

Nº 97  
ZEL



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE ACEITE  
DE LA SEMILLA DE LUFFA CYLINDRICA

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
QUÍMICO FARMACEUTICO BIÓLOGO  
p r e s e n t a  
ENRIQUE MARTINEZ MANRIQUE



México, D. F.

1992

**FALLA DE ORIGEN**



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

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

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

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

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	<b>58</b>
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION</b>	<b>68</b>
<b>CAPITULO 4</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>91</b>

## INTRODUCCION

Las grasas y aceites han tenido gran importancia desde la antigüedad, principalmente en el aspecto culinario, aunque no ha sido el único. En la mitología, se dice, la mantequilla fué asociada con virilidad y procreación. Cualidades medicinales fueron atribuidas por los antiguos griegos y romanos (11).

Con el transcurso del tiempo su presencia, en una gran variedad de productos ha aumentado, impartiendo una amplia gama de propiedades a los alimentos. En la actualidad, grasas y aceites son reconocidos por su valor nutritivo y sus propiedades funcionales y organolépticas.

La tecnología de grasas y de aceites, es por si misma un campo bastante amplio e interesante y aún cuando los fundamentos de su procesamiento han cambiado poco, existe una gran variedad de modificaciones que se han introducido y que son resultado de los estudios realizados en relación, precisamente a las bases en las cuales están apoyadas las diferentes operaciones unitarias del procesamiento de grasas y aceites. Además, la tecnología de grasas y aceites debe continuar desarrollandose, para proporcionar a la tecnología de alimentos más opciones para escoger, en el desarrollo de nuevos productos que no afecten la salud de los consumidores.

Los aceites y las grasas son parte importante de la dieta humana y más del 90% de la producción mundial, que se obtienen a partir de fuentes vegetales, animales y marinas, se usan como alimento o como ingrediente de otros productos alimenticios. La demanda mundial para aceites y grasas útiles en la dieta presenta un marcado aumento.

Por los conceptos antes expuestos, nos podemos dar cuenta de la importancia que tienen las grasas y aceites en la vida diaria, y la necesidad que existe de incrementar su producción, por lo tanto, es importante realizar estudios sobre este tema, ya sea en lo referente a nuevas aplicaciones y propiedades, mejoramiento de procesos empleados en su industrialización, y sobre todo, buscar nuevas fuentes de obtención de éstos productos, que sean económicamente más rentables, de mejor calidad o que puedan proporcionar más y/o mejores características a los productos con los que generalmente se consumen.

En el presente trabajo se lleva a cabo un estudio sobre una posible nueva fuente de aceite, que ha sido escasamente estudiado y en consecuencia es muy poco conocido, sobre todo en México, ya que por las investigaciones realizadas, nos pudimos dar cuenta de que es prácticamente desconocido.

Este aceite se obtiene de la semilla del estropajo. Esta semilla generalmente no se utiliza, ya que lo importante de esta planta a nivel comercial, es su fruto seco sin semilla, lo cual nos plantea una alternativa de uso, para un subproducto que

podría considerarse prácticamente de desperdicio. Además, existen otras consideraciones importantes de tomar en cuenta, como es el hecho de la apreciable cantidad de semilla obtenidas por fruto, la relativa facilidad con que se desarrolla la planta en ciertas regiones de nuestro país, ya que incluso puede crecer sin mayores problemas en el jardín de la casa y por último lo más importante, que es la gran cantidad de aceite que contiene dicha semilla pues se reporta 45.72% base seca [24].

El objetivo de este trabajo, es realizar la extracción del aceite contenido en la semilla del estropajo, para posteriormente poder caracterizarlo y determinar, si es posible, su calidad.

Para tal efecto se pretenden realizar las siguientes pruebas analíticas al aceite: Acidez, Índice de Peróxidos, Índice de Saponificación, Material Insaponificable, Acidos Grasos Totales, y Acidos Grasos en Posición Beta.

Se espera además, que este trabajo pueda contribuir en algo, a la adquisición de nuevos conocimientos sobre este tema tan importante y amplio como lo es el de las grasas y aceites.

## CAPITULO 1 ANTECEDENTES

### 1.1. LIPIDOS

Las grasas son los representantes más importantes de los lípidos, y uno de los tres principales constituyentes de los organismos vivos junto con las proteínas y los carbohidratos.

En las plantas es evidente su vital importancia por su presencia en todas las células, su concentración en órganos reproductores como granos de polen, semillas y su íntima asociación con otras sustancias conocidas en procesos vitales, tales como: vitaminas, esteroides y fosfolípidos.

Para el hombre las grasas vegetales son principalmente importantes en los alimentos. En ellas existe material alimenticio concentrado, tienen más del doble del valor energético de carbohidratos o proteínas. Además, aportan los ácidos grasos esenciales, sin los cuales, el organismo animal no puede sobrevivir.

Además de su valor nutritivo, tienen la virtud de hacer otros alimentos más apetecibles, pues influyen para modificar el sabor, la palatabilidad y la sensación de saciedad después de comer.

Muchas de las grasas consumidas por el hombre son ingeridas directamente de las plantas o animales, sin haberlas separado de los otros constituyentes del alimento. Sin embargo, la parte más importante de la tecnología de grasas, y parte importante en la tecnología de alimentos consiste en el aislamiento de grasas, refinación y procesos necesarios para hacer que éstas sean agradables en diferentes requerimientos culinarios (12).

#### 1.1.1. DEFINICION Y CLASIFICACION DE LIPIDOS.

##### A. DEFINICION.

El término lípido es utilizado para describir un gran número de sustancias solubles en disolventes orgánicos, éter, cloroformo y otros disolventes no polares, pero insolubles en agua.

Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura heterogénea muy abundantes en la naturaleza, del que las grasas y los aceites son los representantes más abundantes. Están formados por carbono, oxígeno e hidrógeno y en ciertos casos también pueden contener fósforo y nitrógeno.

Actualmente se utiliza el término grasa para referirse a los triglicéridos sin importar su estado físico a temperatura ambiente, es decir, pueden ser líquidos, sólidos o semisólidos.



Los aceites son la forma líquida de las grasas, y son normalmente de origen vegetal (S,36).

## B. CLASIFICACION.

La clasificación de los lípidos propuesta por Bloor permite distinguir varios grupos.

1. Lípidos sencillos o neutros. Ésteres de ácidos grasos con alcoholes.

a. Grasas: ésteres de ácidos grasos con glicerol

b. Ceras: ésteres de ácidos grasos con otros alcoholes.

2. Lípidos compuestos. Substancias que, además del grupo éster de la unión del ácido graso y el alcohol, poseen otras funciones químicas.

a. Fosfolípidos(fosfátidos): ésteres que contienen ácidos grasos, ácido fosfórico y otros grupos generalmente nitrogenados.

b. Cerebrósidos(glicolípidos): compuestos que contienen ácidos grasos, nitrógeno y una parte formada por un hidrato de carbono, pero que carecen de ácido fosfórico.

c. Otros lípidos compuestos: esfingolípidos y sulfolípidos.

3. Compuestos derivados de los lípidos sencillos o de los compuestos, sin embargo, mantienen las propiedades generales del grupo.

a. Ácidos grasos

b. Alcoholes, normalmente de cadena larga y esteroides.

c. Hidrocarburos.

Generalmente se clasifican en un sólo grupo las grasas y aceites, aunque según sus características es posible establecer cinco subgrupos bien diferenciados: el de las grasas lácteas, el de las láuricas, aquel que se distingue por su elevado contenido de ácido oleico y linoleico, el de grasas ricas en ácido linoleico, y por último, el de las grasas de origen animal procedentes de tejidos adiposos (14).

### 1.1.2 QUIMICA DE LAS GRASAS.

Químicamente las grasas pertenecen a la clase de compuestos orgánicos conocidos como ésteres, que se forman por la reacción de un alcohol con ácidos orgánicos. El alcohol que participa en la formación de cada molécula de grasa es el glicerol y los ácidos son ácidos grasos.

Las grasas y aceites comerciales son mezclas de triglicéridos que contienen ordinariamente pequeñas cantidades de otros materiales lipídicos, tales como fosfátidos, ésteres de esteroides, ácidos grasos libres y ceras, junto con pigmentos liposolubles tales como carotenoides que también pueden existir en forma esterificada.

Los ácidos grasos específicos encontrados en las moléculas de una grasa influyen en sus propiedades químicas, físicas y funcionales. La mayoría de los ácidos grasos contienen un número par de átomos de carbono, de 4 a 24. Algunos son saturados y otros insaturados. Los ácidos grasos insaturados tienen dobles enlaces, existen

normalmente en la forma cis y no son lineales, pues el doble enlace rompe la linealidad de la molécula. Mientras que los ácidos grasos saturados tienen una forma lineal pues no presentan dobles enlaces.

Si los tres ácidos grasos unidos al glicerol son iguales, se origina un triglicérido simple, si dos son iguales o los tres son diferentes, la molécula de grasa es un triglicérido mixto.

La estructura del ácido graso de los triglicéridos influye en la forma cristalina de una grasa. Entre más heterogéneos sean los ácidos grasos más probable será la formación de cristales finos (beta prima) y entre más homogéneos sean, tienden a formar cristales gruesos (beta gruesa).

El punto de fusión de una grasa está condicionado por el punto de fusión de los ácidos grasos que la componen. Entre más larga es la cadena de carbono de los ácidos grasos que forman el triglicérido, más alto es el punto de fusión. Con un aumento en el número de dobles enlaces disminuye el punto de fusión, y por último, la forma trans de un ácido graso tiene un mayor punto de fusión que la forma cis. Por eso ésteres del glicerol con ácidos grasos de cadena larga o muy saturados, dan grasas más sólidas que las formadas con ácidos grasos de cadena corta o muy insaturados, que son esencialmente aceites líquidos a temperatura ambiente.

Las características antes mencionadas influyen en las propiedades funcionales de las grasas y estas influyen directamente en la preparación de los alimentos (8,16).

**ACIDOS GRASOS SATURADOS MAS FRECUENTES  
EN LAS GRASAS ALIMENTICIAS  
Tabla No.1(\*)**

Número de átomos de carbono	Nombre común	Nombre sistemático	Punto de Fusión °C	Punto de Ebullición °C
4	Butírico	Butanoico	-5.3	164
5	Valerianoico	Pentanoico	-34.5	186
6	Caproico	Hexanoico	-3.2	208
7	Enántico	Heptanoico	-7.5	223
8	Caprílico	Octanoico	16.5	240
9	Pelargónico	Nonanoico	12.5	256
10	Cáprico	Decanoico	31.6	271
12	Láurico	Dodecanoico	44.8	130
14	Mirístico	Tetradecanoico	54.4	149
16	Palmitico	Hexadecanoico	62.9	167
17	Margarico	Heptadecanoico	61.8	175
18	Estearico	Octadecanoico	70.1	184
20	Araquídico	Eicosanoico	76.1	204
22	Bahénico	Docosanoico	80.0	
24	Lignocérico	Tetracosanoico	84.2	

(\*) FENNELA, O. R. Introducción a la Ciencia de los Alimentos.  
Ed. Revetó, S.A. España, 1985.

ACIDOS GRASOS INSATURADOS FRECUENTES  
EN LAS GRASAS ALIMENTICIAS  
Tabla No. 2(\*)

Número de átomos de carbono	Nombre común	Nombre sistemático	Punto de Fusión °C	Punto de Ebullición °C
14	Miristoleico	9-Tetradecenoico		
16	Palmitoleico	9-Hexadecenoico	0	
18	Oleico	9-Octadecenoico	16.3	153
18	Vaccénico	11-Octadecenoico	39.5	
18	Linoleico	9,12-Octadecadienoico	-5	202
18	Linolenico	9,12,15-Octadecatrienoico	-11	157
20	Gadoleico	9-Eicosenoico	23.5	
20	Araquidónico	5,8,11,14-Eicosatetraenoico	-49.5	

FENNELMA, O. R. Introducción a la Ciencia de los Alimentos.  
Ed. Reverté, S. A. España, 1985.

### 1.1.3. METODOS DE EXTRACCION DE ACEITE.

La diversidad de características de los distintos productos grasos da lugar a distintos procedimientos de extracción, sin embargo, todos estos procedimientos tienden a los mismos fines que son: primero, obtener el aceite sin alteraciones y desprovisto de impurezas; segundo, máximo rendimiento de acuerdo con la economía del proceso; y tercero, conseguir un residuo o torta de máxima calidad.

La extracción de los aceites vegetales presenta mayores dificultades, ya que las plantas, y sobre todo, las semillas de oleaginosas poseen un contenido elevado de proteínas, por lo cual tienen gran aceptación como pienso para el ganado. Más limitada es su aplicación como materia prima para la obtención de alimento humano y como materia prima para la obtención de proteínas industriales.

Los métodos mas comunes, usados en la extracción de aceite de una semilla son los siguientes:

- A. Extracción por Presión
- B. Extracción por Solventes
- C. Extracción Enzimática

Existen operaciones generales necesarias para realizar una mejor extracción sin importar el método que se utilice.

Antes de la extracción del aceite, las semillas deben descascarillarse si es posible. La cascarilla no suele tener

aceite, corrientemente no más del 1%. Si las cascarillas no se separan de la semilla, antes de la extracción, el rendimiento en aceite disminuye por absorción en la torta.

