

16
205



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EXTRACCION Y CARACTERIZACION DEL
ACEITE DE LA SEMILLA DE TAMARINDO

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P R E S E N T A N :

REBECA BALDERAS PERALTA

BEATRIZ EUGENIA GALVAN CASTAÑEDA

MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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

CAPITULO I

OBJETIVO	1
----------------	---

CAPITULO II

INTRODUCCION	2
--------------------	---

CAPITULO III

GENERALIDADES

3.1 CARACTERISTICAS DEL TAMARINDO	4
3.2 PRODUCCION	6
3.3 COMPOSICION QUIMICA DE LA PORCION COMESTIBLE DEL TAMARINDO .	9
3.4 USOS DEL FRUTO	10
3.5 INDUSTRIALIZACION DEL TAMARINDO	11
3.6 COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA	16
3.7 USOS DE LA SEMILLA	18
3.8 USOS DEL ARBOL DE TAMARINDO	22
3.9 LIPIDOS Y CLASIFICACION	23
3.10 DETERIORO DE LOS LIPIDOS	28
3.11 METODOS DE EXTRACCION DE LIPIDOS	31
3.12 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EXTRACCION POR DISOLVENTES .	37

CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 MATERIA PRIMA	41
4.2 PREPARACION DE LA MUESTRA	43
4.3 ANALISIS BROMATOLOGICO	43
4.4 EXTRACCION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE TAMARINDO	47
4.5 CARACTERIZACION DEL ACEITE	48

CAPITULO V

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION	53
---	----

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
--------------------------------------	----

APENDICE	67
----------------	----

BIBLIOGRAFIA	73
--------------------	----

C A P I T U L O I

O B J E T I V O

Este trabajo experimental tiene como objetivo, la posible utilización de un desecho industrial; en este caso nos referimos a la semilla de tamarindo de la cuál se extraerá el aceite y se realizará su análisis químico.

En base a las propiedades del aceite se propondrán algunas aplicaciones.

C A P I T U L O I I

I N T R O D U C C I O N

Conforme aumenta la urbanización del mundo y la población se incrementa, la necesidad de eficiencia de producción es cada vez más crítica.

En México este problema se encuentra vigente, ya que cuenta con muchas materias primas en cantidades considerables; un ejemplo lo constituye el Tamarindo.

La generosa ecología de México posee condiciones geográficas y climatológicas propias para la propagación, el desarrollo y cultivo adecuado del Tamarindo ya que con relativa facilidad puede adaptarse a zonas de trópico seco y con poca precipitación pluvial.

A pesar de su demanda, es una planta que nunca ha sido sometida a un cultivo racional en nuestro país, como consecuencia de lo anterior, la cosecha obtenida de árboles que crecen casi silvestres es extraordinaria si tomamos en cuenta el abandono en que se encuentran.

El fruto del Tamarindo tiene una gran demanda en todo el mundo debido a sus cualidades terapéuticas y nutriólogicas por su intenso consumo para la elaboración de refrescos, dulces, jaleas, etc.

Debido a la elevada proporción de semillas que tiene el Tamarindo se han reportado interesantes investigaciones de las partes de ésta para obtener el mayor provecho posible.

En este caso nos enfocaremos al estudio de la fracción lipídica de la semilla esperando satisfacer necesidades de otro tipo de demandas que pueden estar o no dentro del contexto alimentario evitando así, que sea considerado como desecho industrial.

C A P I T U L O I I I

G E N E R A L I D A D E S

3.1 TAMARINDO

El Tamarindo (*Tamarindus indica* L) es nativo del Este de Africa encontrándose en estado silvestre; y fue introducido desde hace mucho tiempo en India por lo que es considerado planta nativa.

En América tropical fue introducido inmediatamente después de la conquista, encontrándose en forma silvestre en las costas del Pacífico principalmente en los estados de Jalisco, Nayarit, Colima, Guerrero, Oaxaca y otros estados del litoral del Golfo. (24).

C A R A C T E R I S T I C A S

Familia	Leguminosae
Subfamilia	Caesalpinaceae
Género	Tamarindus
Especie	Indica

Es un árbol vigoroso de copa compacta redondeada que en condiciones favorables crece a una altura hasta de 25 m, que tarda de 10 a 12 años en madurar y producir frutos.

El follaje se extiende a un radio hasta de 12 m y el tronco puede llegar a tener una circunferencia de 7.4 m, tiene una corteza externa áspera y agrietada de color grisácea, las ramas jóvenes son gris claro o pardo grisáceas.

El conjunto del follaje es verde brillante, ligero y tiene la distribución de sus hojas en un vástago a manera de pluma, alternas paripinnadas, de un largo aproximado de 7.5 cm a 15 cm y cada uno tiene de 10 a 20 pares de hojitas. (3).

Las flores son poco visibles ya que son muy pequeñas, crecen en racimos terminales hasta de 10 cm de longitud con 2.2 cm de diámetro; su color es amarillento pálido matizados de rojo anaranjado.

