aplica vacío. Para ser destilado el disolvente completamente.

### **3.3. ETAPA 3: Caracterización física y química del aceite crudo**

### 3.3.1. Estimación de la densidad del aceite crudo y refinado

Una vez obtenido el aceite crudo y refinado, se estimó la densidad del mismo. Se pesó una probeta de 10 ml, la cuál se llenó de aceite hasta 10 ml, finalmente se pesó, para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

Donde:

m = peso del aceite

v = volumen de aceite.

### 3.3.2. Índice de acidez

En un matraz erlenmeyer colocar 300 ml de alcohol etílico, agregar 2 gotas de fenofaleina y titular con NaOH 0.1 N. Tomar 150 ml del alcohol neutralizado y adicionar 10 gr de aceite crudo de pipián, calentar a ebullición, adicionar 2 gotas de fenofaleina y titular con NaOH 0.1 N.

El índice de acidez expresado como ácido oleico se calculó en base al presente enunciado:

**Índice de acidez** = % de ácidos grasos libres, expresados como ácido oleico multiplicado por 1.99.

### 3.3.2.1. Determinación de % ácidos grasos libres en base a titulación

La lectura obtenida al titular la muestra de aceite fue de 12.1ml de NaOH 0.1N, este valor se sustituye en la formula respectiva, para así obtener los ácidos grasos en base a titulación.

Para estimar los ácidos grasos libres , se tomo como base la presente fórmula:

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{(\text{ ml NaOH } 0.1\text{N} ) ( 28.2)}{\text{ peso de la muestra}}$$

$$\% \text{ ácido láurico} = \frac{(\text{ ml NaOH } 0.1\text{N} ) ( 20.0)}{\text{ peso de la muestra}}$$

### 3.4. ETAPA 4: Refinado

Este proceso, se realizó tomando como base el ácido graso presente en mayor porcentaje, en este caso el **ácido oleico** (34.122%), lo que determina la concentración de NaOH 0.1N, necesario para saponificar los ácidos grasos.

### **3.4.1. Saponificación**

El aceite obtenido se dividió en dos lotes, el primero de 576.2 gr de aceite, el cual se trato con 196.0 gr de NaOH 0.1N; el segundo lote fue de 375.5 gr de aceite al que se adicione 128 gr de NaOH 0.1N. Una vez estimada la concentración de hidróxido de sodio 0.1N, se preparar la solución requerida para tratar el total de aceite.

Se prepara una solución 0.1N de NaOH. Considerando el peso molecular del NaOH, se pesan 2gr de NaOH en lentejas y disolverlo en 500ml de agua destilada.

En un matraz de fondo plano colocar el aceite. Tratar con NaOH 0.1N, disolver en agua destilada (250 ml). Con sistema de agitación llegar a punto de ebullición la saponificación. Mantener la reacción por espacio de 30 min a 90°C. Suspender el calentamiento. En embudo de separación decantar y separar el aceite tratado y la saponificación (jabón). En embudo de separación lavar el aceite tratado con agua destilada (400-500 ml) caliente.

### **3.4.2. Decoloración y blanqueo**

Del tratamiento previo se obtuvieron 650gr de aceite, el cual se trato con carbón de mezquite (4%), previamente molido en molino Willey con malla de 2 mm y pasado en malla #200. Calentar el sistema de aceite con carbón, en una parrilla eléctrica 60-70°C x 15 min. Filtrar a vacío con papel filtro de poro chico, hasta retirar completamente las partículas de carbón. Tratar con solución de capa sulfato de sodio anhidro (10-20gr/100gr de aceite ), filtrar a vacío usando embudo bucher y matraz kytazato.

### **3.5. ETAPA 5: Evaluación sensorial**

Para determinar el nivel de aceptación del aceite obtenido, fue necesario elaborar frituras de maíz, para posteriormente realizar una prueba de preferencia por jueces consumidores. Se capturaron los formatos de evaluación, enseguida se identificaron las muestras a evaluar y así mismo se procedió a preparar el material auxiliar para la evaluación. La evaluación sensorial fue realizada en el laboratorio de Nutrición y Alimentos por estudiantes de la carrera de alimentos.

#### **3.5.1. Prueba de preferencia**

Previo a la evaluación, se identificaron las muestras: aceite de pipián # 825 y aceite de oliva # 341. Por similitud de color, se utilizo aceite de oliva a la par con el aceite experimental. Se

acondiciono el laboratorio de Nutrición y Alimentos, además se preparo el material auxiliar necesario para la realización de esta prueba. La cuál consistió en una sencilla prueba, solo se le pide al juez que evalué las muestras y que decida cuál de ellas prefiere, además de si tiene algún comentario.

### 3.5.2. Formato de evaluación

☺ Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** por favor evalué las siguientes muestras, según los criterios de la tabla y de acuerdo con la muestra que prefiera. Marque con una **X** en el casillero correspondiente a la muestra preferida. No olvide enjugarse la boca entre c/u de las muestras.

Características	No. Muestra		Comentarios de la muestra <b>NO</b> preferida.
	# 825	# 341	
Sabor: no rancio, y no aceitoso.			
Olor: agradable			
Crujiente			
Color			

**“GRACIAS POR SU COLABORACIÓN”**

### 3.6. ETAPA 6: Caracterización del aceite obtenido mediante espectro IR.

El aceite refinado, se envió al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, para la determinación del IR en un Espectrómetro FT- IR Nicolet 550.

Se caracterizó el aceite recuperado mediante el uso de espectroscopia infrarroja (EIR), para lo cual se utilizó como estándar espectros para ácidos grasos puros, los cuales fueron comparados con los obtenidos a partir de las muestras de aceite crudo y refinado, para su posterior interpretación.

#### **CAPITULO 4**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

## **4.1. ETAPA 1. Obtención y análisis de la semilla**

### **4.1.1. Recopilación de la materia prima**

Se evaluaron lotes de semillas de pipián (Cucúrbita argyrosperma) considerando como factor primordial la sanidad de la misma, entre otros aspectos de menor importancia, ya que la calidad de la materia prima, influye directamente en el producto final (aceite).