La transformación de las semillas oleaginosas en partículas mas pequeñas, facilita la extracción del aceite, pues se ha demostrado que la velocidad de extracción del aceite es inversamente proporcional al cuadrado del tamaño de las partículas. Sin embargo, se deben tener en cuenta en la práctica otros factores, tales como la resistencia mecánica de las partículas y la que opone la masa de ellas al paso del disolvente. Por lo cual, no es posible triturar las semillas hasta el grosor mínimo, dado que tienden a convertirse en polvo durante el proceso de extracción, dificultando el drenaje del solvente en la masa.

Está comprobado que el calentamiento previo de una semilla favorece el proceso de extracción. La teoría que regula este fenómeno es la siguiente:

1) Las gotitas de aceite de dimensiones ultramicroscópicas que están repartidas en la masa de la semilla, por efecto de la elevación de la temperatura se unen entre ellas para originar gotitas mas grandes, que salen mas facilmente de la masa de semilla.

2) El aceite está contenido en la semilla en estado de emulsión con las proteínas siempre presentes en una semilla oleaginosa. El calentamiento origina la desnaturalización de las proteínas, con



la consiguiente rotura de la emulsión y, por tanto, la separación del aceite de la masa de la semilla.

Además del efecto que ejerce el calentamiento sobre el rendimiento en aceite, éste determina también en grado considerable la calidad del mismo y de la torta. Por tanto, el calentamiento de la semilla se debe realizar con cuidado para evitar que se produzcan alteraciones fisicoquímicas u organolépticas en los aceites.

La humedad de las semillas, es un factor que afecta, desde luego, a la afinidad entre el aceite y el resto de éstas. Si las semillas tienen bajo contenido de humedad (1 a 2%), cede el aceite con mayor dificultad que cuando tienen una humedad mayor, por ejemplo 10%. Esto se debe a la formación de una película de agua que, envolviendo las partes superficiales de las partículas que componen la semilla, ayuda al proceso de difusión del aceite de la masa hacia el exterior; además de facilitar la rotura de una parte de las células.

Si de una semilla se elimina completamente el agua, se verifica un fenómeno de impermeabilización de la película que retiene el aceite, haciendo muy difícil la extracción (6,7).

#### A. Extracción de Aceite por Presión (6,7).

Existen variaciones de este método que se diferencian básicamente uno de otro, por el tipo de prensado que se utiliza

para realizar la extracción. Existen, a) el prensado discontinuo, que se lleva acabo con prensas hidráulicas; b) el prensado a baja presión, pero el más común es, c) el prensado continuo que se realiza mediante prensas llamadas "expellers".

La extracción del aceite se realiza sometiendo la semilla a fuertes presiones, ésta presión se regula dependiendo del fin que se persiga, es decir, si se quiere extraer la máxima cantidad posible de aceite en este proceso o si la "torta" resultante será tratado posteriormente para recuperar el aceite residual.

En este proceso existen varios inconvenientes, uno de ellos es el gran gasto de energía que se produce. Además, durante la extracción se aumenta fuertemente la temperatura, que puede superar los 180°C. Este aumento es negativo para la calidad del aceite, por lo que es un factor limitante en las posibilidades de estos equipos.

De este tipo de procesos se obtiene: aceite por presión "tortas" grasas y fangos de filtración.

El aceite de presión será sometido a sucesivos tratamientos, de acuerdo con el uso al que va a ser destinado. Los fangos de filtración se retornarán al ciclo de presión, mientras que las "tortas" se utilizan como materia prima para piensos compuestos cuando son de bajo contenido graso o bien pasan al proceso de extracción por solventes para recuperar el aceite que contienen.

## B. Extracción de Aceite por Solventes (6,7).

Además de que la extracción con disolventes constituye el método más eficaz de obtención de aceite, de cualquier producto oleaginoso, es probablemente el que presenta mayores ventajas en la manipulación de semillas con bajo contenido de aceite.

Durante el tiempo de contacto del solvente con las semillas, tienen lugar de forma simultánea dos procesos de extracción.

-Extracción por solución, aceite obtenido de las células rotas durante los procesos de trituración, cocción, presión, que es la mayor cantidad extraída y de efecto rápido.

-Extracción por difusión, que es la fracción más difícil de extraer que proviene de las células enteras ó rotas parcialmente y es lento.

### B.1. Factores que influyen en la extracción:

*Tiempo de extracción.* La mayor parte del aceite se extrae en los primeros treinta minutos de la extracción y para poder dejar la harina con un aceite residual inferior al 1% se requiere un tiempo muy largo.

*Cantidad de solvente.* En general al aumentar la cantidad de solvente aumenta el rendimiento de la extracción hasta llegar a una relación límite, a partir de la cual aumenta muy poco. Este comportamiento está en función del tipo de semilla a la que se le realice la extracción.

*Temperatura del solvente.* El aumento de la temperatura del solvente favorece la extracción del aceite, aunque si sobrepasa los 50°C se produce disminución en el poder extractivo del solvente en algunos tipos de semillas.

*Tipos de solventes.* Los solventes más aptos para la extracción son el Hexano y el Benceno, aunque puede usarse Tricloro etileno cuando es absolutamente necesario utilizar productos no inflamables y la calidad del aceite, no es de primordial importancia.

B.2. La extracción del aceite por solvente se puede realizar de tres maneras:

#### *PERCOLACION.*

Se lleva a cabo mediante una lluvia del solvente de manera tal que llegue a toda la masa, pero sin llenar todos los espacios vacíos existentes entre las semillas molidas, es decir, cuando el solvente envuelve a todas las partículas en continuo recambio.

En este procedimiento, la velocidad del solvente en contacto con la superficie de semilla es grande, ya que escurre por efecto de la fuerza de la gravedad. Las partículas de la semilla deben tener un tamaño que permita un fácil drenaje del solvente a través de la masa.

Requiere de varios reciclados del solvente, con el fin de poner en contacto la semilla pobre en aceite con el solvente de menor contenido en dicho producto. Se comprende que este proceso

extrae el aceite de la semilla que se encuentra en estado libre (extracción por solución). Por eso, éste proceso es adecuado para tratar semillas que han sido bien preparadas, con bajos porcentajes de partículas finas.

#### *SUPERFICION*

Se realiza cuando la masa de semilla va inmersa completamente en el solvente, incluso si está en movimiento. La velocidad de recambio del solvente sobre la superficie de las partículas es necesariamente lenta, incluso si circula rápidamente. Este proceso se realiza fácilmente aunque la semilla esté reducida a partículas de tamaño pequeño. Puede realizar una extracción continua con un perfecto lavado en contracorriente sin necesidad de recirculación.

Este hecho, que podría considerarse como una ventaja del proceso, está compensado, ya que mientras que en el proceso de percolación se obtiene una concentración de aceite en la micela de lavado de hasta 35% en este proceso difícilmente llega al 5%.

#### *MIXTO PERCOLACION SUPERFICION*

En este proceso se llevan a cabo la percolación e inmersión, éstos conceden al proceso sus ventajas y ofrecen en conjunto alta concentración de aceite en la miscela de lavado, obteniendo baja concentración de aceite residual en las harinas. Este proceso da la oportunidad de trabajar con semillas de alto contenido en grasa y pequeño tamaño de partícula. Un ejemplo de este proceso es el

efectuado en el aparato Soxhlet que se utiliza para la determinación analítica del contenido en aceite de una sustancia grasa.

### B.3. Extracción Acuosa.(20)

Dentro del método de extracción por solventes, es importante mencionar un proceso en el que se utiliza el agua como solvente. Este es de importancia porque se obtienen a la vez aceite y concentrados o aislados proteicos.

El proceso consta de los siguientes pasos; molienda, mezclado, extracción con agua-aditivos, separación líquido-sólido y líquido-líquido, y secado.

El punto clave en este proceso se encuentra en la molienda, ya que insuficiente molienda provoca bajos rendimientos de aceite y una excesiva molienda ocasiona formación de emulsiones "tipo mayonesa" muy difíciles de romper.

El agua usada para la extracción del aceite puede ser; ácida, básica y/o contener algún aditivo, dependiendo de las sustancias indeseables que se quieran separar del aceite y el tipo de producto proteico final deseado (concentrado o aislado). Por ejemplo, un pH básico se usa para obtener un aislado proteico, además, si se le agrega peróxido de hidrógeno o hipoclorito de sodio durante la extracción, se pueden eliminar sustancias tóxicas como aflatoxinas.

La separación sólido-líquido se realiza por presión, centrifugación o mallas vibradoras. El sólido obtenido (concentrado

o aislado proteico) sólo necesita secarse para obtener productos comestibles (estas investigaciones se han hecho con semillas de algodón, cacahuate, girasol y soya).

Este proceso tiene ventajas: no es flamable ni explosivo el solvente, no produce vapores tóxicos, se pueden remover factores antinutricionales, etc. Pero también ofrece desventajas como: fracción del suero fácilmente contaminada por bacterias, normalmente debe desemulsificarse la fracción de aceite, y además, altos contenidos de aceite residual en los concentrados y aislados proteicos.

#### C. Extracción Enzimática. (9)

Este método se basa en realizar la extracción del aceite por medio de una hidrólisis parcial de los compuestos unidos al aceite (almidón, proteínas, celulosa, hemicelulosa, pectinas) presentes dentro de las células vegetales, utilizando diferentes enzimas, como proteasa, celulasa, poligalacturonasa, etc. ya sea en forma individual o combinadas.

La semilla se mezcla con agua y se pone en contacto con la(s) enzimas apropiadas a cierta temperatura considerada como ideal. La separación del aceite se realiza por centrifugación.

Este método no es utilizado a nivel industrial, pero se realizan investigaciones al respecto, pues se han obtenido buenos resultados a nivel de planta piloto.

#### 1.1.4. REFINACION DE ACEITE

Las grasas y aceites crudos obtenidos por cualquier método de extracción, contienen cantidades variables de impurezas no glicéricas. Dichas impurezas pueden ser ácidos grasos libres, fosfolípidos, fitoesteroles, resinas, xantófilas, clorofilas, etc. Aunque no todas las impurezas presentes son indeseables (esteroles, tocoferoles), la mayoría son perjudiciales, ya que tienden a intensificar el color del aceite, producir espumas o humos, y a precipitar cuando el aceite se calienta.

El objeto de la refinación es eliminar las impurezas perjudiciales del aceite con la mínima alteración, tanto de los glicéridos, como de las impurezas benéficas, así como con la mínima pérdida de aceite.

En la refinación se llevan a cabo diferentes tratamientos al aceite crudo como neutralización, desgomado (generalmente incluido en la neutralización), decoloración, desodorización y winterización (6).

#### **DESGOMADO (7)**

Casi todos los aceites obtenidos de semillas, contienen impurezas en estado coloidal o en solución, como proteínas, carbohidratos y fosfátidos. Es necesario eliminar estas impurezas pues en cantidades pequeñas hacen inestable al aceite refinado, además de provocar mayores pérdidas en la fase de neutralización. Industrialmente a esta operación se le llama "desgomado"



Este proceso consiste en provocar la precipitación de las impurezas antes mencionadas utilizando ácidos minerales (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico) o agua, y calentando. Generalmente la temperatura depende de la sustancia que se utiliza para realizar la precipitación.

La separación se realiza por centrifugación o decantación.

El uso de agua a nivel industrial es importante, ya que se obtiene lecitina, que es un agente emulsionante de gran importancia comercial, aunque para realizar una buena operación de desgomado es mejor combinarla con ácidos orgánicos o minerales.

El desgomado en general se realiza inmediatamente antes de la neutralización, aunque actualmente se realiza durante la neutralización, en un proceso continuo.

#### *NEUTRALIZACIÓN (7)*

Los aceites y grasas contienen siempre, en porcentajes más o menos elevados, ácidos grasos en estado libre.

Este porcentaje representa el grado de acidez de un aceite.

La formación de estos ácidos se debe en general a fenómenos de fermentación o lipólisis, causados por ciertas enzimas, que en determinadas condiciones de temperatura, desdoblan los gliceridos en glicerina y ácidos grasos, descomponiéndose, la glicerina y los ácidos grasos libres quedan en solución en el aceite aumentando su acidez.

El objetivo de la neutralización es eliminar esta acidez.

Existen varios tipos de neutralización:

-Neutralización Química. Se efectúa generalmente saponificando los ácidos grasos libres con una solución de hidróxido sódico 20Bé, raramente con hidróxido potásico o carbonato sódico, y separando por medios físicos (decantación, centrifugación) los jabones insolubles precipitados en los aceites y que tienen un peso específico superior al del líquido en que se encuentra en suspensión.

Es necesario que el aceite neutro producido se lave convenientemente para obtener aceites libres de jabones, ya que éstos son siempre parcialmente solubles en el aceite neutro.

Si la neutralización se realiza sin el desgomado previo del aceite, la cantidad de solución de sosa necesaria para neutralizar toda la acidez orgánica, debe ser mayor a la calculada estequiométricamente en 5-7% aproximadamente.