Los frutos son vainas curvadas oblongas e irregulares, que crecen en gran abundancia y su tamaño varía de 5 cm a 18 cm de largo y de 1.9 a 3.2 cm de ancho, hay excepciones. (23).

La corteza que encierra la pulpa es café canela o café grisácea y al principio tiene la piel suave verdosa; la pulpa es muy ácida y las semillas subdesarrolladas son de color blanquizco.

A medida que maduran las vainas se llenan un poco más y la pulpa se deshidrata hasta adquirir la apariencia de una pasta cubierta por algunos hilos de fibra gruesa que se extiende a lo largo del tallo. (3).

Las semillas ya bien formadas son duras, ovaladas o cuadradas de 9.5 mm a 12.7 mm de longitud unidas entre sí, con fibras que se encuentran en la pulpa y cubiertas individualmente por una especie de membrana. (23).

Un buen árbol produce aproximadamente 200 kg de fruta por cosecha y casi el 50% es pulpa ácida, el resto corresponde a cáscara, semilla y fibra.

3.2 PRODUCCION

El Tamarindo tiene una gran distribución en las zonas tropicales y subtropicales de México, prospera en terrenos áridos con poca atención técnica, realizándose su multiplicación generalmente por semillas ya que presenta un porcentaje alto de germinación. (27) (22)

El Tamarindo se encuentra en lugares de clima tropical semiárido y en clima tropical si el suelo está drenado; también prospera en clima cálido húmedo, sin estación seca bien definida y sin estación invernal.

El clima seco es importante durante el período de desarrollo de la fruta, ya que cuando es joven es muy sensible al frío, por el contrario cuando es adulto soporta sin daños temperaturas de 2 grados centígrados. (3).

TABLA 1.

ESTADOS PRODUCTORES DE TAMARINDO EN MEXICO 1981.

	SUPERFICIE COSECHADA	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)
CAMPECHE	66	301	4.561
COLIMA	1357	5016	3.696
CHIAPAS	1150	6935	6.030
GUERRERO	1393	9668	6.940
HIDALGO	20	339	16.950
JALISCO	332	2391	7.202
D.F.	150	214	1.427
MICHOACAN	1073	3417	3.184
MORELOS	29	133	4.586
NAYARIT	826	1667	2.018
OAXACA	1218	15347	12.498
QUINTANA ROO*	---	---	----
SAN LUIS POTOSI	19	237	12.474
SINALOA	85	405	4.776
TABASCO	200	1000	5.000
TAMAULIPAS	25	15	0.600
VERACRUZ	351	1720	4.900
YUCATAN	410	3001	7.320

* En Crecimiento.

TABLA 2.

ESTADOS PRODUCTORES DE TAMARINDO EN MEXICO 1985.

	SUPERFICIE COSECHADA	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)
CAMPECHE	70	339	10.317
COLIMA	1816	7230	7.602
CHIAPAS	1147	9226	8.044
GUERRERO	2640	34076	24.379
JALISCO	412	1621	7.100
D.F.	5	30	6.000
MICHOACAN	814	3032	9.060
NAYARIT	182	1540	16.747
OAXACA	947	7216	15.614
QUINTANA ROO	1	3	3.000
TABASCO	70	210	9.680
VERACRUZ	155	690	4.452
YUCATAN	655	3532	11.000

ANUARIO ESTADISTICO DE PRODUCCION
AGRICOLA NACIONAL

SARH/DGEA

3.3 COMPOSICION QUIMICA DE LA PORCION COMESTIBLE DEL TAMARINDO

Los Componentes que constituyen la porción comestible del Tamarindo, tomando como base 100 gramos son: (17)

TABLA 3.

Humedad	20.5%
Proteínas	3.1%
Grasa	0.4%
Carbohidratos	70.8%
Fibra Cruda	3.0%
Cenizas	2.1%
Calcio	139.0 mg
Sodio	6.0 mg
Potasio	1058.0 mg
Hierro	4.6 mg
Tiamina	1.4 mg
Riboflavina	0.2 mg
Niacina	3.1 mg
Acido Ascórbico	8.0 mg
Fósforo	135.0 mg
Acidez expresada como Acido Tartárico	10%

Los valores de acidez indicados anteriormente han sido determinados en promedio de frutos que se encontraban en su estado óptimo de madurez.

La porción comestible del fruto representa en promedio el 50% obteniéndose por cada 100 gramos de ésta un valor energético que fluctúa entre 250 y 265 calorías, dependiendo del contenido total de carbohidratos.

3.4 USOS DEL FRUTO.

En un principio la fruta del Tamarindo fue utilizada, sólo como artículo comestible.

Su sabor ácido endulzado es ideal para la preparación de bebidas, jarabes y especies de mermeladas o preparaciones con sabor dulce y refrescante. (13)

Al Sur de la India se utiliza para dar un sabor extra a distintos platillos típicos.