La relevancia de la humedad en el manejo de las semillas radica en que ésta, es el factor más importante en su conservación, ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos. (Moreno, 1996)

### **4.1.2. Análisis fisicoquímico**

Se realizó el análisis bromatológico a la semilla de pipián, en base seca. En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos, expresados como las medias de los análisis efectuados.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico de la semilla de pipián (Cucúrbita argyrosperma).

<b>Determinación</b>	<b>Porcentaje</b>
Materia seca total	95.0
Humedad	5.0
Cenizas	4.5
Grasa	30.0
Proteína cruda	31.6
Fibra cruda	29.0

Como se aprecia en la tabla, la semilla de pipián, representa una fuente potencial de proteína, grasa y fibra. Los datos obtenidos, son similares a los presentados por Lira y col. 1991, sin embargo existe una gran diferencia con respecto al contenido de proteína. Lo anterior suele deberse a las condiciones agronómicas, lo que influye favorable o desfavorablemente en el desarrollo óptimo del cultivo.

## **4.2. ETAPA 2. Extracción**

Previo a la extracción, fue necesario el acondicionamiento de la materia prima, para su posterior procesamiento, en la obtención de aceite. Primeramente fue secada la semilla, posteriormente se trituro en molino Willey con malla de 2 mm, según Calvo, 2003.

### **4.2.1. Análisis granulométrico**

En la tabla 6 se muestra el análisis granulométrico de la harina de pipián, para determinar la eficiencia de la molienda.

Tabla 6. Análisis de granulometría

No. Malla	Tamaño de poro (in)	Peso retenido (gr)
25	.0278	51.47
50	.0117	39.98
80	.0070	8.30
100	.0059	.28
140	.0041	-
200	.0029	-
270	.0021	-
325	.0017	-

Como se puede apreciar, en la tabla 6, el 90% de la harina queda retenida en la malla No. 25 y No. 50, lo cuál indica la homogeneidad en el tamaño de partícula.

#### **4.2.2. Extracción por arrastre de vapor**

En la extracción de aceite utilizando este método, no se obtuvieron resultados favorables, ya que durante la extracción, la muestra se pegaba a las paredes del prototipo. Debido a la naturaleza de los ácidos grasos del aceite de pipián, resulta ineficiente este proceso de extracción. Se considera de vital importancia, el tomar en

cuenta la estructura química de los ácidos grasos, presentes en la fuente de extracción, a fin de elegir el método idóneo para la extracción del aceite.

#### 4.2.3. Extracción con solventes

En las extracciones, por duplicado, realizadas a nivel laboratorio se utilizó, hexano, éter etílico y mezcla de éteres etílico/ petróleo, bajo tiempos de contacto de 8,12 y 16 hrs. Para cada extracción se utilizarón 5 gr de muestra, para cada uno de los disolventes. Se realizó un tratamiento de los resultados obtenidos, mediante un análisis de varianza, con ello se estableció, que no hay diferencia significativa, utilizando los disolventes en cuestión, en las correspondientes extracciones. En la tabla 7 se muestra la relación de cada solvente, así como los rendimientos obtenidos expresados como las medias de los análisis realizados.

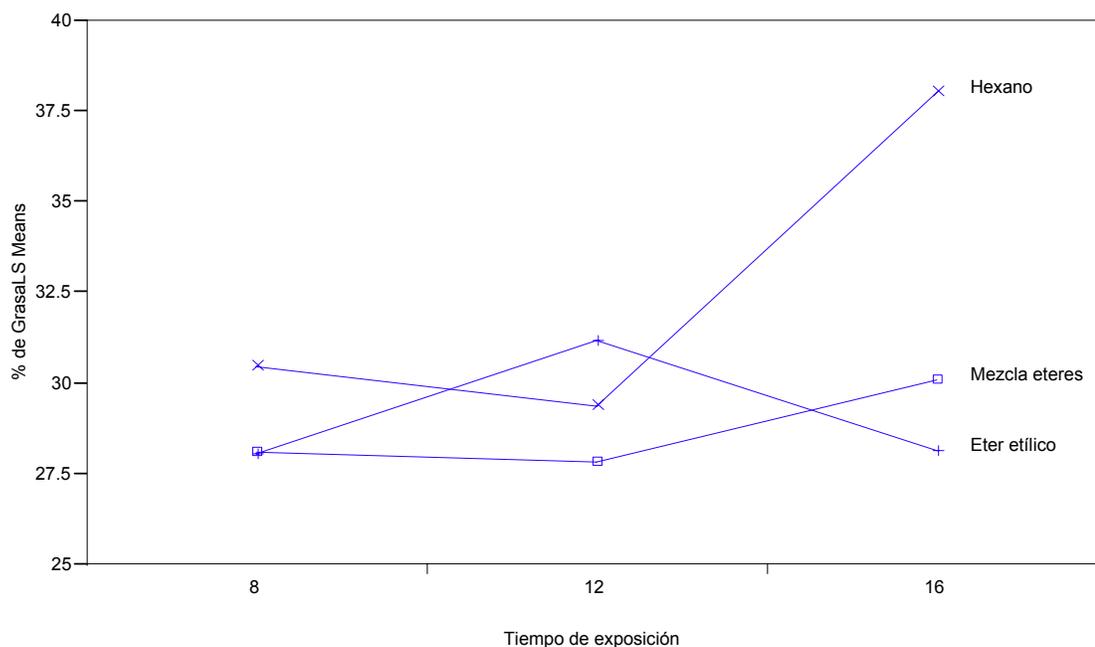
Tabla 7. Medias de los resultados obtenidos en la extracción de aceite de pipián utilizando diferentes solventes y tiempo de extracción.

<b>Posición del solvente</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>
Éter etílico,8	28.060000	0.73997080
Éter etílico,12	31.206000	0.73997080
Éter etílico,16	28.132000	0.73997080
Hexano,8	30.471000	0.73997080
Hexano,12	29.369000	0.73997080
Hexano,16	38.050000	0.73997080
Mezcla éteres,8	28.104000	0.73997080
Mezcla éteres,12	27.852000	0.73997080
Mezcla éteres,16	30.113000	0.73997080

Como se aprecia en la tabla 7, los mejores rendimientos, se obtienen con un tiempo de contacto de 16 hrs, utilizando hexano y mezcla de éteres, sin embargo el rendimiento máximo

al emplear éter etílico, se muestra a las 12 hrs. Al utilizar hexano con un tiempo de contacto de 8 hrs, se obtiene un mayor rendimiento en relación a los otros solventes, bajo las mismas condiciones de extracción.