-Neutralización Física. Es un proceso combinado de neutralización por destilación y desodorización. Esta nueva técnica se ha difundido mucho en los últimos años por las ventajas económicas que presenta, aunque tiene ciertas limitaciones, que se pueden resumir en que:

- \*el aceite debe estar bien desgomado y decolorado
- \*la acidez del aceite no debe ser excesivamente alta

-Neutralización por Solventes. Se lleva a cabo cuando los aceites tienen alta acidez, ya que las pérdidas por neutralización con álcali incluyen importantes cantidades de aceite neutro, que son

aceptables cuando se trata de aceites de baja acidez, pero son intolerables cuando la acidez es alta.

En este proceso se utilizan álcalis, que efectúan la neutralización no directamente sobre el aceite sino sobre una solución constituida por aceite disuelto en uno o más solventes de origen petrolífero (hexano) y un alcohol.

-Neutralización por Esterificación. Este proceso se basa en la reconstitución química del glicérido, a expensas de los ácidos grasos libres, mediante adición de glicerina. Teóricamente no se producen pérdidas en este tipo de neutralización, pero es necesario trabajar en las mejores condiciones físico-químicas a fin de evitar la presencia de mono y diglicéridos en los aceites esterificados, que son la causa de muchos inconvenientes en diferentes procesos (lavado, decoloración).

Este proceso se lleva a cabo en aceites de alta acidez principalmente.

#### **DESCOLORACION (5,7)**

Este proceso consiste en la eliminación de las sustancias colorantes contenidas en los aceites neutros, los principales son; Xantofilas, Carotenoides y Clorofilas.

El procedimiento más usado es hacer adsorber las sustancias colorantes por tierras especiales, carbon activo, o ambos.

Los aceites y grasas antes de someterse al proceso de decoloración deben estar libres de humedad, pues basta una pequeñísima cantidad

de agua presente, para reducir sensiblemente la acción decolorante de las tierras y carbones.

La temperatura tiene una notable influencia en la decoloración, generalmente al elevarla también se aumenta la eficiencia, aunque es necesario precisar que no todos los aceites se comportan igual, cada uno tiene su óptimo de temperatura.

Además se ha observado que si se mantiene constante el tiempo de contacto aceite-tierra, es más eficaz que una decoloración discontinua.

Para que ejerzan una acción óptica los productos decolorantes es necesario bajar la presión absoluta a valores próximos a los 50-70mmHg.

Generalmente se utilizan mezclas de tierras decolorantes y carbones activos a razón de 5-10% de carbón y 90-95% de tierras.

El carbón es muy efectivo para separar el color rojo de aceites y grasas.

El uso del carbón activo se limita para los casos en que hay dificultad en la decoloración, pues es el blanqueador más efectivo, pero tiene el inconveniente de que es muy costoso y además retiene mucho aceite.

Se ha observado que la presencia de lípidos oxidados reduce la efectividad del blanqueado, y que la eliminación de los pigmentos se efectúa más fácilmente con grasas no oxidadas.

#### DESODORIZACION (7)

La finalidad de este proceso es eliminar las sustancias que proporcionan olores y sabores desagradables a grasas y aceites; estas sustancias pueden ser: Hidratos de carbono no saturados, ácidos grasos de bajo peso molecular, aldehidos y cetonas. Aunque estas sustancias se encuentran en cantidades bastante pequeñas, son suficiente para originar productos no comestibles.

El proceso se basa en la eliminación de las sustancias odoríferas por destilación inyectando vapor inerte a contracorriente, Se debe tener cuidado con la temperatura ya que al elevarla se favorece el proceso, pero un gran incremento provoca la destilación de glicéridos, polimerización o hidrólisis parcial de glicéridos, sin embargo, si se mantiene baja, la temperatura de desodorización protege al aceite de oxidaciones atmosféricas y se evita su hidrólisis por el vapor.

#### WATERWASHING (5.7)

Este proceso tiene por objeto separar aquellos glicéridos de más alto punto de fusión que originan enturbiamiento y aumento de viscosidad en los aceites al bajar la temperatura, y consiste en precipitar en forma de cristales, en determinadas condiciones de temperatura-tiempo, los glicéridos saturados causantes del enturbiamiento. Los cristales formados se separan por filtración a baja temperatura. Debido a que normalmente estos cristales contienen gran cantidad de ácido esteárico, a los glicéridos

separados en la Winterización se les conoce como esterinas.

La importancia de este proceso se ha incrementado en los últimos años, debido al aumento en el uso de aceites líquidos en la elaboración de alimentos, principalmente para ensaladas y usos de cocina, que generalmente se refrigeran.

## 1.2. ESTROPAJO

### 1.2.1. GENERO LUFFA

La planta del Estropajo pertenece al genero denominado *Luffa*. Este género comprende siete especies, cuatro de éstas pertenecen al trópico del "viejo mundo" y tres especies son del "nuevo mundo". Las cuatro originarias del "viejo mundo" son:

*Luffa echinata*; descubierta en Asia y Africa. Es la más diferente a todas las demás y es la menos estudiada. Las diferencias morfológicas entre las de Asia y Africa son desconocidas así como su fertilidad. Cogniaux y Harms dicen que sus pétalos son blancos pero algunas flores africanas tienen pétalos amarillos o blancos-amarillos. Keraudren reporta sólo blancos. No se sabe si ambos colores se producen en Africa o si el color amarillo resulta del envejecimiento de la planta.

*Luffa acutangula*; son reconocidas tres variedades:

- *acutangula*; su fruto es largo , su cultivo se originó probablemente en la India.
- *anara*(Roxb.); una especie silvestre exclusiva de la India, con pequeños y muy malos frutos.
- *forshalii*(Harms); sobre la base de la composición química de flavonoides, ésta es posiblemente semejante a la variedad anterior.

*Luffa aegyptiaca*(Miller); comprende una variedad domestica llamada *aegyptiaca* y una silvestre, *leiocarpa*, se localiza en Burma y las

Filipinas, al noreste de Australia y Tahití. Las diferencias principales de la variedad doméstica de la silvestre es su surco más profundo, fruto largo y menos amargo, alcanza una longitud de 50cm. El lugar de origen de la variedad doméstica es desconocido, pero sobre la base de la distribución de la silvestre, éste puede ser la India. El nombre usado para esta especie es controversial; *L. cylíndrica*(Roem) es ampliamente usado y Jeffrey sostiene que éste es el adecuado. Schubert, se inclina por *L. aegyptíaca* y éste nombre ha sido adoptado por el Departamento de Agricultura de los E.U.

*Luffa graveolens*(Roxb.); se encuentra en la India y noreste de Australia, Cogniaux y Harnas la reportan también en Samoa, basados en una especie colectada por Whitmee. Aunque los autores no pudieron encontrarla. Parham, sin embargo, no la incluyó en su flora de las islas pero reporta *L. aegyptíaca* variedad *leiocarpa*. Como el caso de *L. echinata*, la *L. graveolens* está siendo objeto de estudios detallados.

Las especies denominadas como del "nuevo mundo" son:

*Luffa quinquefida*; previamente se incluía en *L. operculata*, esta realmente separada morfológicamente de las otras especies del "nuevo mundo" y esta geográficamente aislada de las demás, existe desde el oeste de México a Nicaragua.

*Luffa operculata*; es la más ampliamente distribuida de las especies de América, se encuentra desde Panamá a Perú y Brasil. Aunque realmente se distingue de *L. astorii* físicamente, es algunas veces difícil de separar las dos especies



*Luffa astorii*; usualmente incluida en *L. operculata*, es reportada de Venezuela, oeste de Ecuador incluye las Islas Galapagos y noreste de Perú.

La comprensión de la forma de distribución de *Luffa* es limitada a algunas observaciones en el campo. Sin embargo teniendo conocimiento de su morfología algunas reflexiones se pueden hacer.

Todas las especies de *Luffa* son plantas trepadoras y los frutos se dan a cierta distancia del suelo. Cuando madura el fruto, las semillas pueden ser sacadas del fruto por el viento, pero la red fibrosa probablemente impide un poco la salida de la semilla, esto asegura que las semillas sean gradualmente dispersadas.

La longitud y peso de la semilla sugieren que son ordinariamente llevadas a corta distancia de la planta madre. Se cree que el viento juega un papel importante en su dispersión. El agua sin embargo, podría estar influyendo pero a menores distancias.

A veces el fruto puede también servir como un medio de dispersión. Los frutos son normalmente de hoja caduca, pero a la muerte de la planta sobre la cual ellos estan, algunos frutos caen al suelo y pueden tener semilla. Se ha observado en *L. quinquefida* en México que se desarrollan plantas solas y producen fruto.

Guppy al observar que frutos de *L. aegyptiaca* flotan en arroyos, realizó estudios sobre esto y concluyó que corrientes de agua pueden ayudar en la dispersión de las semillas de esta especie.

Investigaciones posteriores demostraron que es posible que algunos frutos después de flotar por tiempos prolongados en aguas saladas, tienen semillas viables, capaces de germinar.

Existen algunas disyuntivas sobre la distribución de *Luffa*. La presencia de variedades silvestres en Yemen e India podía ser resultado de actividades humanas como lo fué la presencia de dos especies domésticas alrededor del mundo.

La presencia de *L. echinata* en India y Africa, *L. graveolens* en India y Australia y un grupo de especies en América, no tiene una explicación sencilla. Podría ser que el género *Luffa* se originara en Gondvana y las especies se distribuyeron antes de la separación de los continentes del sur y la India o podía ser que se distribuyeron recorriendo grandes distancias sobre el mar después de que los continentes tomaron sus posiciones actuales. Una combinación de estos dos hechos es posible. Un postulado fuerte es que la dispersión ocurrió en un tiempo muy temprano cuando las especies tuvieron diferentes áreas o cuando los continentes estaban juntos.

*L. acutangula* y *L. aegyptiaca*, tienen variedades domésticas y son ampliamente cultivadas, especialmente la segunda. Los frutos jóvenes de ambas variedades domésticas son usadas para alimento, particularmente en Asia.

*L. acutangula*, *L. aegyptiaca* y *L. echinata* son usados como medicina en diferentes partes de Africa y Asia, principalmente como laxante, purgante, diurético y para el tratamiento de enfermedades

de la piel. En sudamérica se usa *L. operculata* principalmente para tratamiento de sinusitis (19).

Los datos citológicos indican que la evolución en *Luffa* no tiene que ver con cambios en el número o estructura de los cromosomas.

La similitud en contenido de cromatina de las especies del "viejo mundo" y la habilidad de éstas para formar híbridos logrando todas las combinaciones entre sí, sugiere un alto nivel de semejanza cromosomal entre las especies. Por extensión, el alto nivel de cruzamiento entre las especies del "nuevo mundo", y de éstas con las del "viejo mundo" sugiere un alto nivel de semejanza cromosomal entre todas las especies de *Luffa*.

Análisis bioquímico, morfológico y de hábitos de reproducción realizados en especies de *Luffa* sugieren dos líneas mayores de evolución en el género:

Una representada por las formas silvestres y domésticas de *L. cylíndrica* y *L. acutangula*, la otra formada por las demás especies del género. En la segunda línea *L. echinata* se encuentra un tanto aparte y *L. graveolens* presenta afinidades muy estrechas con las especies del "nuevo mundo".

Estudios citológicos y de hibridación confirman la estrecha relación de *L. cylíndrica* y *L. acutangula* y basados en la frecuencia de formación bivalente la posición relativamente remota de *L. echinata* (10).

### 1.2.2. LUFFA CYLINDRICA

*L. cylindrica* (Roem) es el nombre científico del estropajo, también llamado *L. aegyptiaca* (Miller). Su nombre común difiere mucho dependiendo del país e incluso de la región en un mismo país, por ejemplo en E.U. se le conoce como calabaza esponja, esponja lava platos o esponja toalla; en México se le conoce como estropajo, zacate o lava platos; en China "Szukua" y "Po Kua".

Los japoneses la llaman "Nagaito-uri" pero principalmente "Hechima"; en las islas filipinas es llamada "Patulang-uak", "Tabubok" y "Patola". En Malasia es "Blustru".

Los indígenas mexicanos que tienen largo tiempo cultivando esta planta, la llamaban "Sonayote" o "Cuazacamecate" estos nombres provienen del Nahuatl, por ejemplo, "Sonayote" viene de "Tzon-ayotli" que quiere decir "Tzontli" velludo o productor de fibra y "Ayotli" calabaza.

El cultivo del estropajo es tan antiguo que es imposible determinar si es originario de Asia o Africa. Algunos piensan que es originario de Asia porque pueden hallarse especies silvestres allí, específicamente tres o cuatro variedades silvestres crecen en la India. Por otra parte se dice que las características del estropajo fueron descritas en escritos egipcios de tres siglos A.C., por eso se cree que esta planta es originaria del norte de Africa. Independientemente del origen, el cultivo del estropajo a persistido en China, Japón, Malasia, India, Medio Oriente y fué

cultivada inicialmente para alimento, medicina y ornamento. La era moderna de la historia de este cultivo inicio en Japón donde, entre 1890 y 1895, el estropajo fué cultivado comercialmente por primera vez. La justificación para hacerlo fué la particular forma de su fibra que forma una red muy práctica para muchos usos, principalmente se empleó como filtro en máquinas de vapor para la marina y máquinas diesel.