La pulpa de Tamarindo es un ingrediente importante en una amplia variedad de productos, es tal el uso que se le ha dado a la pulpa exclusivamente para fines culinarios, que el refinamiento de la misma se ha hecho necesario; hasta el momento se hace una cierta limpieza, quitando la fibra, cáscara y semilla hasta donde se puede, se seca en tambores y se comprime en moldes para dar unos cuadros como de queso, muy convenientes para su uso. (10).

La pulpa de Tamarindo azucarada es a menudo, preparada como un confite no obstante, en farmacias también se emplea la pulpa en forma de conserva, extracto, etc.

En las farmacopeas Inglesa, Americana y otras más; la pulpa se encuentra registrada y cerca de unas 200 mil libras de la fruta limpia son anualmente importadas por los Estados Unidos para la elaboración de extractos medicinales.

Sola o en combinación con jugo de lima, miel, leche, especias o alcanfor, la pulpa es considerada efectiva como un digestivo, remedio para desordenes biliares y como antiescorbútico.

Es además, administrada para aliviar insolación e intoxicación alcohólica.

3.5 INDUSTRIALIZACION DEL TAMARINDO

Debido a que el árbol del Tamarindo no requiere de grandes cuidados para su desarrollo, se ha favorecido su aprovechamiento incrementándose la producción de este fruto en los últimos años.

La industria en nuestro país, se ha encargado de elaborar una serie de productos que utilizan como materia prima a este fruto, consumiéndose en diversidad de productos comerciales; por ejemplo:

- Concentrados de pulpa de Tamarindo para la elaboración de aguas frescas:

Jarabes Tucan S.A de C.V.
Jarabes Jarbe S.A de C.V.
Jarabes Nacionales S.A.
Jarabes y Concentrados La Princesa, S.A. de
C.V.

- Refrescos y Bebidas sabor Tamarindo:

Boing
Jarritos
Jumex

- Dulces elaborados a partir de Tamarindo con
sal, chile, etc.:

Pulparindo
Frutina
Rielitos
Tama-roca

Otros productos:

Mermeladas
Jaleas
Productos Farmacéuticos de Origen Natural
(laxantes).

DIAGRAMA 1.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE PRODUCTOS DE TAMARINDO.

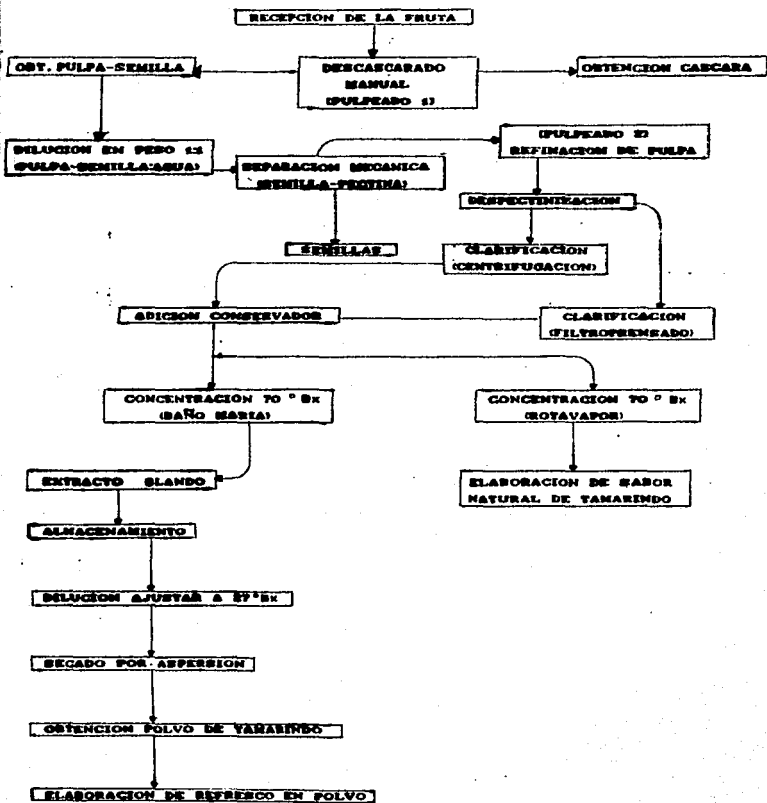


DIAGRAMA 2.

DIAGRAMA DE BLOQUES
BEBIDA EN POLVO DE TAMARINDO.