Figura 2. Eficiencia extractora de los solventes



Como se muestra en la figura, el hexano es el más eficiente para la extracción de aceite a las 8, y 16 hrs de contacto, pero a las 12 los rendimientos disminuyen ligeramente. En relación con éter etílico a las 8hrs la eficiencia extractora es menor, sin embargo a las 12 hrs se incrementan los rendimientos, pero a las 16hrs se presenta un descenso en su eficiencia de extracción.

Para la mezcla de éteres, los rendimientos obtenidos a los diversos tiempos de contacto, son los más bajos, en relación a los obtenidos con hexano y éter etílico.

Tabla 8. Comparación de niveles por similitud de lecturas y diferencia significativa.

<b>Solvente</b>	<b>Niveles</b>				<b>Media</b>
Hexano,16	A				38.050000
Éter etílico,12		B			31.206000
Hexano,8		B	C		30.471000
Mezcla éteres,16		B	C	D	30.113000
Hexano,12		B	C	D	29.369000
Éter etílico,16			C	D	28.132000
Mezcla éteres,8			C	D	28.104000
Éter etílico,8				D	28.060000
Mezcla éteres,12				D	27.852000

Analizando los rendimientos obtenidos, para el nivel A, el hexano, a un tiempo de reflujo de 16 hrs, se obtienen los mejores rendimientos. Por similitud en lecturas, se encuentra el nivel B, para éter etílico con 12 hrs, hexano con 8hrs, mezcla de éteres con 16 hrs y finalmente el hexano con 12 hrs. Relacionando el nivel B y C , se encuentra el hexano con 8 hrs, mezcla de éteres con 16hrs y hexano con 12 hrs. Sin embargo para el nivel C, solo el éter etílico con 16 hrs y la mezcla de éteres con 8 hrs, son similares. En relación con C y D, se encuentra la mezcla de éteres a las 16hrs, hexano con 12 hrs, éter etílico con 16 hrs, mezcla de éteres con 8hrs. En relación al nivel D, solo dos lecturas son similares, el éter etílico a las 8hrs y la mezcla de éteres con 12 hrs.

Esta correlación, se presenta analizando los datos obtenidos mediante análisis de varianza. Pero realmente en la practica, utilizando hexano a las 8 hrs, se obtienen los mejores rendimientos así mismo se extrae una mínima cantidad de pigmentos verdes (clorofila). Sin embargo al aumentar el tiempo de contacto, aparentemente los rendimientos se incrementa, pero durante las extracciones se aprecia una mayor concentración de pigmento.

Al realizar extracciones con éter etílico y mezcla de éteres etílico/petróleo, se visualizó, que estos son altamente volátiles, a muy bajas temperaturas; aún bajo condiciones estrictamente controladas, no se obtienen buenos rendimientos, ello debido a que era necesario agregar constantemente solvente durante el tiempo de contacto.

Debido a la volatilidad de los solventes previamente mencionados, se considera vital, el utilizar una concentración idónea del mismo. Cabe señalar, que la volatilidad del solvente desempeña un papel muy importante, en la elección del mismo, a fin de obtener los mejores rendimientos durante la extracción de aceite crudo.

#### **4.2.4. Extracción a nivel micro escala**

Se realizaron tres experimentos, tomando como base 10 gr de muestra, para cada uno, misma que se agotaría completamente, durante las extracciones, mediante las relaciones estipuladas.

En la tabla 9 se muestran las relaciones soluto-solvente, establecidas para realizar los experimentos a nivel laboratorio.

Tabla 9. Rendimientos obtenidos para los experimentos.

<b>Experimento</b>	<b>Extracción</b>	<b>Relación</b>	<b>Harina inicial (gr)</b>	<b>Harina agotada (gr)</b>	<b>Tiempo de contacto (min.)</b>	<b>Aceite crudo (gr.)</b>	<b>Aceite crudo (%)</b>
I	1ra.	1:40	10	6.5	7	2.50	25.00
	2da.	1:20			10	1.00	10.00
II	1ra.	1:40	10	6.5	7	2.50	25.00
	2da.	1:20			10	1.00	10.00
III	1ra.	1:40	10	6.2	7	3.30	33.00
	2da.	1:20			10	0.50	5.00

Como se puede apreciar, los rendimientos de los experimentos I y II son idénticos, al obtener en la primera extracción el 25% de aceite y en la segunda extracción tan solo un 10%, extrayéndose un total del 35% de aceite.

Sin embargo en el tercer experimento, se obtiene en la primera extracción un 33% de aceite y en la segunda extracción solo un 5%, obteniéndose un total del 38% de aceite.

En relación con los rendimientos obtenidos en los tres experimentos, estos varían ligeramente.

Tabla 10. Rendimientos de solvente en la extracción de aceite

<b>Experimento</b>	<b>Extracción</b>	<b>Relación</b>	<b>Solvente inicial</b>	<b>Solvente recuperado</b>	<b>Pérdida de solvente</b>
--------------------	-------------------	-----------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------

			(ml)	(ml)	(%)
I	1ra.	1:40	400	250	37.50
	2da.	1:20	200	125	42.50
II	1ra.	1:40	400	241	39.70
	2da.	1:20	200	93	53.50
III	1ra.	1:40	400	262	34.50
	2da.	1:20	200	138	31.00

Analizando los resultados de la tabla 10, se observa que durante las diversas extracciones, hay una pérdida de aproximadamente 40% de hexano . Ello se debe a que la semilla se impregna de solvente, lo que permite la extracción del aceite y el resto del mismo se pierde durante el manejo.

#### **4.2.5. Extracción a nivel planta piloto.**

Para realizar la extracción a nivel planta piloto, se debió tomar en cuenta, las relación estipuladas para la extracción a nivel micro escala, lo cuál no fue posible debido a la capacidad del equipo, ya que se requería de una cantidad considerable de solvente. Además las condiciones de operación del equipo y la deficiencia de hexano fueron limitando la obtención de rendimientos reales a nivel planta piloto. Debido a lo expuesto, el propósito fue la extracción de una cantidad considerable de aceite, necesaria para realizar la evaluación sensorial del mismo.