Este particular uso interesó sobre todo a la marina de los E.U. que se convirtieron en el principal comprador del fruto de esta planta al Japón desde que éste inició su cultivo comercial.

Esta relación comercial se vió interrumpida después del percance en Pearl Harbor. Los E.U. se vieron forzados a estimular el cultivo de esta planta en otras regiones e inclusive en su propio país, en estados como California, Alabama y Florida, pero no era suficiente, por eso, países del continente como México, Cuba, R. Dominicana, El Salvador y Guatemala, en unos años cultivaron y exportaron estropajo a los E.U.

Similarmente el Reino Unido, realizó algunas pruebas en varios de sus países colonizados y después de unos años recibían la planta de Jamaica, Gambia, Nigeria, Sierra Leona, etc., pero la calidad de los frutos estaba muy por debajo de los estándares japoneses.

Después de la segunda guerra mundial, el Japón empezó a exportar nuevamente, a menor costo que los otros países proveedores de estropajo y con mayor calidad, por eso, los otros países no pudieron competir con los japoneses y dejaron de exportar (32).

Antes de la segunda guerra mundial el 60% de las importaciones de estropajo aproximadamente eran empleadas para uso militar y 40% para uso civil. El uso militar principal era como filtro. Mucho equipo industrial requería la limpieza que sólo podía darle el estropajo. También es utilizado para bañarse.

En Hungría es empleado en baños terapéuticos. Es usado también para limpiar motores de carros, utensilios de cocina, etc. Su capacidad para absorber sonidos se aprovecho para usarse en la construcción de cascos de acero y vehiculos de la armada de E.U.

El uso del estropajo como alimento es limitado a la variedad "dulce" y es restringida al fruto joven, antes de que las fibras internas empiecen a endurecerse y antes de que las sustancias purgantes aparezcan. Pueden ser comidas como rodajas, en sopas o cocinadas como calabazas. En la India se comen hervidas.

En Japón el fruto joven se seca y se corta en rodajas y se deja listo par usos futuros. En Malasia se come el fruto joven pero es insípido.

Si se hace un corte en la corteza de una vaina joven antes del tiempo de la cosecha, se puede extraer un liquido claro, el cual, dicen los japoneses tiene propiedades medicinales en problemas respiratorios. El jugo preparado es conocido como "crema de Hechine". De cada planta puede obtenerse medio litro de savia aproximadamente, ésta es usada por las mujeres japonesas para ponérsela en la cara, manos y cuerpo, y es considerada como una

excelente substancia para suavizar el cutis y dar una apariencia fresca.

Se dice que en China se quema y se pulveriza el fruto maduro y tiene propiedades curativas como antiséptico, refresca a la sangre, acelera la circulación y se usa en el tratamiento de hemorragias, hemorroides, hernias y escarlatina. El fruto fresco se considera que refresca y beneficia el intestino.

El aceite de la semilla es sugerido como un sustituto del aceite de oliva. La pasta residual no puede usarse como alimento para animales por su amargor y posible toxicidad, pero podría usarse como abono para aprovechar su riqueza de proteína y fosfatos.

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PLANTA (32)

*Luffa cylíndrica* es una de siete especies del género *Luffa*, todas son anuales, trepadoras de la familia de las Cucurbitácea.

El tallo es largo y ramificado, es capaz de trepar sobre árboles altos. Las hojas son redondas en los bordes, comunmente con cinco lóbulos, muy dentadas y son ásperas por encima y por debajo. Las flores son grandes (algunas veces miden cuatro pulgadas de diámetro) amarillas, atractivas, con cinco pétalos.

Estambres y pistilos están separados en las flores. En las flores con pistilos el ovario es cilíndrico de forma circular, carente de rugosidades y madura dentro de un fruto delgado curvo cilíndrico que llega a medir cerca de cinco pies de largo.

El fruto es verde liso. La semilla es negra raramente blanquecina, su tamaño es parecido a la semilla de la sandía y tiene el costado estrecho, tiene aproximadamente 40% de cáscara y 51% de almendra, proporciona un aceite de color verde que es líquido a temperatura ambiente.

El fruto en la parte alta está compuesto de una pared exterior blanquecina que forma una corteza delgada, adornada por diez líneas longitudinales verde oscuras. A través de la pared y por todos lados la pulpa interior es una red cerrada de fibras duras. Las semillas están contenidas en el interior de la red, éstas son liberadas gradualmente durante un tiempo prolongado cuando el fruto cuelga de la vaina. Cuando madura la corteza puede quitarse fácilmente, porque el material interno se suaviza, comúnmente se desprende y sólo queda la compacta red fibrosa, que es la que se comercializa.

Una variedad de *Luffa cylindrica* en India es considerada comestible y se cultiva intensamente en Bengala para alimento pero otra es amarga y silvestre. La variedad que es amarga es tóxica, pero excepto por su amargor y su color ligeramente oscuro, es difícil distinguirla de la comestible. Esta recuerda una especie que crece en México, *L. operculata* la cual es cultivada en Guerrero y Michoacán para usarla como remedio casero por sus propiedades purgantes.

El amargor se localiza principalmente en la corteza.



Investigaciones sobre la causa de la toxicidad de la variedad amarga de *L. cylíndrica* en India, demostraron que existen dos glucósidos que la provocan. Uno de ellos se encontró que actúa como un severo vomitivo, el otro como un purgante, causando mucha irritación y provoca síntomas de disentería. La variedad comestible se cree que está libre de substancias tóxicas.

Un análisis del fruto proporciona los siguientes resultados.

COMPOSICION QUIMICA DEL FRUTO  
DEL ESTROPAJO  
Tabla No. 3 (\*)

COMPONENTE	MATERIAL ORIGINAL	BASE SECA
AGUA %	94.66	---
PROTEINA %	0.51	9.57
GRASA %	0.19	3.72
CARBOHIDRATOS %	3.31	61.99
FIBRA CRUDA %	0.46	8.59
CENIZAS %	0.41	7.65
NO DETERMINADO %	0.45	8.49

PORTERFIELD, W. M. Loofah-The Sponge Gourd Economic Botanic Vol. 9  
pp. 211-223, 1955.

COMPOSICION QUIMICA DE LA  
SEMILLA DEL ESTROPAJO  
Tabla No. 4 (C\*)

COMPONENTE	PORCENTAJE C%
HUMEDAD	6.4
LIPIDOS	43.3
CARBOHIDRATOS (AZUCARES)	4.2
PROTEINA	40.23
CENIZAS	4.2
FIBRA	1.2
<u>AZUCARES</u>	
RAMNOSA	5.75
FRUCTUOSA	64.25
GLUCOSA	19.70
GALACTOSA	10.30

C\*) JOSHI, S.S. Chemical Examination of Luffa cylindrica Seeds.  
Proc. Nat. Acad. Scs. India, Vol 48 No.4 1978.

#### PROPAGACION Y CULTIVO (29,32)

Se propaga por semilla, estan ordenadas en tres grupos longitudinales a través del fruto. Después de madurar, la fruta se abre de la punta y pueden salir las semillas una por una. La cantidad de semillas promedio que tiene un fruto no es conocida, pero es directamente proporcional a la longitud del fruto.

Los métodos usados en el cultivo del estropajo dependen de la región. A pesar que es originario del trópico y climas calientes puede cultivarse con buenos resultados en regiones tan al norte como Connecticut, U.S.A., con algunas modificaciones técnicas, por ejemplo, cultivarlo en invernaderos para protegerlos de nevadas.

En Japón la semilla se siembra en yacimientos especiales al aire libre y cuando las primeras dos hojas se desarrollan son trasplantados a surcos normales dejando una distancia entre cada planta en el mismo surco de 90 a 120 cm. La explicación de la aparente paradoja de que el mejor fruto de estropajo, que siendo planta de origen tropical, sea obtenido en Japón, no sólo está relacionado con el suelo de naturaleza volcánica sino también con la adecuada poda de la planta, el cuidadoso proceso y observación estricta de las necesidades del suelo.

De acuerdo a experiencias en América central, el suelo debe ser moderadamente rico, una ligera marga de arcilla da muy buenos resultados, pero puede ser necesario abonar si el suelo no es suficientemente rico. Además el suelo debe estar bien drenado y tener agua suficiente cerca para regarlo cuando sea necesario. La

planta no es realmente resistente a la sequía, pero se obtienen mejores resultados sembrándola en temporada seca. La planta del estropajo es muy delicada como todas las Cucurbitácea y por esto muy sensible a las heladas.

Es conveniente ponerle a la planta un enrejado que le sirva como protección, por ejemplo, del viento y además le sirve como soporte, ya que es, como ya se mencionó, una planta trepadora. En América central se siembran dos semillas en la base de cada poste vertical y cuando crecen las plantas se van sujetando en los postes horizontales. Es costumbre quitar las flores masculinas hasta que la planta cubra los postes horizontales. Algunos agricultores quitan las flores femeninas porque éstas producen frutos pequeños. Se debe cuidar el número de frutos por planta que se desarrollen para que sean de mejor calidad. La producción óptima en opinión de muchos agricultores debe ser de 20 frutos por planta. La madurez del fruto es indicada por un color amarillento en la base y punta de este. El fruto maduro es más ligero que el inmaduro.

Los retoños de *L. cylíndrica* empiezan a aparecer en Marzo cuando "inician" las lluvias, pero si las lluvias se adelantan, pueden retoñar desde Febrero. El crecimiento continua hasta Junio o Julio. Después aparecen las flores y los frutos. Esto tarda entre tres y cuatro meses para que el fruto madure y otro más para que se seque. Así, los frutos maduros, secos y las semillas están listos en Noviembre o Diciembre.

Se hace un corte en un extremo del fruto seco y las semillas secas salen al agitar el fruto.

Por Diciembre o Enero del siguiente año, las plantas se secan mientras las semillas dispersas permanecen latentes hasta el comienzo de las proximas lluvias.

En algunos años, las lluvias llegan antes de lo previsto y los retoños que están secos pueden florecer. Estos retoños pueden persistir por otros años floreciendo y dando frutos cuatro-seis semanas antes de lo usual.

El avance del desarrollo de flores es, de las viejas en la porción más baja de la planta a las jovenes en la parte más alta. Dos brotes se desarrollan en un nudo el cual ya tiene un par de hojas y un par de zarcillos. Un brote es el femenino mientras el otro es masculino el cual se desarrolla en forma de racimo. Ocasionalmente se desarrollan juntos pero uno madura antes que el otro. Así una flor femenina en un nudo más alto probablemente será polinizada de una flor masculina en un nudo más bajo. Este procedimiento esencialmente asegura la propia polinización de la planta.

#### **DAÑOS EN LA PLANTA (32)**

Aunque no existen estudios de enfermedades que ataquen a la planta del estropajo, la experiencia demuestra que puede ser atacada por insectos. Se piensa que los insectos fueron los causantes de los pobres resultados obtenidos en intentos por cultivar a

escala comercial en India. Uno de los insectos que la atacan es la llamada "mosca del fruto" (*Dacus sp.*). Cuando la mosca perfora un fruto maduro, la parte carnosa del fruto se decolorada.

*BOJESKA* (29,34)

Aunque se asegure que se usan las mejores semillas, puede ser afectada seriamente la producción de estropajo por diferentes motivos. Estudios realizados sobre la germinación de diferentes tipos de semillas de *L. cylíndrica*, nos muestran que ésta depende de varios factores como son, el pH del suelo, régimen de luz y sombra que tenga la semilla, salinidad, humedad, tipo de suelo y temperatura.

Se observó que la germinación de la semilla es mejor a un pH neutro, aunque también pueden germinar a un pH ácido de 3.5 o 5 pero en menor grado.

Respecto al régimen de luz y obscuridad sobre la planta, se piensa que es muy probable que la semilla se adapte a las condiciones que prevalezcan en su habitat. Generalmente la ausencia de germinación en la obscuridad ha sido atribuida a la incapacidad de la semilla para producir las sustancias promotoras del crecimiento (ej, ácido giberélico) los cuales iniciarán el proceso de germinación en la obscuridad. La producción de sustancias promotoras del crecimiento podrían ser afectadas por las condiciones prevaletientes mientras la semilla se esta formando.

Se observó que la semilla de estropajo no germina a

concentraciones elevadas de salinidad en el suelo, lo máximo que tolera es 10% con una germinación baja. La germinación decrece conforme la salinidad del suelo aumenta y el tiempo de germinación de la primera semilla se incrementa con el aumento de la salinidad. Se piensa que la tolerancia a la salinidad puede ser genética y no se debe al medio ambiente de la planta madre, es decir de la planta de la que proviene la semilla.

El tipo de suelo no tiene gran efecto sobre la germinación, esto se explica por el hecho de que *L. cylindrica* ecológicamente está ampliamente distribuida.

El medio ambiente de la planta madre afecta la germinación con respecto a la humedad del suelo. Es decir, si la semilla proviene de una planta que se desarrolló en un suelo muy húmedo, no germinará en un suelo seco o poco húmedo y a la inversa.

También se mostró que esta semilla germina mejor en un intervalo de temperatura entre 21-31°C y que en la temperatura no influye el medio ambiente de la planta madre.