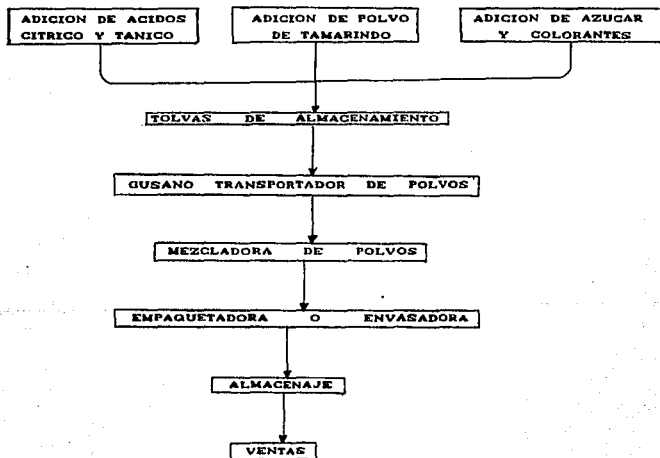
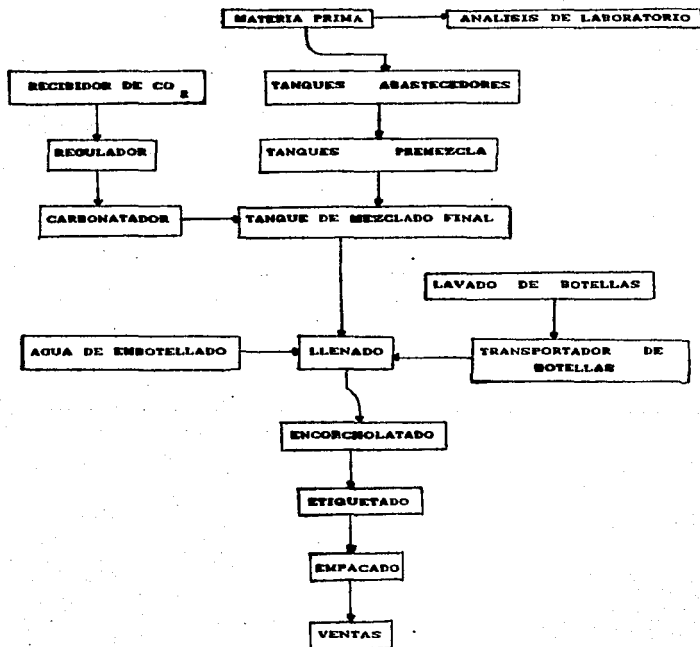


DIAGRAMA 3.

DIAGRAMA DE ELABORACION DE BEBIDA GASIFICADA DE TAMARINDO



Las empresas que emplean como materia prima al fruto de Tamarindo para la elaboración de sus productos obtienen como desecho la semilla, la cuál representa una proporción considerable con respecto al fruto.

Ejemplo de esto, son las industrias citadas anteriormente; en el caso de JARRITOS, que elabora refrescos, el fruto es sometido a un proceso de cocimiento a alta presión ocasionando que el desecho obtenido y especialmente la semilla salga reventada.

Comparando con JARABES TUCAN, el fruto es procesado en forma distinta permitiendo que la semilla se obtenga íntegra. Por lo que dependiendo del proceso al que sea sometido el fruto se obtendrá la semilla; pudiendo destinarse a diversos usos en base a la parte que se quiera aprovechar de ésta.

3.6 COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA (28).

Las siguientes tablas muestran la composición de ácidos grasos en el aceite de la semilla de Tamarindo.

El aceite es singular en su proporción de ácido lignocérico (22.3%). Sólo se conoce otro aceite con cantidades sustanciales de este ácido graso saturado y es de las semillas de madera de coral. (Apéndice 3)

Otra cuestión sobresaliente en el aceite de acuerdo con su composición de ácidos grasos es que además de contener altos porcentajes de ácidos grasos saturados, contiene elevado porcentaje de ácido linolénico, una combinación poco común. (19)

El aceite se puede clasificar bajo el grupo de grasa vegetal debido a su gran cantidad de ácidos grasos saturados y a su punto de fusión que es relativamente alto.

TABLA 4.

ACIDOS GRASOS		PORCENTAJE
Ac. Láurico	(12:0)	Trazas
Ac. Mirístico	(14:0)	Trazas
Ac. Palmítico	(16:0)	14.8%
Ac. Esteárico	(18:0)	5.9%
Ac. Oléico	(18:1)	27.0%
Ac. Linoléico	(18:2)	7.5%
Ac. Linolénico	(18:3)	5.6%
Ac. Araquídico	(20:0)	4.5%
Ac. Behénico	(22:0)	12.2%
Ac. Lignocérico	(24:0)	22.3%

De acuerdo a otra Bibliografía más reciente los datos que se obtienen de la composición de la semilla son:

TABLA 4.A

Acido Palmítico (C:16)	14.9-19.4%
Acido Oléico (C:18:1)	15.3-26.3%
Acido Linoléico (C:18:2)	36.0-48.6%
Acido Esteárico (C:18)	6.2-7.0%
Acido Araquídico (C:20)	2.3-3.3%
Acido Behénico (C:22)	3.1-4.8%
Acido Lignocérico (C:24)	3.9-8.0%

La composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de Tamarindo varía notablemente en relación con el país donde se produce.