Aun bajo condiciones rigurosas, se prosiguió con una extracción mediante rota vapor diferencial. Se contaba con total 5.8 kg de harina, la cuál se dividió en cinco lotes, cada uno de 1160 gr, lo anterior representa un factor primordial, dada la capacidad del equipo, para la extracción de aceite.

Para llevar acabo cada una de las extracciones, se considero una temperatura de 60°C y un tiempo de contacto de 15min y posteriormente se destilo la miscela, una vez realizadas las extracciones correspondientes, se realizo el desolventizado del aceite crudo obtenido, lo que permite obtener un aceite con ligero olor a hexano, además de recuperar el solvente residual. El aceite crudo total obtenido fue de 1033.5 gr, lo que representa un rendimiento de 17.81%, lo anterior representa un 50% aproximadamente de los rendimientos obtenidos a nivel micro escala.

### **4.3. ETAPA 3: Caracterización física y química del aceite crudo**

#### **4.3.1. Estimación de la densidad en aceite crudo y refinado**

En la Tabla 11, se muestra la densidad correspondiente al aceite crudo y refinado.

Tabla 11. Densidad en aceite crudo y refinado

<b>Aceite</b>	<b>Densidad</b>
Crudo	.90
Refinado	.87

Como se observa, en la tabla 11, existe una ligera diferencia en la densidad, para el aceite crudo y refinado, debido a que este último contiene menor cantidad de impurezas en relación

con el aceite crudo. Dichos niveles de densidad concuerdan con los obtenidos para el aceite de oliva.

#### **4.3.2. Índice de acidez**

La acidez de los aceites suele expresarse en términos de su índice de acidez. La acidez de los aceites es muy variable. Generalmente los aceites frescos no contienen ácidos grasos libres o si los contienen están presentes en pequeñas cantidades, especialmente si no han estado protegidos de la acción del oxígeno y la luz su acidez se incrementa.

Cuando la acidez se expresa como porcentaje, los cálculos se hacen generalmente bajo el supuesto de que el PM (Peso Molecular) del ácido libre es igual al del oleico. Sin embargo no toda la acidez resultante de la hidrólisis es la oleína, ni tampoco el PM medio de los ácidos grasos libres es equivalente al ácido oleico. Puede expresarse el porcentaje de acidez en el ácido graso que predomine en el aceite. La acidez de un aceite está determinada por su contenido en ácidos grasos libres. Debido a la naturaleza de los ácidos grasos, ya sea saturados o insaturados, influirán directamente en el índice de acidez del aceite.

El índice de acidez, expresado como ácido oleico, para el aceite de pipián crudo es de 68.43 %, lo que indica un alto contenido en ácido oleico. La acidez obtenida para el aceite de pipián es semejante a la presentada para el aceite de oliva.

##### **4.3.2.1. Determinación de % ácidos grasos libres en base a titulación**

En la Tabla 12. se muestran los valores obtenidos de los ácidos grasos libres determinados en base a titulación.

Tabla 12. Ácidos grasos presentes en el aceite de pipián

<i>Ácido graso</i>	<i>Porcentaje</i>
Ácido oleico	34.4
Ácido láurico	24.4

Como se aprecia, el ácido oleico esta presente en mayor porcentaje en relación con el ácido láurico. El aceite de oliva presenta una cantidad variable de ácidos grasos monoinsaturados, destacándose el contenido de ácido oleico presente de un 55-83%. Para el aceite de pipián el ácidos oleico esta presente en un 34.4%, considerado como el ácido graso mayoritario del aceite, muy similar para el caso del aceite de oliva. El ácido oleico es un ácido graso no saturado que amarillea con rapidez en contacto con el aire (Microsoft® Encarta®, 2002). Además los pigmentos propios de la fuente de extracción, promueven un color intenso en el aceite.

#### **4.4. ETAPA 4: Refinado**

Para el proceso de refinado del aceite, se calculo la concentración aproximada de hidróxido de sodio, necesario para la saponificación de los ácidos grasos, para ello se tomó como base el ácido oleico, presente en mayor porcentaje en el aceite de pipián.

El tratamiento del aceite, se realiza con el propósito de eliminar las sustancias que le imparten al aceite aromas, colores o cualidades no deseables (Fennema, 1995).

#### **4.4.1. Saponificación**

El aceite crudo obtenido de la extracción a nivel planta piloto, fue de 1033.5 gr, el cuál permaneció en reposo durante varios días, ello permite la sedimentación de partículas finas.

Transcurrido este período, se procedió con la separación de fases aceite/sedimento, obteniéndose 951.7gr de aceite, el cuál se dividió en dos lotes:576.2 gr y 375.5 gr, requiriéndose 324 gr de NaOH 0.1N, para la saponificación,

#### **4.4.2. Decoloración y blanqueo**

La presencia de pigmentos, verde intenso en el aceite tratado, requirió de una decoloración y blanqueo, ello permitiría obtener un aceite mas claro. Este tratamiento se realizo con carbón de mezquite (4%), previamente molido en molino Willey con malla de 2 mm y pasado en malla #200. El aceite obtenido se filtró a vacío para eliminar partículas de carbón, el aceite resultante se volvió a filtrar a vacío con papel filtro y capa de sulfato de sodio anhidro 10-20 gr/100 gr de aceite.

Al terminó del tratamiento, se obtuvo un aceite verde negruzco, por la absorción de las partículas de carbón. Ante lo expuesto, se requirió de una segunda filtración a vacío con papel filtro, obteniéndose un aceite ligeramente más claro. Por ello se opto por aplicar una tercera

filtración a vacío, pero utilizando un filtro, realizado a base de sacarosa. Pero aun así el aceite quedo verde. El carbón retiene una considerable cantidad de aceite, el cuál se puede recuperar, mediante lavados con hexano.

El aceite refinado obtenido fue de 365.7 gr en peso o bien un volumen de 420.34 ml.

El refinado del aceite es necesario para eliminar las impurezas que se forman durante la extracción y que le confieren al aceite un sabor indeseable. Durante este proceso se reduce el grado de acidez y es suavizado el sabor del aceite.