Estudios posteriores demostraron que existen también factores que afectan el desarrollo de la planta, como climáticos, suelo o genéticos. Se piensa que el principal factor climático es la luz. El factor del suelo fue considerado muy importante porque no sólo existen diferencias en tipos de suelo sino también en composición química.

Se encontró que cambios en la textura de la hoja pueden ser causados parcialmente por la variación en la cantidad de Nitrógeno

en el suelo. El Nitrógeno como parte esencial de las proteínas, es necesario para un buen crecimiento. También un suministro bajo de Nitrógeno conduce a la formación de células pequeñas, paredes gruesas y consecuentemente hojas ásperas y fibrosas.

Se sabe que *L. cilíndrica* requiere de gran intensidad de luz para que presente un buen crecimiento. Se piensa que es posible, que la falta de luz afecte las venas y el color de las hojas. Cuando se colocaron retoños en completa obscuridad murieron, pero antes, sus hojas fueron cambiando de color, de verde a verde claro y finalmente amarillo, lo cual revela la imposibilidad de la planta de producir clorofila.

La variación entre el peso seco de la hoja, el fruto y el retoño, se cree están en relación directa con el tamaño de la hoja. Y el área de la hoja está en relación inversa con la invaginación de la hoja. Además se piensa que la semilla obtiene un peso estable en la madurez, antes de que sea viable y que no cambia.

Se demostró también que la invaginación de la hoja es una característica que se presenta bajo condiciones desfavorables del suelo (suelo ácido) y que puede ser suprimida con un suelo favorable (suelo neutro-básico).

Allsop piensa que los cambios en la forma de la hoja fueron causados por cambios en las condiciones nutricionales prevalentes en el tiempo que el meristemo apical se estaba formando.

Bajo condiciones nutricionales pobres el meristemo apical se



reduce en tamaño y se producen hojas menores, mientras que bajo buenas condiciones nutricionales ocurre lo contrario. Similarmen- te condiciones nutricionales pobres del suelo pueden ser responsables, en alguna forma, por la alta invaginación de las hojas.

Además se observó que suelos con bajo contenido de calcio presentan hojas pequeñas e invaginación profunda, y con alto contenido de calcio se obtuvieron hojas anchas. Mientras suelos con alto contenido de Potasio produjeron hojas estrechas.

La correlación de cambios en contenido de humus, agua y valor nutricional del suelo con el área de la hoja, el peso seco, el retallo y el fruto, indican que esos factores ambientales pueden ser parcialmente responsables por esas variaciones en las plantas.

Bajo altas concentraciones de iones cloro, existe una reducción en número de hojas, área de la hoja y la acumulación de materia seca. Clausen y Anderson mostraron que las características más fáciles de modificar de un fenotipo son el tamaño total de la planta y sus partes vegetativas. En el caso de *L. cylíndrica* la hoja presenta las mayores modificaciones. Los cambios dependen del tipo de suelo en que crece, parece probable que *L. cylíndrica* se adapta a los más impredecibles medios, vía plasticidad fenotípica antes que por cambios genéticos directos.

De ésta manera las variaciones en el suelo y probablemente en los nutrientes minerales, son responsables de muchas de las variaciones mencionadas anteriormente.

### *PROCESAMIENTO Y COMERCIO DEL FRUTO (32)*

Antes de que el fruto este listo para su uso comercial, debe ser procesado. La "piel" se quita, la pulpa se lava y se extraen las semillas. Debe evitarse dañar o decolorar las fibras, por eso deben tratarse con cuidado. Cuando el fruto está maduro se puede quitar fácilmente la cubierta y dejar la red fibrosa que constituye la esponja. Después la semilla puede ser removida sacudiendo o golpeando el fruto contra una piedra.

Otro método de preparación de la esponja es cortarlo y dejarlo en un estanque donde corra agua, por cinco o diez días, hasta que la cubierta se desintegre y pueda ser removida fácilmente. Este proceso es acelerado en algunos lugares aplastando con un mazo el fruto para sacar las substancias remanentes. Si se lava mucho la esponja se decolora y devalúa su precio.

Para propósitos comerciales el tipo de esponja preferida es de color claro y uniforme, limpia y libre de semillas. La esponja debe tener una buena forma, red fibrosa firme y fuerte, la malla ni muy cerrada ni muy abierta. Es obvio que el tamaño y tipo de malla depende del uso que se le quiera dar.

La marina de los E.U. especificaba en 1943 que la esponja como mínimo debía tener 20.32 cm de largo y 5.08 cm de ancho, libre de pulpa y no más de 10 semillas.

La mejor forma de distribuirlas, es empacarlas en forma horizontal y presionarlas tanto como sea posible.

PRODUCCION NACIONAL  
DE ESTROPAJO  
Tabla No. 5 (M)  
(AÑO AGRICOLA 1985)

ESTADO	GUERRERO	TOTAL NACIONAL
SUPERFICIE SEMBRADA (Hect.)		
RIEGO	333	333
TEMPORAL	50	50
TOTAL	383	383
SUPERFICIE COSECHADA (Hect.)		
RIEGO	333	333
TEMPORAL	50	50
TOTAL	383	383
PRODUCCION (Tons.)		
RIEGO	601	601
TEMPORAL	200	200
TOTAL	801	801

(M) SARH. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional-  
1985. México, D.F. 1988.

1.2.3. CLASIFICACION BOTANICA DEL ESTROPAJO (23)

REINO	VEGETAL
DIVISION	MAGNOLIOPYTA
SUBDIVISION	ANGIOSPERMAS
CLASE	DI COTILEDONEA
ORDEN	CAMPANULALES
FAMILIA	CUCURBITACEAE
SUBFAMILIA	CUCURBITOIDEAE
TRIBU	BENINCASEAE
SUBTRIBU	LUFFINAE
GENERO	LUFFA
ESPECIE	CYLINDRICACROEND AEGYPTIACAC MILLER)

#### 1.2.4. CARACTERIZACION DE LUFFA CYLINDRICA (28)

Hierba trepadora, anual monoica. Tallos ramificados, sulcados, densa o esparcidamente pubescentes. Hojas anchamente ovadas a sub-orbiculares, de 4-19cm de largo, 6-22cm de ancho, de textura herbáceo-membranácea a cartácea, ambas superficies estrigulosas, contricomas muy cortos y rígidos, de base pustulada, la abaxial usualmente con algunas glándulas discoidales impresas en el tejido, distribuida irregularmente. 3-7 anguloso-lobadas a sectadas, lóbulos agudos a acuminados, el central más grande que los laterales, márgenes denticulados o crenado-denticulados, base cordada a rectangular, peciolo de 2-12cm de largo, sulcados, adpreso-pubescentes. Zarcillos 3-5 ramificados, esparcidamente pubescentes. Flores estimadas en racimos axilares, solitarias u ocasionalmente en pares, largamente pedunculados; pedúnculo anguloso-sulcado, mucho más largo que el raquis, de 11-27cm de largo, pubescente a puberulento, glabrescente hacia la base; pedicelos de 0.4-2cm de largo, densamente adpreso pubescente a tomentosos, con una bráctea en la base; receptáculo ampliamente campanulado, de 0.3-0.8cm de largo, 0.4-1.2cm de ancho, adpreso-pubescente, pentalobulado, lóbulos triangulares o lanceolados, agudos o acuminados, usualmente con glándulas discoidales impresas en la superficie externa, de 0.5-1cm de largo y 0.3-0.5cm de ancho, adpreso-pubescentes atomentosos; corola de color amarillo brillante, pentadivida hasta la base, pétalos

anchamente obovados, de 2-5cm de largo, 0.9-2cm de ancho, vascularizados, superficie externa esparcidamente pubescente, vellosa sobre las venas, la interna esparcidamente vellosa, más densamente hacia la base; estambres 5, insertos en la base del receptáculo, casi completamente libres, sólo ligeramente fusionados en la base de los filamentos, anteras triplicadas, retorcidas, conectivo muy ensanchado, filamentos de 0.3-0.5cm de largo, angulosos, engrosados, densamente vellosos en la base.

Flores pistiladas solitarias, en la misma o diferente axila que las estaminadas, pediceladas, pedicelo sulcado; 3-9cm de largo, pubescente a glabro; perianto como en las estaminadas, pero los lóbulos del receptáculo más angostos; ovario cilíndrico, de 1-5cm de largo, densamente adpreso-pubescente a tomentoso, con delgadas franjas longitudinales de color verde oscuro desprovisto de indumento, tricarpelar, óvulos numerosos en posición horizontal; estilos fusionados en una columna engrosada; estigmas 3, bilobados, ensanchados, papilosos, exertos. Fruto una baya cilíndrica a fusiforme, de 8-30cm de largo o más, glabra, cuando joven de color verde claro con delgadas franjas longitudinales de color verde oscuro, tornándose totalmente de color pardo oscuro al madurar, dehisciente por un opérculo apical. lóbulos del receptáculo, estilo y ocasionalmente estigmas persistentes casi hasta la madurez del fruto, epicarpio cartáceo quebradizo al madurar, mesocarpio maduro, fibroso-reticulado; pedúnculo anguloso hasta de 25cm de largo (usualmente menos), glabrescente; semillas

numerosas en posición horizontal, ovado-oblongas, de 0.9-1.3cm de largo, 0.5-0.8cm de ancho, de color pardo oscuro a negro, comprimidas, angostamente aladas, con dos pequeños abultamientos oblicuos en la porción hilar.

Distribución: Nativa de los trópicos del Viejo Mundo; India, Egipto, Turquía, Japón, China; e introducida en América en México, Guatemala, El Salvador, R. Dominicana y Estados Unidos principalmente.

### 1.3. ACEITE DE LA SEMILLA DEL ESTROPAJO

El aceite es obtenido de la semilla que se encuentra en el fruto del estropajo, la cual se desecha, por que afecta la calidad comercial del fruto.

La extracción de este aceite a escala industrial no se ha reportado, sólo se ha realizado a nivel laboratorio.

El método de extracción utilizado más comunmente es con solventes, aunque puede realizarse la extracción por presión.

En la extracción con solventes se puede emplear hexano, obteniendose un aceite de color verde rojizo o amarillo rojizo, o se puede utilizar eter con el que se extrae un aceite de color verde (25, 39).

Cuando se realiza la extracción por presión se obtiene un aceite de color amarillo (32).

Los rendimientos obtenidos en la extracción del aceite son variables, en algunos casos se reporta que es de 43% (23), y en otras ocasiones es de 23-26% (35, 39). Esta variación puede deberse a el tipo de solvente utilizado, y además, a las condiciones ecologicas de la planta y la semilla, como por ejemplo, si la planta fué regada en forma adecuada, si la semilla utilizada se obtuvo del fruto recientemente o se mantuvo almacenada por cierto tiempo (39).

El aceite obtenido es liquido a temperatura ambiente, con un bajo valor de material insaponificable. Es considerado dentro del grupo



de los aceites semisecantes. Los pigmentos principales presentes en el aceite son carotenos y clorofila (35).

Los principales ácidos grasos presentes en el aceite son, linoleico, oleico, palmítico y esteárico, aunque también se reportan presentes en menor cantidad el ácido linolénico, margárico y araquidónico (25). Los porcentajes de composición de éstos ácidos en el aceite son variables.

Estudios realizados, referentes a la caracterización de éste aceite, consideraron, después de refinarlo, que era comestible (39). En Brasil sugieren que puede ser un posible sustituto del aceite de Oliva (32).

La pasta residual puede utilizarse como alimento para animales o como abono, debido a su alto contenido de proteína y fósforo.

ANALISIS DEL ACEITE DE ESTROPAJO  
*(Luffa cylindrica)*  
 Tabla No.6 (M)

CARACTERISTICAS	VALOR
Indice de Iodo	
Método de Hanus	111.90
Método de Wijs	119.08
Indice de	
Saponificación	180.00
Material	
Insaponificable(%)	1.45
Densidad (20°C)	0.9280
Indice de	
Refracción 20°C	1.4722
25°C	1.4590
Composición de	
Acidos grasos:	
Saturados (%)	
Palmitico	30.17
Margarico	1.82
Estearico	12.72
Insaturados (%)	
Oleico	44.83
Linoleico	8.08
Linolenico	0.86
Araquidónico	1.72

(M) (25,39)

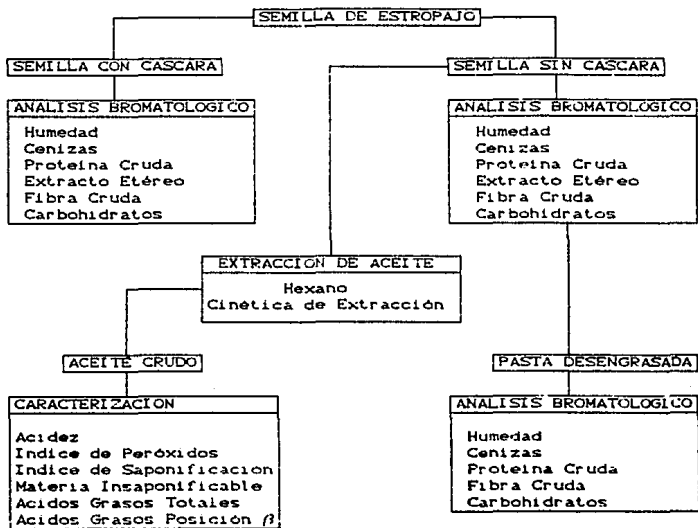
## CAPITULO 2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 2.1. MATERIAS PRIMAS

La materia prima utilizada para la elaboración del presente trabajo, fué semilla de estropajo, obtenida de dos lugares diferentes. Una parte se adquirió del estado de Puebla, de plantas domésticas y otra porción de semillas se obtuvieron de cultivos comerciales localizados en la ciudad de Iguala, estado de Guerrero.