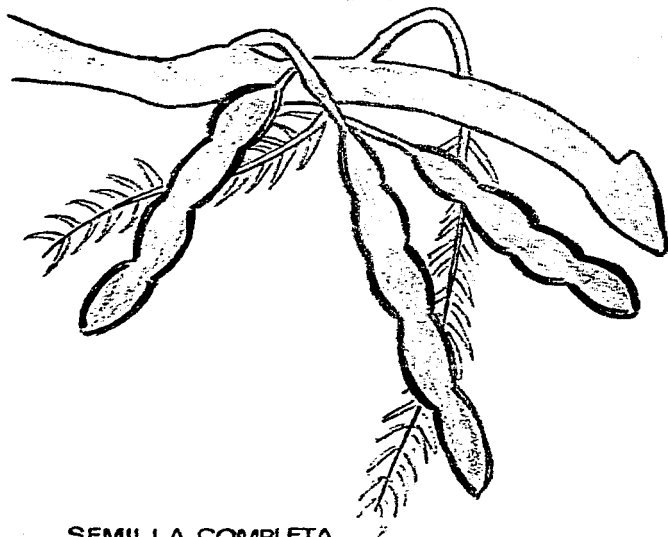
Como ejemplo podemos citar los artículos anteriores los cuales provienen de diferentes países; el primero de la India (Pitke P.M. et al 1977 Fatty Acid Composition on Tamarind Kernel Oil. The Am. Text. Ind. Res. Assoc., Vol 1. Jun.) y el segundo en Sudan (R.W. Andriamantena et al. JAOCS, Vol. 60 No. 7 July 1983 pags. 1318-1321), además de que se han reportado variaciones en el contenido de proteína y extracto etéreo en semillas provenientes de India y Egipto. (2)

3.7 USOS DE LA SEMILLA.

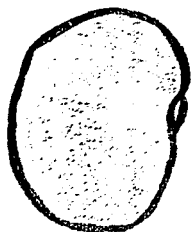
Se ha encontrado que la cáscara de la semilla del Tamarindo se puede usar como sustituto de un producto de harina de pescado. Además puede impartir un color rojizo para cuero o piel ya que el colorante que contiene es mayor del 40%. (16).

FIGURA 1

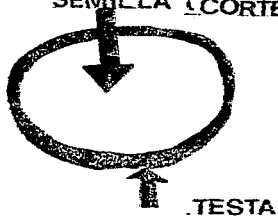
PARTES DEL TAMARINDO



SEMILLA COMPLETA



SEMILLA (CORTE)



La semilla sin testa de Tamarindo pulverizada se cotiza mejor en la industria textil como sustituto de almidón ya que es más eficiente y económico. (29)

Los polisacáridos de la semilla del Tamarindo tienen aplicaciones alimenticias, mejoran la textura de helados, mermeladas, ates y pasta de pescado; estabilizan cremas, mayonesas y quesos. (21)

Las semillas cocidas y pulverizadas se emplean solas o mezcladas con harinas o cereales para alimentar ganado. Se observa que el 50% de las semillas en el forraje aumentan con satisfacción el crecimiento del ganado vacuno por que retienen agua y aumentan el aprovechamiento de nitratos. (20)

De las semillas se extrae un aceite que se menciona como aceptable y de adecuadas cualidades culinarias. (11)

La testa de la semilla contiene una mezcla de sustancias tánicas y agentes colorantes que dan la posibilidad de que se utilice en tintes, curtidos y adhesivos. (25)

Otros usos industriales incluyen su empleo en impresiones de color en textiles, encoladura de papeles, tratamientos de cuero, manufactura de plástico estructural y pegamento para madera.

Con frecuencia se usa para almidonar mantas.

Debido a su carácter hidrofílico y su capacidad de formar soluciones de alta viscosidad el polvo de semilla sirve como un excelente agente cremoso para la concentración de goma latex, actua como estabilizador de suelo y puede usarse en composiciones de ladrillos. (25) (8)

La India que es el principal productor de semilla en el mundo, ha encontrado que el mayor provecho de éstas es para obtener pectina, la cual está siendo aplicada con muy buenos resultados en diversas áreas principalmente en la industria textil. (23) (29) (30)

Investigaciones y ensayos en laboratorio y a gran escala en un buen número de molinos, en diferentes partes de la India han mostrado que la pectina de la semilla de Tamarindo, tiene una capacidad engomante 300% mejor que el almidón de maíz.

La pectina de Tamarindo tiene un gran número de aplicaciones, no solamente en el tratamiento de algodón sino también con la adición de gomas adecuadas, para el tratamiento de seda artificial, aplicaciones en la industria de las pinturas, ya que una pasta de pectina al 2 y 3% no causa goteo.

En la industria de alimentos puede ser utilizada adecuadamente como un estabilizador en helados, mayonesas y quesos; así como jaleas obtenidas de pectina de semilla de Tamarindo son comparadas favorablemente en fuerza y transparencia con aquellas obtenidas de pectina de otra fruta.

Puede ser usada además en cosméticos, como agente emulsificante para aceites esenciales, como adhesivo, como agente deshidratante en productos en polvo, como ingredientes desintegrantes en píldoras, tabletas, como excipiente en preparación de ungüentos, como medio nutritivo en trabajos bacteriológicos, etc.