#### **4.5. ETAPA 5: Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial del aceite, utilizando un vehículo (totopos de maíz) se realizo con el propósito, de medir en cierta forma el nivel de aceptación del aceite experimental.

Las características organolépticas del aceite, como son color, olor y sabor, dependen esencialmente de los componentes presentes en la semilla de pipián, que se extraen junto con el aceite que los contiene, y que vienen determinados por el clima y el suelo de cultivo, por la variedad de pipián, y por las técnicas de cultivo, recolección, extracción y envasado

(Microsoft® Encarta®, 2002).

##### **4.5.1. Prueba de preferencia**

Para la evaluación se requirió de utilizar un aceite comercial (oliva), similar en color, con respecto al aceite experimental.

El aceite de pipián se identifico con el # 825 el cuál le imparte un color verde negruzco a los totopos (vehículo). En relación al aceite de oliva (# 341), el color es ligeramente verde claro, impartándole al totopo un color amarillo claro. Para llevar a cabo la evaluación, se requirió del apoyo de 61 jueces consumidores.

En la tabla 13 se muestran las características evaluadas por los jueces, emitiendo varios juicios para la aceptación o rechazo de las muestras respectivas.

Tabla 13. Resultados de la prueba de preferencia.

<b>Características</b>	<b>No. Muestra</b>	
	# 825	# 341
Sabor: no rancio, y no aceitoso	25	39
Olor: agradable	20	50
Crujiente	36	41
Color	4	56

En la tabla 13, se presenta los resultado obtenidos, para la prueba de preferencia, se analizarón mediante una tabla de significancia para pruebas de dos muestras de Roessler y colaboradores (1956), se utilizó la prueba de una cola con un nivel de significancia de 5% y 1%.

A un 5% de probabilidad, todos los criterios, son significativos, cuando los jueces prefieren la muestra # 341. Pero al analizar los datos al 1% de probabilidad, la característica color es la

única que presenta diferencias altamente significativas, en cuanto a la preferencia por los jueces de la muestra # 341 y en cuanto a las demás características no presentan diferencias significativas entre las muestras.

La mayoría de los jueces prefirió la muestra # 341; sin embargo la muestra # 825, es rechazada principalmente por su color, ya que este influye directamente, lo que ocasiona controversias, en cuanto a la evaluación de los demás criterios.

De acuerdo con Anzaldua, 1994, establece que el color interfiere significativamente con las otras propiedades sensoriales. Cuando se realizan pruebas de sabor o de textura, un color desagradable puede ser asociado por los jueces, inconscientemente, con un sabor o una textura desagradables, alterando entonces sus respuestas para dichas propiedades. En estos casos es necesario enmascarar el color para evitar su influencia indeseable sobre las respuestas de los jueces.

#### **4.6. ETAPA 6: Caracterización del aceite obtenido mediante espectro IR.**

Se realizaron el espectro para el aceite crudo y refinado, mediante el uso de espectroscopia infrarroja (EIR)

En la figura 3, se muestra el cromatograma del aceite crudo y en la figura 4, se observa el cromatograma del aceite refinado.

Los cromatogramas obtenidos para el aceite de pipián crudo y refinado, se interpretaron en base al estándar puro del ácido oleico, por encontrarse mayor similitud en el comportamiento de los picos. Como se aprecia en las figuras 1 y 2, los IR muestran la presencia de picos de absorción en regiones similares a las presentadas por el estándar puro, teniendo por lo tanto que el ácido graso presente en mayor proporción en la mezcla de triglicéridos que conforman el aceite de pipián es el oleico.

Figura 3. Cromatógrama del aceite crudo de pipián (*Cucúrbita argyrosperma*).