Los dos tipos de semilla recolectadas se trabajaron indistintamente durante el desarrollo experimental, es decir, se mezclaron las semillas de Puebla con las de Guerrero.

DIAGRAMA DE TRABAJO



## 2.2. PREPARACION DE LA MUESTRA

La semilla utilizada para la extracción fue previamente descascarillada, lavada y molida. En estas condiciones se conservó en un frasco bien cerrado a temperatura ambiente.

El análisis bromatológico se realizó a la semilla con cáscara y sin cáscara, ambas molidas, al igual que a la pasta desengrasada obtenida del análisis bromatológico de la semilla sin cáscara.

La semilla con cáscara no se utilizó para realizar la extracción del aceite, sólo se empleó para comparar el análisis bromatológico, especialmente el porcentaje de aceite obtenido de las semilla.

Una vez extraído el aceite de la semilla descascarillada, se conservó en refrigeración en un frasco bien cerrado y protegido de la luz por medio de papel aluminio. Así se mantuvo mientras no se trabajaba con el aceite.

El estudio analítico realizado al aceite se indica en el diagrama de trabajo.

## 2.3. ANÁLISIS BROMATOLOGICO

### 2.3.1. HUMEDAD (2)

Es indispensable conocer la humedad de la muestra para darle un valor real a la cantidad de los otros componentes.

La muestra se pesa (2-3g) en un pesafiltro tarado, se coloca en la estufa a 130°C, con la ventilación abierta, durante tres o cuatro horas, hasta peso constante. Se pasa a un desecador, se pesa y se

determina la humedad por diferencia de pesadas.

### 2.3.2. CENIZAS (2)

Las cenizas incluyen todos los componentes inorgánicos fijos de la muestra, tanto los originales como los de contaminación.

La muestra se calcina, primero carbonizando con mechero Bunsen y después metiéndola a una mufla a  $550^{\circ}\text{C}$ , hasta peso constante. Las cenizas se determinan por diferencia de pesos.

### 2.3.3. PROTEINA CRUDA (2)

La proteína cruda es un valor obtenido a partir del nitrógeno total de la muestra que se determinó por el método de Kjeldahl.

Este método consiste en hacer reaccionar el nitrógeno presente en la muestra, con Acido Sulfúrico mediante una digestión, en presencia de Sulfato de Cobre y Sulfato de Sodio como catalizadores. El Nitrógeno fijado como Sulfato de Amonio se libera por medio de un tratamiento con Sosa concentrada, el Nitrógeno liberado se fija en una solución de Acido Clorhídrico 0.1N con Rojo de Metilo. Esta solución se titula con Sosa 0.1N.

El porcentaje de Nitrógeno obtenido se debe multiplicar por 6.25, que es un factor obtenido, de la relación del contenido de Nitrógeno en las proteínas.

#### 2.3.4. EXTRACTO ETereo (2)

Esta determinación se realizó en un extractor Soxhlet, utilizando Eter Etílico como solvente, durante 8 horas, ya que transcurrido este tiempo se considera que toda la grasa ha sido extraída. Se evapora el disolvente bajo una campana, se seca el extracto en estufa a 100°C por 30min. y se pesa.

#### 2.3.5. FIBRA CRUDA (2)

Es la fracción orgánica de la muestra que resiste un tratamiento alternado de Acido Sulfúrico y Sosa hirviente al 1.25%. El compuesto más abundante de este residuo es el carbohidrato Celulosa y en menores cantidades Hemicelulosa, Ligninas y Pentosanos.

El método consiste en tratar la muestra desengrasada con solución hirviente de Acido Sulfúrico seguido de Sosa al 1.25% durante 30min. cada una. El residuo se seca en la estufa a 130°C durante dos horas y después se calcina a 600°C durante 30min. La diferencia entre ambas pesadas se considera como fibra cruda.

#### 2.3.6. CARBOHIDRATOS ASIMILABLES (2)

Son los carbohidratos no fibrosos como los almidones y los azúcares. Esta determinación se obtuvo por diferencia con respecto a los porcentajes obtenidos de los otros constituyentes.

#### 2.4. METODO DE EXTRACCION (POR SOLVENTES).

Se realizó la extracción del aceite utilizando como solvente Hexano, en una relación soluto-solvente 1:8, temperatura de 45°C con un tiempo de extracción de 4hrs y agitación continua de 100rpm. Las condiciones anteriores fueron determinadas en trabajos previos (15), realizados sobre extracción de aceites.

##### 2.4.1. CINETICA DE EXTRACCION

Este ensayo se realizó en matraces Erlenmeyer de 1000ml, utilizando 200g de bagazo y 800ml de Hexano (relación 1:4). Se hicieron extracciones sucesivas a temperatura ambiente, con el objetivo de cuantificar el aceite obtenido en cada extracción. El tiempo de extracción fue de 20min., renovándose el disolvente en cada etapa. Se pesó el aceite obtenido en cada extracción, previa evaporación del disolvente. Este ensayo se realizó en semilla sin cáscara solamente.

#### 2.5. REFINACION DEL ACEITE

La refinación del aceite se omitió debido a que, en ensayos previos realizados; Desgomado, Acidez, Peróxidos; indicaron que no era necesaria, pues estos valores, no afectarían los análisis que se realizarían posteriormente de acuerdo a los objetivos establecidos.



## 2.6. CARACTERIZACION DEL ACEITE

Existe un gran número de análisis para evaluar las características físicas y químicas de las grasas y aceites. Sin embargo, existen ciertas pruebas que se consideran claves para determinar la identidad y comestibilidad de la mayoría de aceites y grasas.

Entre ellas se encuentra la determinación de la acidez y el índice de peróxidos que indican el deterioro o degradación sufrida por el aceite.

Índice de saponificación y material insaponificable se pueden clasificar como análisis generales, aunque en conjunto con la determinación de ácidos grasos totales y ácidos grasos en posición beta, nos proporcionan un perfil de la composición de la grasa. Estos métodos se explican a continuación con más detalle.

### 2.6.1. ACIDEZ LIBRE (31)

Se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres de 1g de muestra de una grasa.

Este análisis se realiza por medio de una valoración con hidróxido de potasio 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador y la muestra disuelta en una mezcla de alcohol etílico-éter etílico.

$$\% \text{ Ac. Oleico} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N} \times 0.282 \times 100}{\text{g de muestra}}$$

N=Normalidad de KOH

### 2.6.2. INDICE DE PEROXIDOS (31)

Son los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio.

Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio se supone, son peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa, por lo que el índice obtenido puede tomarse como una expresión cuantitativa de los peroxidos de la grasa

Esta determinación se realiza, valorando el yodo que se libera, al reaccionar los peróxidos contenidos en la grasa con el yoduro de potasio, con tiosulfato de sodio 0.01N. Es importante cuidar que los reactivos se encuentren libres de oxígeno, para lo cual, se puede hacer pasar una corriente de gas inerte por ellos.

$$I.P. \text{meq. O}_2/\text{Kg} = \frac{(\text{ml muestra} - \text{ml blanco}) * N * 1000}{\text{g de muestra}}$$

### 2.6.3. INDICE DE SAPONIFICACION (31)

Se denomina índice de saponificación a el peso en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1g de materia grasa.

La muestra se saponifica con una solución de hidróxido de potasio alcohólica durante 60min. agitando por rotación de cuando en cuando. Se valora la solución jabonosa con ácido clorhídrico 0.5N y fenolftaleína como indicador.

$$I.S. \text{mg KOH/g} = \frac{(\text{ml blanco} - \text{ml muestra}) * N * 56.1}{\text{g de muestra}}$$

#### 2.6.4. MATERIAL INSAPONIFICABLE (31)

Se entiende por insaponificables el peso en gramos de sustancias no saponificables, insolubles en agua y soluble en el disolvente utilizado en la determinación, contenidas en 100g de grasa.

Este material comprende hidrocarburos, alcoholes superiores y esteroides (colesterol, fitoesterol). La mayoría de los aceites y grasas de pureza normal contienen menos de 2% de material insaponificable.

La muestra se saponifica con hidróxido de potasio. El jabón obtenido se lava con agua y se extrae el material insaponificable con éter etílico. Se lava la porción etérea con solución de hidróxido de potasio y después con agua hasta eliminar el hidróxido, utilizando fenolftaleína como indicador.

El éter se elimina por evaporación y se termina el secado en una estufa a 103°C hasta peso constante. La muestra se disuelve en alcohol etílico neutro y valorar con solución alcohólica de hidróxido de potasio 0.1N en presencia de fenolftaleína.

$$\% \text{ Material Insaponificable} = \frac{\text{Peso del Residuo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

#### 2.6.5. DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES (2)

El método se basa en la separación y determinación por cromatografía gaseosa, de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

Esta determinación nos indica el tipo de ácidos grasos presentes en

una grasa o aceite. Es aplicable a aceites y grasas, tanto vegetales como animales, que contengan ácidos grasos de 12-24 átomos de carbono.

La presencia de ácidos grasos oxidados y epóxidos puede llegar a falsear completamente los resultados.

Los ésteres metílicos se forman utilizando trifluoruro de boro. Se extraen los ésteres con éter de petróleo y solución saturada de cloruro de sodio. La solución extraída se guarda en un frasco bien tapado, protegido de la luz y en refrigeración, hasta que sea inyectada al cromatógrafo de gases.

El cromatógrafo utilizado fué un Hewlett Packard 5890 con detector de ionización de flama cuya fase móvil es hidrógeno.

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

Columna: Capilar Carbowase 4M  
Longitud 25m  
Diámetro Interno 0.2mm  
Grosor de la Película(d1) 0.2 $\mu$   
Temperatura del Detector 200°C  
Temperatura del Inyector 200°C  
Temperatura de la Columna 230°C  
Tiempo Muerto 0.98min.  
Flujo de Columna 125ml/min.

Flujo de Hidrógeno (detector) 30ml/min.

Flujo de Aire 300ml/min.

Velocidad de Carta 0.5cm/min.

#### 2.6.6. DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA POR CROMATOGRAFIA DE GASES (3.31)

Los aceites y grasas naturales pueden variar en la distribución específica de los ácidos grasos en sus triglicéridos correspondientes. El perfil de ácidos grasos en la posición central de la molécula de glicerol puede no ser el mismo que el perfil de ácidos grasos totales, sobre todo por que los ácidos grasos componentes de los triglicéridos en las grasas naturales no están distribuidos en una forma totalmente al azar ni por completo ordenada. En la naturaleza los ácidos grasos más insaturados tienden a ocupar la posición central, pero en grasas procesadas comestibles (durante la fraccionación y reesterificación) la distribución natural de los ácidos grasos en los triglicéridos puede ser más al azar, aunque el perfil total de ácidos grasos permanece inalterado.

El procedimiento se basa en someter a la muestra de grasa neutra, previamente purificada mediante un tratamiento con alúmina activada, a una hidrólisis bajo la acción de la lipasa pancreática, que actúa selectivamente sobre los radicales acilo situados en la posición alfa de los triglicéridos, con una acumulación de beta monoglicéridos inalterados.

Dichos beta monoglicéridos son separados por cromatografía en capa fina de gel de sílice, efectuándose el análisis cuantitativo y cualitativo de los ácidos grasos por cromatografía de gases de sus ésteres metílicos. Las condiciones de trabajo son las mismas que para el caso de la determinación de ácidos grasos totales.

CAPITULO 3  
RESULTADOS  
EXPERIMENTALES  
Y  
DISCUSION

3.1. ANALISIS BROMATOLOGICO

El análisis bromatológico se realizó a la semilla del estropajo, tanto con cáscara como sin cáscara.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

HUMEDAD ORIGINAL

Tabla No. 7

SEMILLA CON CASCARA (%)	SEMILLA SIN CASCARA (%)
6.68	6.26

**ANALISIS BROMATOLOGICO**  
**(Composición en Base Seca)**

Tabla No. 8

COMPOSICION	SEMILLA CON CASCARA	SEMILLA SIN CASCARA
Cenizas (%)	3.06	4.42
Extracto Etereo (%)	17.57	44.98
Proteína Cruda (N*6.25)	23.18	44.47
Fibra Cruda (%)	4.29	1.25
Carbohidratos (%)	51.9	4.88

El contenido de humedad en la semilla es adecuado, ya que no es demasiado bajo como para provocar dificultades durante la extracción, pues se ha demostrado que una humedad menor de 2% en las semillas la dificulta (?), y no es muy alta, lo cual nos provocaría las posibilidades de que se efectuaran reacciones de



tipo hidrolítico y se incrementara la acidez del aceite extraído. Por lo tanto, el valor obtenido de humedad, evita la necesidad de aplicar algún tipo de tratamiento térmico a nuestra semilla, antes de efectuar la extracción del aceite.