Por otro lado se ha considerado importante mencionar, en forma separada, los usos que se han dado a diversas partes del árbol de Tamarindo, lo cuál en un futuro no lejano, podría incrementarse el cultivo de este valioso fruto en nuestro país.

3.8 OTROS USOS DEL ARBOL DE TAMARINDO.

HOJAS.- Se ha encontrado que las hojas de Tamarindo son ricas en pigmento antoxantín, dando una producción de casi 2% del peso en seco. Las flores y los frutos son pobres en estos pigmentos. El extracto de hojas se ha usado en India desde hace tiempo como tinte para las fábricas de seda y lana.

El extracto de hojas también es la mayor fuente en India para preparaciones médicas usándolo como diurético, antiséptico, antihelmíntico, etc. (23)

FLORES.- Las flores de Tamarindo son refrescantes y antibiliosas. Se usa una cataplasma en afecciones inflamatorias y reumatismo para aliviar el dolor. Internamente se usa en caso de hemorragia.

MADERA.- Se emplea en toda clase de construcciones especialmente en las que exigen elasticidad y resistencia de tensión, como por ejemplo, en trabajos de herramienta, implementos de agricultura, ruedas, mazos y tablones, mueblería, molinos de arroz y de azúcar, etc.

Tienen un alto valor calorífico y como tal se emplea para carbón de leña y también en polvo para escopetas o fusiles y hornos de ladrillo. (6)

La madera de sus raíces la aprecian mucho en la carpintería compitiendo con la de ébano. (4) (9)

3.9 LÍPIDOS Y CLASIFICACION.

Para el hombre, las grasas y aceites que son los representantes más importantes de la gran familia de los lípidos, han sido una fuente importante como alimento ya que constituyen un material alimenticio concentrado, capaz de proporcionar el doble de energía neta que el mismo peso de carbohidratos o proteínas.

Además sirven como portadores de vitaminas liposolubles y aportan los ácidos grasos esenciales sin los que el organismo humano no puede sobrevivir.

Aparte de su gran valor nutricional, las grasas tienen la virtud de hacer más apetecibles los alimentos, ya que contribuyen al gusto y a la palatabilidad, además dan la sensación de saciedad después de comer.

Los lípidos realizan una función importante en la estructura, composición y permeabilidad de las membranas y paredes celulares. Son los componentes mayoritarios del tejido adiposo y contribuyen a la configuración del cuerpo.

Las grasas y aceites se utilizan como reguladores de intercambio calórico en los procesos de frituras y refrigeración, permitiendo mantener el color y el gusto.
(12)

En los últimos 20 años se ha visto la disminución gradual en el consumo de lípidos de origen animal, y se ha incrementado constantemente el uso de aceites vegetales; estas tendencias quizás sean las más pronunciadas en los años venideros, debido a que en los lípidos vegetales se encuentra el colesterol en pequeñas concentraciones; estando presentes en mayor proporción los derivados de éste (Campesterol, Estigmasterol, Sitosterol). (5)

DEFINICION Y CLASIFICACION GENERAL DE LOS LIPIDOS

DEFINICION: Lípido es el nombre genérico de un grupo muy amplio de sustancias generalmente solubles en éter, cloroformo y otros disolventes orgánicos, pero escasamente solubles en agua.

El término grasa abarca todas las sustancias insolubles en agua, constituidas principalmente por triacilglicéridos, que a temperatura ambiente puede ser

TABLA 5.

ACIDOS GRASOS SATURADOS E INSATURADOS MAS FRECUENTES EN LAS
GRASAS ALIMENTICIAS.

No. de Atomos de Carbono.	Nombre Común.	Nombre Sistemático	Pto.	
			Fusión °C	Ebull. °C
4	Butírico	Butanoico	-5.3	164
5	Valeriánico	Pentanoico	-34.5	186
6	Caprónico	Hexanoico	-3.2	206
7	Enántico	Heptanoico	-7.5	223
8	Caprílico	Octanoico	16.5	240
9	Felargónico	Nonanoico	12.5	256
10	Cáprico	Decanoico	31.6	271
12	Láurico	Dodecanoico	44.8	130
14	Mirístico	Tetradecanoico	54.4	149
16	Palmítico	Hexadecanoico	62.9	167
17	Margárico	Heptadecanoico	61.8	175
18	Esteárico	Octadecanoico	70.1	184
18	Oléico	9-Octadecenoico	16.3	153
18	Vassénico	11-Octadecenoico	39.5	---
18	Linoléico	9,12-Octadecadienoico	-5.0	202
18	Linolénico	9,12,15-Octadecatrienoico	-11.0	157
20	Araquídico	Eicosanoico	76.1	204
20	Araquidónico	5,8,11,14-Elicosatetranoico	-49.5	---
22	Behénico	Docosanoico	80.0	---
24	Lignocérico	Tetracosanoico	84.2	---

(12) (5)

líquidos, sólidos y/o semisólidos.

Generalmente se denomina aceite a las grasas líquidas que corrientemente son de origen vegetal; sin embargo, al hablar de grasas y aceites se entiende que se está refiriendo al mismo material que la grasa.