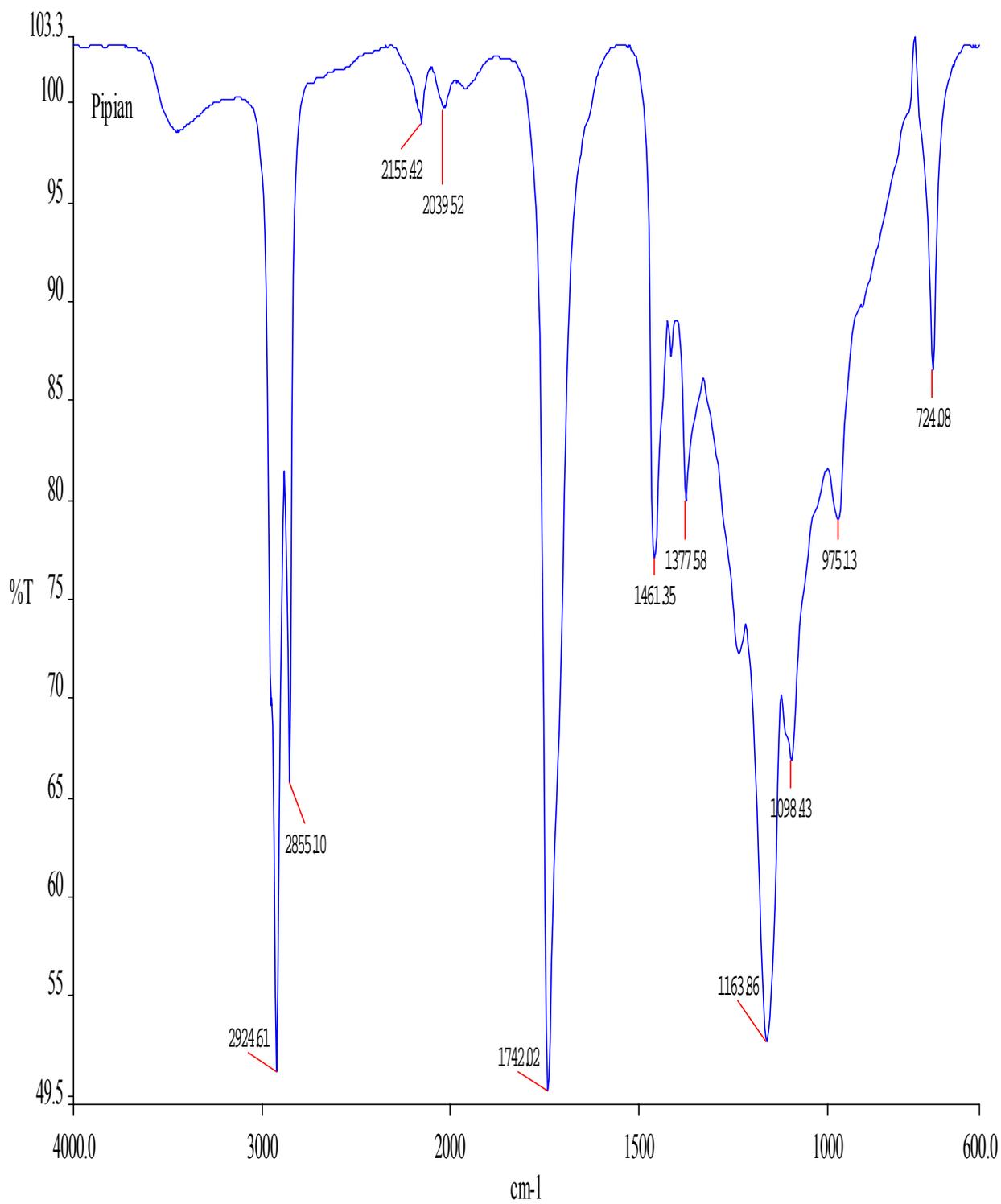


Figura 4. Cromatógrama del aceite refinado de pipián (Cucúrbita argyrosperma).

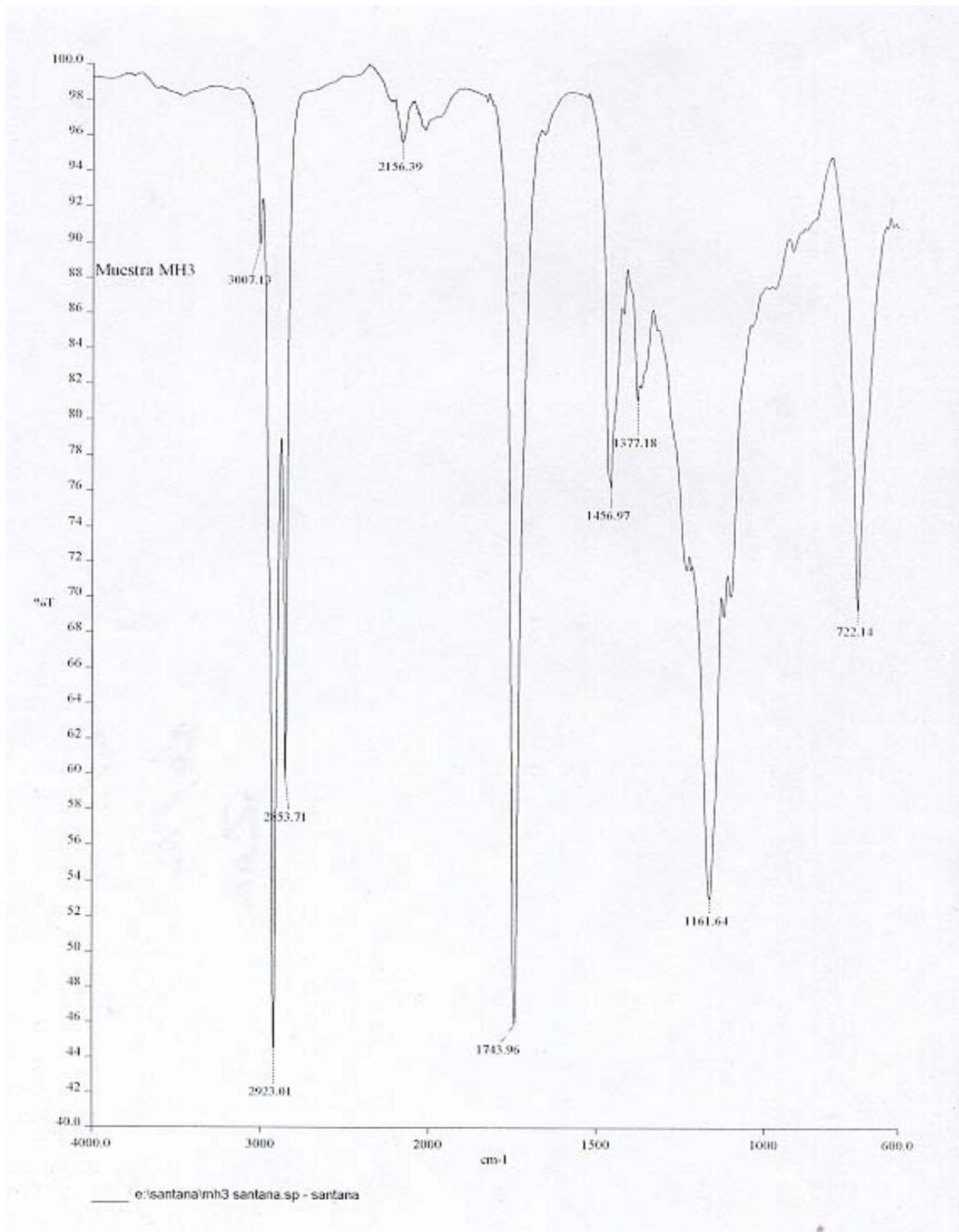
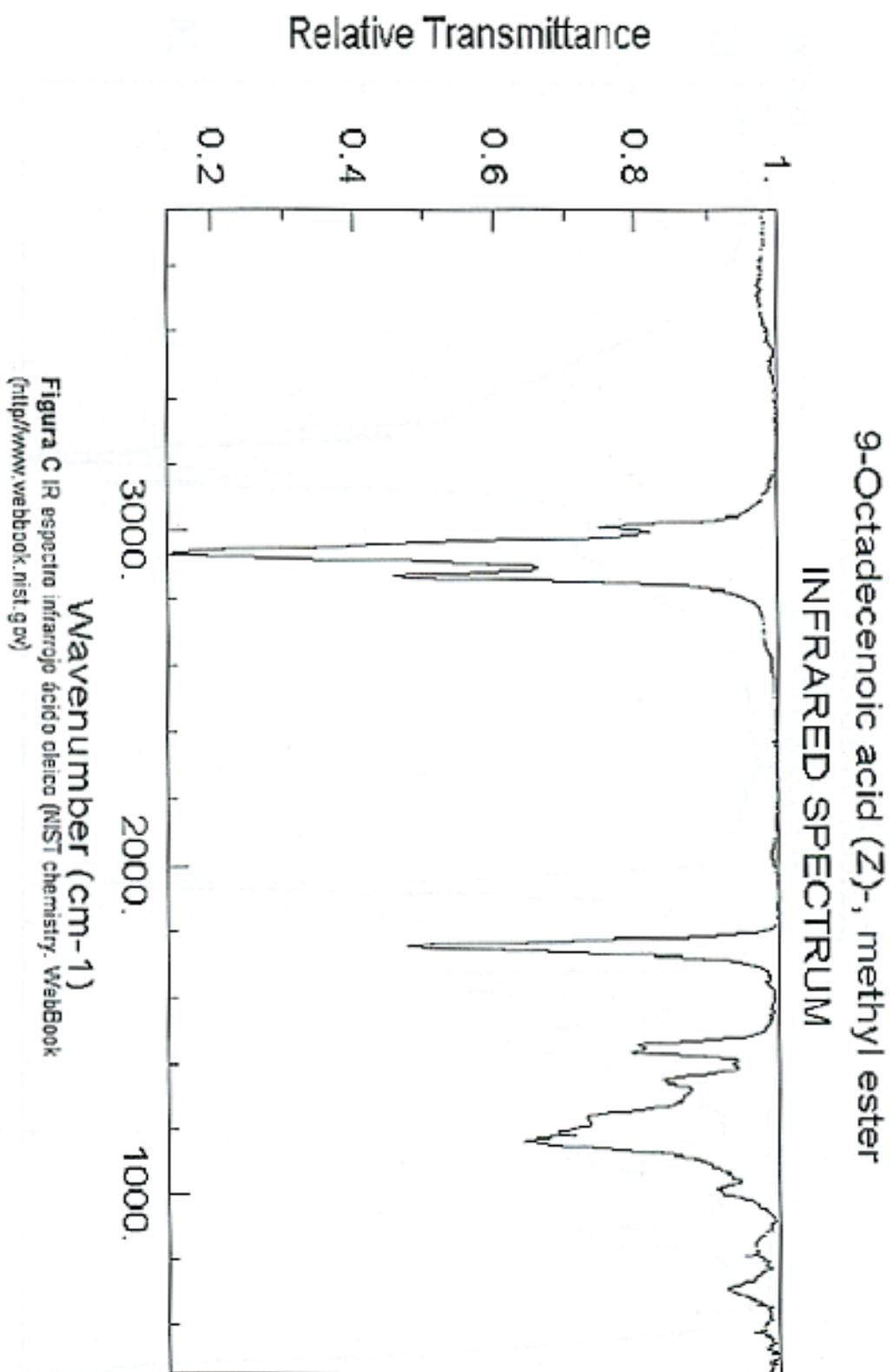