Además, el porcentaje no cambia de un tipo de semilla a la otra, lo que nos indica que la mayor cantidad de agua se encuentra en la almendra de la semilla.

En cuanto a los otros resultados del análisis, se puede observar que éstos varían considerablemente de la semilla con cáscara a la semilla sin cáscara, esto indica que éstos constituyentes se encuentran en mayor cantidad en la almendra que en la cascarilla, con excepción de la fibra cruda, que la mayor cantidad se localiza en la cascarilla. Además de que podría influir la relación que guardan la cantidad de cascarilla y de almendra en la semilla, que es de 1:1 aproximadamente (49% cascarilla-51% almendra (32)), si se considera que los resultados se reportan en porcentaje.

Esta variación es importante principalmente en la determinación de extracto etéreo, que es el parámetro de mayor importancia para el presente trabajo. Debido a que el rendimiento obtenido de la semilla sin cascarilla es aproximadamente 2.5 veces mayor que el obtenido de la que tiene cáscara, se optó por trabajar con la primera. Además, los rendimientos reportados en la bibliografía(25) nos sugieren que esos trabajos se elaboraron con la semilla descascarillada y es recomendado.

También se debe considerar el tipo de solvente utilizado para la

extracción, así como el método y las condiciones ecológicas de la planta y la semilla, por eso existen % de aceite reportados que varían desde 23% hasta 44% (25,32,39).

Otro punto que es importante resaltar es la gran cantidad de proteína presente en la semilla, que aunque existen discrepancias en cuanto a su calidad, nos sugiere una posible fuente de proteína a bajo costo.

### 3.2. EXTRACCION DEL ACEITE

La extracción se realizó con hexano y no con éter, que es mejor solvente, debido a diversos factores, uno de ellos es que el costo del hexano es menor, además, el punto de ebullición de éste es mayor que el del éter, lo cual nos facilita el trabajo, pues es menos peligroso.

Asimismo, se consideraron estudios realizados en relación a los solventes más aptos para realizar la extracción de semillas oleaginosas, excluyendo al éter, que concluyen que el más adecuado es el hexano, debido a su selectividad, buen poder disolvente, su adecuado punto de ebullición que permite trabajar a temperaturas que no dañan al aceite y no es corrosivo(7).

El rendimiento obtenido fué de 26%. Este resultado es más bajo que el presentado en el análisis bromatológico, ya que la extracción se realizó por un método diferente, que nos da menor rendimiento pero se puede extraer la cantidad de aceite necesaria, empleando menor tiempo, trabajo y dinero, que si se

extrajera en el aparato Soxhlet del laboratorio, ya que no se contaba con uno de mayor tamaño que nos permitiera hacer la extracción de todo aceite necesario a la vez y se tendrían que realizar muchas extracciones, con el consecuente gasto de más tiempo, trabajo y dinero.

Es conveniente aclarar que, el método utilizado tiene menor eficiencia que el utilizado a nivel industrial.

### 3.2.1. CINETICA DE EXTRACCION

Condiciones de trabajo: Temperatura ambiente

Tiempo de cada extracción 20min.

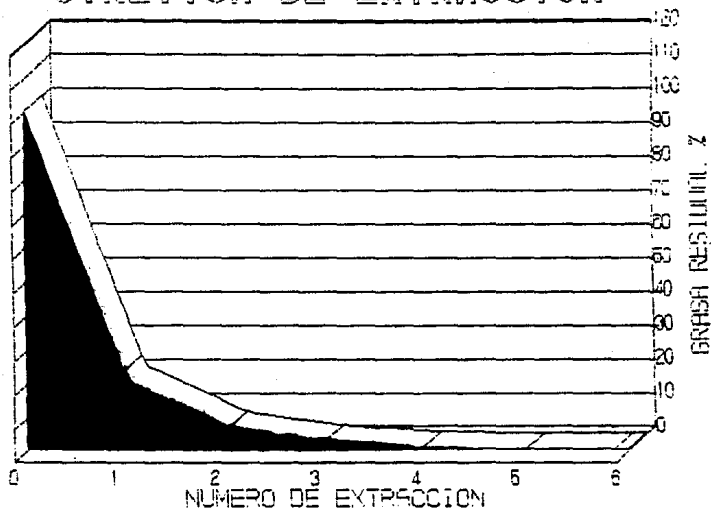
Relación peso-volumen 1:4

#### CINETICA DE EXTRACCION

Tabla No. 9

NUMERO DE EXTRACCION	% DE GRASA RESIDUAL
0	100.00
1	20.43
2	6.78
3	2.88
4	1.23
5	0.40
6	0.20

# CINETICA DE EXTRACCION



La mayor cantidad de aceite se extrae en los primeros 40min. La pasta se agota en las siguientes extracciones en menor proporción, pero se logra prácticamente la extracción total de la materia grasa.

Este ensayo imita el proceso de extracción a nivel industrial.

### 3.3. PASTA RESIDUAL DESENGRASADA

A esta pasta se le realizó un análisis bromatológico, obteniéndose los siguientes resultados.

#### ANALISIS BROMATOLOGICO PASTA RESIDUAL DESENGRASADA

Tabla No. 10

COMPOSICION	PORCENTAJE (%)
Humedad	11.44
Cenizas	7.39
Proteina Cruda	
(N*6.25)	73.63
Fibra Cruda	2.02
Carbohidratos	
Asimilables	5.52

El aspecto más importante, que podemos observar de estos resultados es el alto contenido proteico de la pasta. Que de hecho ese fue el motivo por el cuál se realizó este análisis, ya que desde que se hizo el análisis bromatológico de la semilla sin desengrasar se observó esto.

Este suceso nos indica la posibilidad de utilizar la pasta como alimento para animales o posiblemente obtener concentrados o aislados proteicos, dependiendo de la calidad de la proteína y su posible toxicidad.

### 3.4. CARACTERIZACION DEL ACEITE

#### 3.4.1. ACIDEZ

El porcentaje de acidez determinado en el aceite crudo es bajo, esto indica que la presencia de ácidos grasos libres es escasa y, que el aceite no está deteriorado. El resultado permitió omitir la refinación del aceite ya que la acidez es aceptable y permite trabajar con él, sin temor de que pudiera interferir en las posteriores determinaciones.

Ademas, nos ahorró las pérdidas que se tienen siempre durante la refinación, principalmente durante la neutralización en que son mayores.

Estos ácidos libres presentes pueden provenir, del aceite en forma natural o haber sido liberados durante el proceso de extracción, aunque lo más probable es lo primero, si tomamos en cuenta el porcentaje obtenido.

CARACTERIZACION DEL ACEITE CRUDO

Tabla No. 11

DETERMINACION	RESULTADO
Acidez (% Ac. Oleico)	0.72
Indice de Peróxidos (meq. de Oz/Kg)	13.73
Indice de Saponificación (mg KOH/g)	185.11
Indice de Insaponificación Método: Eter Etílico (%)	1.31
Acidos Grasos Totales (%)	
Palmitico	11.73
Estearico	10.46
Oleico	13.20
Linoleico	51.05
No Identificados	13.56
Acidos Grasos en Posición Beta (%)	
Palmitico	16.39
Estearico	12.09
Oleico	14.65
Linoleico	48.27
No Identificados	8.60

#### 3.4.2. INDICE DE PEROXIDOS

El valor obtenido es bajo, esto indica que la cantidad de oxígeno activo presente en el aceite es pequeña, y que la posibilidad de que el aceite esté rancio es mínima, ya que el índice de peróxidos tiene que ver con ese parámetro de calidad de un aceite. El valor es incluso más bajo que el reportado como máximo permisible, para el aceite de olivo refinado que es de 20 meq. Oz/Kg (13).

Este resultado reafirma el buen estado del aceite extraído y y la justificación para no realizar la refinación, pues generalmente el índice de peróxidos se aumenta, durante el tratamiento al que se somete el aceite durante este proceso, aunque se realice con mucho cuidado.

#### 3.4.4. INDICE DE SAPONIFICACION

Este análisis sirve para darse una idea del peso molecular de los ácidos grasos que componen el aceite, pues el índice de saponificación es inversamente proporcional al promedio de las masas moleculares de los ácidos grasos de los glicéridos presentes.

El valor obtenido se encuentra dentro del rango de los valores reportados en la bibliografía 178-199 (25, 39), y nos indica que los ácidos grasos que componen este aceite tienen peso molecular alto, por lo tanto, podemos suponer que son ácidos grasos de cadena larga.



#### 3.4.5. INDICE DE INSAPONIFICACION

Como se sabe, el material insaponificable comprende hidrocarburos, alcoholes superiores y esteroides, de éstos los más importantes, por estar en mayor proporción y utilizarse para síntesis de hormonas, esteroides y vitaminas, son los esteroides, por ésta razón, se realiza su determinación cuando se está caracterizando un aceite. En el presente trabajo no se creyó conveniente efectuar éste análisis, debido a que el valor obtenido es bajo, esta incluso por debajo del límite marcado para un aceite de pureza normal que es de 2% (13), que indica que el aceite contiene poca cantidad de esteroides.

Este valor indica también que el aceite puede considerarse de pureza aceptable.

#### 3.4.6. ACIDOS GRASOS TOTALES

La principal característica de este aceite se la da su gran cantidad de ácido linoleico, que es muy superior a los porcentajes de los otros ácidos grasos que lo componen.

El hecho de que el ácido linoleico sea insaturado y que junto con el ácido oleico, que es también insaturado, conformen casi el 75% del total de ácidos grasos presentes en el aceite, deben hacer a éste muy vulnerable al enranciamiento por oxidación.

El aceite de la semilla del estropajo se asemeja por su contenido de ácido linoleico y oleico, a los aceites de Girasol y de Cártamo.

#### 3.4.7 ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA

Es importante conocer la estructura de los glicéridos en un aceite, para poder prever posibles cambios, benéficos o dafinos, durante los procesos llevados a cabo durante la industrialización

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

del aceite. Esto es posible conocerlo mediante la realización del análisis de ácidos grasos en la posición beta.

En el caso del aceite de estropajo, la mayor cantidad de ácido que se encuentra en la posición beta es la del Linoleico, éste resultado es lógico, si se tiene en cuenta lo siguiente: primero, se sabe que en la naturaleza, los ácidos grasos más insaturados tienden a ocupar ésta posición central, segundo, el aceite no ha sufrido algún tipo de tratamiento que pudiera alterar éste arreglo natural, y tercero, el ácido linoleico es el que se encuentra en mayor proporción, y por mucho, en éste aceite.

En las tablas que se presentan a continuación, se pueden observar varias columnas que se explican a continuación.

RT, significa tiempo de retención, es decir, es el tiempo que tarda en identificar la columna del cromatógrafo los diferentes compuestos presentes en la muestra.

AREA, nos indica el área total de los picos que aparecen en el cromatograma.

TYPE, se trata del tipo de integración que realizó la computadora del cromatógrafo, en cada pico del cromatograma, para determinar el % de área. Las diferentes letras son claves y su significado depende del tipo de cromatógrafo que se use, por ejemplo, BB significa que la integración fue hecha de base a base.

AR/HT, nos indica la anchura de cada pico presente en el cromatograma.

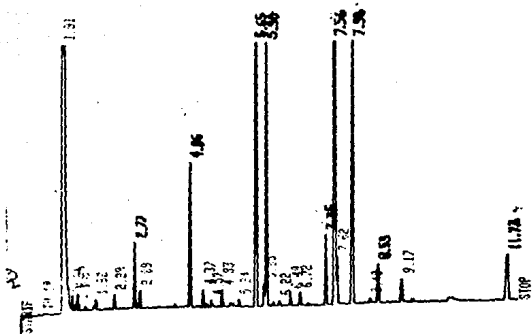
AREA %, significa el porcentaje que representa cada pico del total de las áreas de los mismos y en el caso de estos cromatogramas, indica la concentración que se tiene de cada compuesto en la muestra (16). Existe una columna con los nombres de los compuestos conocidos, donde no aparece nada, significa que no fueron identificados.