CLASIFICACION: La clasificación de los lípidos propuesta por Bloor es la siguiente: (12)

1) Lípidos sencillos o neutros: Esteres sencillos de ácidos grasos con alcoholes.

a) Grasas: Esteres de ácidos grasos con glicerol.

b) Ceras: Esteres de ácidos grasos con otros alcoholes.

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

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

b) Cerebrósidos o glucolípidos: Compuestos que contienen ácidos grasos, nitrógeno y una parte formada por hidrato de carbono, pero carecen de ácido fosfórico.

- c) Otros lípidos compuestos: A este grupo pertenecen los esfingolípidos y los sulfolípidos.

- 3) Compuestos derivados de los lípidos sencillos o de los compuestos, pero sin embargo mantienen las propiedades generales del grupo.
 - a) Ácidos grasos.

 - b) Alcoholes de cadena larga y esteroides.

 - c) Hidrocarburos

Otra forma de clasificar las grasas y aceites en un solo grupo es de acuerdo al tipo de ácido graso que caracteriza distintamente o predomina en la grasa.

- a) Grasas lácteas
- b) Grasas láuricas
- c) Grasas ricas en ácido oléico y linoléico
- d) Grasas ricas en ácido linoléico
- e) Grasas de origen animal procedentes de tejido adiposo.

Además de los ésteres de glicerol simples, las grasas vegetales contienen pequeñas porciones de otros materiales como los fosfolípidos, esteroides, vitaminas, antioxidantes, pigmentos y en algunas grasas hidrocarburos.

La grasa cruda (obtenida del vegetal) puede contener productos de hidrólisis de los triglicéridos simples como ácidos grasos libres, glicerol y los mono y diglicéridos resultantes de la hidrólisis parcial. (7)

3.10 DETERIORO DE LOS LÍPIDOS.

Las grasas y los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de deterioro que reducen el valor nutritivo de los alimentos y producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables. Esto se debe a que el enlace éster de los acilglicéridos es susceptible a la hidrólisis química y enzimática, y que los ácidos grasos insaturados son sensibles a reacciones de oxidación; los más susceptibles a este cambio son los de origen marino, seguidos por los aceites vegetales y por último las grasas animales.

El deterioro de los lípidos se ha dividido en dos grupos: la rancidez hidrolítica en donde la acción de las lipasas libera ácidos grasos de los triacilglicéridos y la rancidez oxidativa donde se refiere a la acción del oxígeno y de la enzima lipoxigenasa sobre las insaturaciones de los ácidos grasos. Una tercera forma de deterioro es el fenómeno de reversión el cual se presenta en los lípidos cuando se almacenan bajo ciertas condiciones. (Temperatura, Humedad, ciertos iones metálicos).

- RANCIDEZ HIDROLITICA O LIPOLISIS: Se debe a la acción de las lipasas sobre los enlaces éster de los

triacilglicéridos de las grasas y es notable en alimentos que contengan altas concentraciones de ácidos grasos volátiles de cadena corta.

Los ácidos grasos libres (desde butírico hasta el láurico) contribuyen al desarrollo de sabores y olores rancios en las grasas. La mayoría de las grasas y aceites contienen ácidos grasos de cadena larga, siendo el problema de rancidez hidrolítica no tan grave.

- RANCIDEZ OKIDATIVA: La principal reacción de oxidación de los lípidos es por la acción directa del oxígeno sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados con la producción de hidroperóxidos. Otro mecanismo es la acción enzimática de la lipoxigenasa y de la alcohol deshidrogenasa.

a) Autooxidación (acción directa del oxígeno): Se presenta en los lípidos con alto contenido de ácidos grasos insaturados y son el deterioro más común de las grasas utilizadas en la industria alimentaria.

La oxidación de los lípidos insaturados puede generar variedad de compuestos que van desde sustancias polimerizadas hasta moléculas volátiles de bajo peso molecular, que producen olores y sabores desagradables en el alimento.

La intensidad, la forma de oxidación y los compuestos formados dependen en gran parte de la temperatura, la presencia de catalizadores, el estado de dispersión de la grasa, las radiaciones

electromagnéticas, el tipo de ácido graso, la distribución geométrica de la doble ligadura y de la cantidad de oxígeno disponible.

Los empaques al vacío o en gas inerte y la refrigeración ayudan a conservar las grasas por períodos de almacenamiento más prolongados.

La oxidación de ácidos grasos poliinsaturados consta de tres pasos:

- A) Iniciación
- B) Propagación
- C) Terminación

b) Rancidez Oxidativa (acción enzimática por la lipoxigenasa):

Las lipoxigenasas peroxidizan solamente los ácidos grasos que poseen un sistema pentadieno 1-cis, 4-cis, sustratos preferidos son, por tanto, los ácidos linoléico y linolénico para la enzima de las plantas y el ácido araquidónico para la enzima de origen animal; el ácido oléico no sirve como sustrato.