Figura 5. IR espectro infrarrojo. Estándar puro de Ácido oleico.



## CAPITULO 5

### **CONCLUSIONES**

El secado previo de la semilla al sol y un posterior secado en estufa, es vital para evitar el deterioro de la misma, por exceso de humedad.

Se debe realizar un análisis de granulometría, lo que determina la eficiencia de molienda, al conocer la homogeneidad del tamaño de partícula de la harina.

Con respecto al método de extracción a nivel laboratorio, el adecuado para esta semilla, es mediante extracción con solventes (hexano, principalmente) con un tiempo de contacto de 8 hrs, ello debido a la naturaleza de ácidos grasos de cadena larga, presentes en el aceite y de que a tiempos prolongados de contacto hay extracción de pigmentos y deterioro del aceite presente.

A nivel micro escala, las condiciones de extracción, son estableciendo relaciones soluto-solvente, de 1:40 y 1:20 durante 7 y 10 min respectivamente, obteniéndose rendimientos de un 35% aproximadamente.

En relación con la composición química del aceite de pipián, presenta una mezcla de ácidos grasos, de los cuales el ácido oleico esta presente en mayor porcentaje. ya que así lo indican los análisis de índice de acidez y el espectro infrarrojo efectuado.

Respecto a la evaluación del aceite de pipián, los jueces no presentan preferencia por el mismo, ya que el color influye directamente en su decisión, por lo tanto mostraron preferencia por la muestra del aceite de oliva.

## **CAPÍTULO 6**

### **SUGERENCIAS**

Se recomienda realizar lavados a la semilla, previos al secado. Ello a fin de eliminar partes componentes presentes en la pulpa y que permanecen en la semilla confiriéndole apariencia desagradable al aceite refinado.

Profundizar en el trabajo de decoloración y blanqueo del aceite de pipián.

Realizar estudios de extracción de aceite mediante prensado a presión.

Considerar las relaciones estipuladas a nivel micro escala a fin de confirmar la eficiencia de extracción a nivel planta piloto, obteniendo así rendimientos reales.

## **CAPÍTULO 7**

### **BIBLIOGRAFÍA**

Álvarez José, Portal Arrakis. 1997. Aceite de oliva y semillas, <http://www.arrakis.es/~j.alvarez/aceite.htm#Aceites%20de>. España.

Anzaldúa Morales. 1994. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial ACRIBIA.

A.O.A.C. 1980. METODOS OFICIALES DE ANALISIS. Association of Official Agriculture Chemists. Washington, D.C.U.S.A.

A.O.A.C. 1970. Association of Official Agricultural Chemistry. "Official methods of analysis of the". Washington, XI Edition.

Badui Dergal Salvador. 1996. Química de los alimentos. 3ª Edición. 4ª reimpresión. Editorial Alambrada Mexicana.

Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta®, 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Calvo Grajales A. 2003. Extracción y purificación de aceite a partir de semilla de calabacilla loca (*Cucúrbita foetidissima*) para su aplicación en la industria alimentaria.

Fennema Owen R. 1993. Química de los alimentos. 2ª Edición. Editorial ACRIBIA.

Franklin W. 1984. Seed oil *Cucúrbita argyrosperma*.  
<http://www.echotech.org/network/modules.php?name=News&file=article&sid=592>.