## MEZCLA ESTANDAR DE ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS TOTALES

TABLA No. 12

	AREA%				
	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
	1.01	1.8789E+07	SBB	0.037	98.480
	1.24	875	D BB	0.018	0.005
	1.32	569	D BV	0.028	0.003
	1.37	1077	D VB	0.018	0.006
	1.82	1339	PB	0.038	0.007
	2.28	1038	D PB	0.021	0.005
LAURITATO	2.77	5765	D VB	0.024	0.030
	2.89	1605	D BB	0.025	0.008
MIRISTATO	4.06	13743	PB	0.027	0.072
	4.37	1643	BP	0.027	0.009
	4.57	839	BB	0.038	0.004
	4.83	1633	BB	0.028	0.009
	5.24	630	PB	0.028	0.003
PALMITATO	5.65	89997	PB	0.029	0.367
	5.85	2308	PV	0.029	0.012
PALMITOLETATO	5.90	33759	VB	0.030	0.177
	6.22	488	BV	0.030	0.003
	6.49	1236	PB	0.030	0.007
	6.72	1498	BB	0.034	0.008
ESTEARATO	7.35	7732	PB	0.031	0.041
OLEATO	7.56	79942	BV	0.033	0.419
LINOLEATO	7.98	39985	PB	0.032	0.210
LINOLENATO	8.59	4803	PB	0.035	0.023
ARAQUIDONATO	11.73	8878	BB	0.053	0.047

MEZCLA ESTANDAR DE ESTERES METILICOS  
DE LOS ACIDOS GRASOS TOTALES  
CROMATOGRAMA No. 1

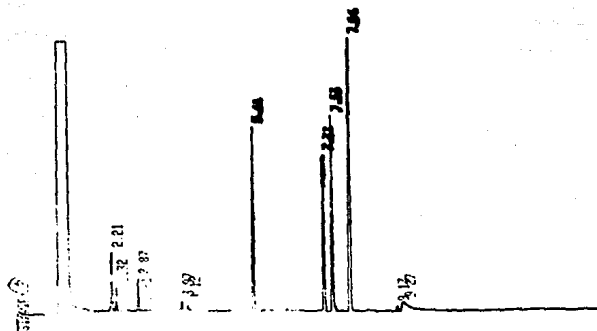


ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS TOTALES DEL ACEITE CRUDO DE  
LA SEMILLA DEL ESTROPAJO

TABLA No. 13

	AREA %				
	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
	2.21	2939	VB	0.028	3.599
	2.32	1074	BB	0.027	1.315
	2.87	1398	D BV	0.025	1.712
	2.93	235	D VB	0.027	0.288
	3.97	493	VV	0.031	0.604
	4.12	321	PV	0.031	0.393
PALMITATO	5.62	9584	PB	0.029	11.735
ESTEARATO	7.32	8543	BB	0.031	10.461
OLEATO	7.53	10776	BV	0.031	13.195
LINOLEATO	7.96	41687	PB	0.032	51.045
	9.13	330	VP	0.038	0.404
	9.27	4287	PV	0.264	5.249

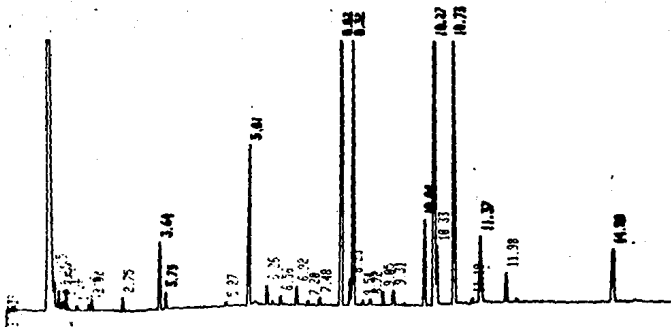
ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS TOTALES  
DEL ACEITE CRUDO DE LA SEMILLA DEL ESTROPAJO  
CROMATOGRAMA No. 2



MEZCLA ESTANDAR DE ESTERES METILICOS DE ACIDOS GRASOS EN  
 POSICION BETA  
 TABLA No. 14

	RT	AREA	AREA %	TYPE	AR/HT	AREA%
	1.00	1.7645E+07		SBB	0.035	97.857
	2.75	1312		BB	0.027	0.007
LAURITATO	3.64	7693		PB	0.032	0.043
	3.79	1851		BB	0.032	0.010
MIRISTATO	5.81	18581		PB	0.033	0.103
	6.26	2297		PB	0.033	0.013
	6.92	2112		BB	0.033	0.012
PALMITATO	8.02	93545		PB	0.035	0.519
PALMITOLEATO	8.32	45247		VB	0.033	0.251
	8.72	1205		PB	0.054	0.007
	9.05	1609		PB	0.033	0.009
ESTEARATO	10.04	9945		BB	0.033	0.055
OLEATO	10.27	103500		PV	0.035	0.574
LINOLEATO	10.73	50154		PB	0.034	0.278
LINOLENATO	11.37	10652		BB	0.045	0.059
	11.98	3645		BB	0.037	0.021
ARAQUIDONATO	14.59	10394		PB	0.055	0.058

MEZCLA ESTANDAR DE ESTERES METILICOS  
DE ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA  
CROMATOGRAMA No. 3

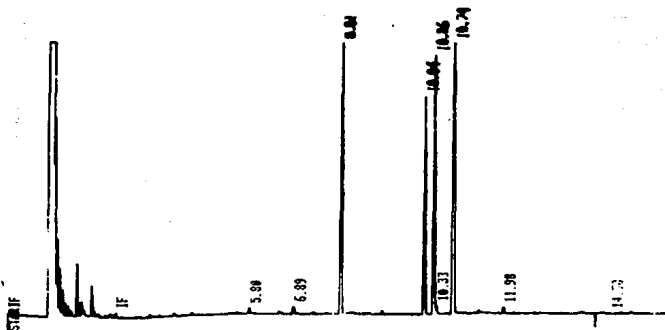




ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA DEL ACEITE  
 CRUDO DE LA SEMILLA DEL ESTROPAJO  
 TABLA No.15

	RT	AREA	AREA % TYPE	AR/HT	AREA%
	5.80	852	BB	0.035	0.313
	6.69	1085	BB	0.044	0.511
PALMITATO	8.01	34168	PB	0.033	16.387
ESTEARATO	10.04	25214	BB	0.033	12.093
OLEATO	10.26	30543	PV	0.033	14.649
	10.33	878	D VB	0.033	0.421
LINOLEATO	10.74	100650	PB	0.035	48.273
	11.98	801	PP	0.038	0.384
	14.58	14531	PV	0.488	6.969

ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA  
DEL ACEITE CRUDO DE LA SEMILLA DEL ESTROPAJO  
CROMATOGRAMA No. 4



CAPITULO 4  
CONCLUSIONES  
Y  
RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

De las investigaciones de campo realizadas, se pudo concluir que la semillas de estropajo no se utilizan, sólo se escogen algunas semillas de los frutos más grandes para sembrar, pero las sobrantes se desechan, lo cual proporciona la materia prima a un costo bajo. Esta ventaja, aunada a la cantidad de aceite que se puede extraer de esta semilla, que es entre 44.98%, cantidad máxima que podemos extraer, y 26%, que es lo que se extrajo por un método menos eficiente que el usado en la industria normalmente, permiten presumir que la extracción del aceite puede resultar económicamente rentable.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede calificar al aceite de estropajo como de buena calidad, ya que aun sin ser refinado, presenta características semejantes a aceites

comerciales que son refinados, como lo demuestran los valores obtenidos de peróxidos, acidez y material insaponificable.

La composición de ácidos grasos del aceite estudiado, es muy parecida a la de los aceites vegetales comerciales, principalmente al de Cártamo y Girasol, lo cual presenta la posibilidad de poderlo emplear como un sustituto de estos aceites.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

Existen varias recomendaciones que es importante mencionar. Si se propusiera llevar a cabo la extracción del aceite de la semilla del estropajo a nivel industrial, sería importante buscar previamente, una forma adecuada de descascarillar la semilla, pues hacerlo es algo problemático, sobre todo cuando la semilla es pequeña, y es indispensable realizar esta operación, pues si no se hace, el porcentaje de aceite extraído disminuye en aproximadamente 2.5 veces.

Para que el aceite pueda aceptarse como comestible, deberían practicarse pruebas toxicológicas, para asegurar su inocuidad al hombre.

Sería conveniente llevar a cabo la refinación del aceite para mejorar su calidad, sobre todo en lo que se refiere a su aspecto y asegurar su estabilidad.

Es importante remarcar el gran contenido de proteínas que contiene la pasta residual de esta semilla y lo conveniente que sería realizar un estudio referente a la composición y características de estas proteínas, de manera que pudiera ser posible recomendar algún uso para ellas.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ANDERSON, A.J.C. Refining of Oils and Fats . Pergamon Press LTD. Londres. 1953.
- (2) A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1980
- (3) A.O.C.S. Report of Instrumental Techniques Committee . Journal of the A.O.C.S. Vol. 45. No.2. 1988
- (4) AYRES, G.H. Análisis Químico Cuantitativo. Ed. Harla. México, D.F. 1970
- (5) BADUI, S.D. Química de los Alimentos . Ed. Alhambra. México, D.F. 1990.
- (6) BAILEY. A.E. Aceites y Grasas Industriales. Ed. Reverté. España. 1979.

- (7) BERNARDINI, E. Tecnología de Aceites y Grasas. Ed Alhambra. España. 1981.
- (8) CHARLEY, H. Tecnología de Alimentos. Ed. Limusa. México, D.F. 1989.
- (9) CINTRA, O.M. et al. Coconut Oil Extraction by a New Enzymatic Process. Journal of Food Science. Vol.51. No.3. 1986.
- (10) DUTT, B.; R.P. ROY. Cytogenetics of the Old World Species of Luffa. En: BATES, D.M. et al. Biology and Utilization of the Cucurbitacea. Ed. Cornell University Press. 1990.
- (11) DZIEZAK, J. Fats, Oils, and Fat Substitutes. Food Technology. Vol. 43. No. 7. Julio, 1989.
- (12) ECKEY, E.W. Vegetable Fats and Oils. American Chemical Society. Monograph Series Reinhold Publishing Co. New York. 1954.
- (13) EGAN, H. et al. Análisis Químico de Alimentos de Pearson. Ed. CECSA. México, D.F. 1988.
- (14) FENNEMA, O.R. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Ed. Reverté, S.A. España. 1985.
- (15) GOMEZ, A.D.; G.C. IBANEZ. Tesis. Extracción y Caracterización del Aceite del Bagazo de Café. Facultad de Química, UNAM. 1989

- (16) GROB, L. R. Modern Practice of Gas Chromatography.  
John Wiley and Sons Inc. USA 1977.
- (17) HAWTHORN, J. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos.  
Ed. Acribia. Zaragoza, España. 1983.
- (18) HEISER, C.B. et al. The American Species of Luffa  
(Cucurbitaceae). Systematic Botany. Vol.13 No.1  
1983.
- (19) HEISER, C.B.; SCHILLING, E.E. The Genus Luffa: A Problem in  
Phytogeography. En: BATES, D.M. et al. Biology and  
Utilization of the Cucurbitaceae. Ed. Cornell  
University Press. 1990.
- (20) HRON, R.J. et al. Biorenewable Solvents for Vegetable Oil  
Extraction. Journal of American Oil Chemists' Society.  
Vol.59 No.9. 1982.
- (21) INSTITUTO DE LA GRASA. Tablas de Composición de Aceites.  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas.  
Sevilla, España.
- (22) JAMIESON, G.S. Vegetable Fats and Oils. Reinhold Publishing  
Co. USA 1943.
- (23) JEFFREY, G. Appendix : Anoutline Classification of the  
Cucurbitaceae. En: BATES, D.M. et al. Biology and  
Utilization of the Cucurbitaceae. Ed. Cornell  
University Press. 1990.



- C24) JOSHI, S.S; SHRIVASTAVA, R.K. Aminoacid Composition of Luffa cylindrica and Luffa acutangula seeds. J. Inst. Chem. (India) Vol.50 No.2 1987
- C25) JOSHI, S.S.; SHRIVASTAVA, R.K. Chemical Examination of Luffa cylindrica seeds. Proc. Nat. Acad. Scs. India. Vol.48 No. 4. 1978
- C26) KIRSCHENBAUER, H.G. Fats and Oils. Reinhold Publishing Co. New York. 1960.
- C27) LEHNINGER. Bioquímica. Ed. Omega. Mexico, 1989.
- C28) NASH L. D. ; DIETERLE V. A. J. Fieldiana: Botany. Vol. 24, Parte XI, No. 4. Publicado por: Field Museum of Natural History. Chicago, U.S.A. 1976.
- C29) OKUSANYA, O.T. et al. Variations in size, leaf morphology, and fruit characters among 25 populations of Luffa aegyptiaca. Journal of Botany. Vol.59 No.12 1981.
- C30) OROZCO, F.D. Análisis Químico Cuantitativo. Ed. Porrúa, México, D.F. 1967.
- C31) PANREAC. Métodos Analíticos en Alimentaria. Aceites y Grasas. Montplet and Esteban, S.A. España, 1987.

- (32) PORTERFIELD, W.M. Loofah-The Sponge Gourd. Economic Botanic. Vol.9: 211-223. 1955.
- (33) S.A.R.H. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional-1985. México, D.F. 1988.
- (34) SONAIKE, A.A.; OKUSANYA, O.T. Germination Behavior of Luffa aegyptiaca seeds from 19 localities in Nigeria. Seeds. Sci. and Technology. Vol.15 No.3 1987.
- (35) UMAROV, A.U.; MARKMAN, A.L. The Oil of Luffa cylindrica seeds Khimiia Prirodnykh Soedinenii. Vol.4 No.3 1968.
- (36) VARGAS, R.I. Tesis. Tecnologia de Grasas y Aceites. Facultad de Química. UNAM. 1985.
- (37) VIGO, MS. et al. Seeds of Argentinian Cucurbitaceae. Anales de la Asociación Química Argentina. Vol.61 No.5.1973
- (38) WATTY, M. Química Analítica. Ed. Alhambra Mexicana. México. 1982.
- (39) YUKSEKISK, N.; OZENSOY, E. Extraction of Luffa cylindrica seeds and Characteristics of the seeds oil. Commun. Fac. Sci. Univ. Ankara. Vol.24 No.3 1978.