Hart -Fisher.1991. Análisis moderno de los alimentos. Editorial ACRIBIA.

Lira R. 1990. Estudios taxonómicos y eco-geográfico de las cucurbitáceas de Latinoamérica.

1<sup>er</sup> Reporte semestral (enero- agosto). CIRF, Roma.

Lira R. 1991. Estudios taxonómico y eco-geográfico de las cucurbitáceas de Latinoamérica. 2<sup>o</sup>

Reporte semestral (enero1990-agosto1991). CIRF, Roma.

Lira R. 1991. Estudios taxonómico y eco-geográfico de las cucurbitáceas de Latinoamérica. 3<sup>er</sup>

Reporte semestral (enero-agosto1991). CIRF, Roma.

Lira R. (Herbarium Nacional de México, de la Ciudad de México) y Montes Hernández

(CIFAP, SARH, Celaya, Guanajuato, México). 1991. La agricultura en

Mesoamérica.*Cucúrbita argyrosperma*. <http://www.fao.org/Regional/Lamerica/prior/>

[segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap2\\_3.htm#27](http://www.fao.org/Regional/Lamerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap2_3.htm#27).

Lawson Harry. 1999. Aceites y grasas alimentarias. Tecnología, utilización y nutrición. Ed.

ACRIBIA, S.A.

Meyer, Paltrinieri, Berlijn. 1990. Elaboración de productos agrícolas. Ed. SEP/ trillas.  
2da. Edición. México.

Moreno Martínez. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición.  
UNAM.

NIST (National Institute of Standards and Technology) Chemistry. WebBook.

“[http:// webbok.nist.gov/chemistry](http://webbok.nist.gov/chemistry).”

Potter Norman N - Hotchkiss Joseph H. 1995. Ciencia de los alimentos. Editorial  
ACRIBIA, S.A.

Reinhard Matissek – Frank M Schnepel. 1992. Análisis de alimentos. Fundamentos,  
métodos y aplicaciones. Editorial ACRIBIA.

Robinson David S. 1991. Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. Editorial  
ACRIBIA.

## APÉNDICE

### Cenizas

Método de calcinación en la mufla. Preincinerar en parrilla del Kjeldhal 2gr de muestra seca (6-7% humedad) contenida en un crisol de porcelana previamente sometido a peso constante. Colocar el crisol en la mufla por 2-3hrs. Transcurrido el tiempo, sacar el crisol, enfriar en desecador y pesar. Estimar cálculos en base a:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{w. del crisol con ceniza} - \text{w. Crisol solo}}{\text{gramos de muestra}}$$

### Proteína cruda

Método Kjeldhal. En un matraz Kjeldhal de 800 ml, depositar 1 gr de muestra. Adicionar 5 gr de catalizador (mezcla de selenio). Adicionar 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y 6 perlas de vidrio. Conectar al Kjeldhal (parte inferior destiladora). Digerir hasta color verde claro o azul cristalino y enfriar. En un matraz erlenmeyer colocar 50 ml de ácido bórico al 4% y agregar 5 gotas de indicador mixto, en esta solución se recupera el destilado. Conectar al Kjeldhal (parte destiladora). En el matraz Kjeldhal donde se tiene el digerido, agregar 300 ml de agua destilada, 5 granallas de zinc y 110 ml de hidróxido de sodio al 40%. Conectar inmediatamente y recuperar 250-300 ml del destilado. Titular con ácido sulfúrico 0.01015N.

Estimar cálculos en base al contenido de nitrógeno mediante la formula:

$$\left( \begin{array}{c} \text{ml H}_2\text{SO}_4 \\ \text{del tratamiento} \end{array} \right) \left( - \begin{array}{c} \text{ml H}_2\text{SO}_4 \\ \text{del blanco} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} 0.01015 \\ 0.014 \end{array} \right)$$

$$\%N = \frac{\text{gramos de muestra}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

El porcentaje de proteína cruda se calcula multiplicando el porcentaje de nitrógeno por el factor de 6.25

### **Extracto etéreo**

Método Soxhlet. Se pesaron en un papel filtro 5 gr de muestra seca y molida. Doblar muy bien el papel y pasarlo a un cartucho de celulosa, colocar este dentro del sifón soxhlet. Enfriar y pesar un matraz bola previamente sometido a peso constante, adicionarle 150-200 ml de hexano. Colocar el sifón en conjunto con el matraz al refrigerante, la extracción se realiza por 16 hrs a temperatura de 60°C. Posteriormente se recupera el hexano. Enseguida el matraz con grasa se introduce en la estufa a temperatura de 105°C por 12 hrs, hasta obtener el peso constante. El porcentaje de grasa es calculado, mediante la fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{w. matraz con muestra} - \text{w. matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

### **Fibra cruda**

La determinación de fibra consiste en dos fases: Primera fase, digestión alcalina, se colocan 2 gr de muestra desgrasada en un vaso Berzelius y 100 ml de ácido sulfúrico 0.255N, se somete a ebullición por 30 minutos y después hacen lavados con agua destilada caliente.

En la segunda fase, se agregan 100 ml de NaOH 0.313N en el mismo vaso, se calienta a ebullición durante 30 minutos y se hacen lavados con agua destilada caliente. La fibra obtenida es colocada en un crisol de porcelana y se introduce en la estufa a temperatura de 150°C por 24 hrs. Transcurrido este tiempo se pesa el crisol y finalmente la muestra es calcinada en la mufla a 600°C por 5 hrs. El porcentaje de fibra se calcula mediante la fórmula:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{w. crisol con muestra seca} - \text{w. crisol con cenizas}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

## Densidad

**En balanza analítica se pesa una probeta de 10ml, se adiciona el aceite, posteriormente se pesa la probeta con aceite. Finalmente los la densidad se calcula mediante la formula:**

$$d = \frac{m}{v}$$

## Índice de acidez

En un matraz erlenmeyer se colocan 300ml de alcohol etílico, agregar 2 gotas de fenoftaleina y titular con NaOH .1 N. En un matraz erlenmeyer adicionar 150ml del alcohol neutralizado mas 10gr de aceite, agitar y calentar a ebullición. Titular con NaOH .1 N, adicionar 2 gotas de fenoftaleina.