Las lipoxigenasas actúan adicionando dos átomos de oxígeno a cada molécula de ácido graso formando hidroperóxidos cis-trans ópticamente activos. Las lipoxigenasas son sensibles al calor, al pH ácido y alcalino, siendo fácil su inactivación.

- REVERSION: Sucede a los aceites durante su almacenamiento y se distingue por una producción de olores desagradables, no está relacionada con la oxidación de las grasas.

Los compuestos producidos durante este cambio son normalmente derivados aldehídicos y cetónicos. La temperatura, ciertos iones metálicos y algunas radiaciones electromagnéticas aceleran estos cambios.
(5)

3.11 METODOS DE EXTRACCION DE LIPIDOS.

Existen diversos métodos para la extracción del aceite de una semilla, estos son:

- a) EXTRACCION POR PRESION
- b) EXTRACCION ACUOSA
- c) EXTRACCION ENZIMATICA
- d) EXTRACCION POR DISOLVENTE

Para todos los casos, la extracción de aceite de semilla es mucho más eficiente y rápida cuando ésta es sometida a una laminación o trituración previa. La velocidad de extracción del aceite es proporcional al cuadrado del espesor de la semilla.

En la práctica no es conveniente laminar la semilla al grado que las láminas tiendan a convertirse en polvo, ya que esto dificulta el drenado del

disolvente en la harina, dando por resultado una extracción incompleta del aceite.

Para obtener una máxima recuperación del aceite es necesario someter a la semilla a un tratamiento térmico, los motivos por los cuales este tratamiento es importante son:

- Durante el calentamiento, las gotas pequeñas de aceite que se encuentran en la masa de la semilla, se unen entre sí formando gotas mayores que salen más fácilmente de la masa de la semilla.

- Por otro lado el aceite de la semilla, se encuentra en estado de emulsión con las proteínas; al efectuarse el calentamiento se consigue la desnaturalización de éstas, dando por resultado el rompimiento de la emulsión facilitando la extracción del aceite.

Las condiciones óptimas del tratamiento depende del material y particularmente del proceso de extracción. Durante este tratamiento se debe ser muy cuidadoso, ya que de lo contrario, el aceite puede deteriorarse desde el punto de vista fisicoquímico y organoléptico, afectando negativamente al producto.

-Otro factor importante que determinará el rendimiento y la velocidad de la extracción, es la humedad de la semilla, ya que cuando está por debajo del 2% es mayor la dificultad de extracción del aceite que

si la extracción se efectúa a una humedad de la semilla del 10%.

Esto se debe a que el agua de la semilla se encuentra envolviendo las partes superficiales de ésta, ayudando de esta manera a la difusión del aceite hacia la parte externa de la semilla.

Si se elimina el agua de la semilla, se presenta un fenómeno de impermeabilización que retiene el aceite haciendo difícil la extracción.

a) EXTRACCION POR PRESION: Hay métodos que utilizan a las presiones para separar el aceite de la materia que contiene grasa. La presión es generalmente aplicada en el procesamiento de grasas y aceites vegetales. Las dos importantes variaciones que se practican son: Por prensas hidráulicas y para procesos por lotes se emplean "Expellers".

El rozamiento entre la semilla y el equipo, ocasionado por la presión, produce un incremento en la temperatura, que si supera los 160°C dañará la calidad del aceite.

Por este método se obtienen dos productos: Aceite de presión y harina parcialmente desengrasada.

Si se tiene un contenido de materia grasa bajo, en la harina parcialmente desengrasada puede ser sometida a una segunda extracción por disolventes para recuperación

más eficiente del aceite. (7).

b) EXTRACCION ACUOSA: La extracción acuosa se basa en la precipitación de las proteínas cuando se alcanza su punto isoeléctrico liberando el aceite. Existen dos métodos para llevar a cabo este tipo de extracción: Método Acido y Método Alcalino.

En el método ácido, la extracción se lleva a cabo adicionando agua destilada a la semilla molida y se lleva a pH 4, con ácido clorhídrico 0.5N. Se agita durante 30 minutos a 60 °C después se centrifuga 30 minutos a 10,000 rpm se separa la fase sólida de las líquidas y estas últimas se dejan reposar. Se decanta el aceite del suero. Este último se filtra, se alcaliniza hasta pH 8.5 con hidróxido de sodio 0.5N que origina precipitación de proteínas, se centrifuga y se obtiene el suero residual por un lado y por el otro, el aislado proteínico.

La fase sólida obtenida en la primera centrifugación se somete a una nueva extracción con el objeto de recuperar la mayor cantidad posible de proteína contenida en la muestra.

En la extracción acuosa alcalina, la metodología utilizada es esencialmente la misma que se siguió en el caso anterior, con la variante de que en este ensayo primero se alcaliniza y después de la centrifugación y de separar fases, se acidifica a un pH 4.5 para precipitación de las proteínas. (14)

c) EXTRACCION ENZIMATICA: Se emplean diferentes tipos de enzimas en esta extracción, las más empleadas son pectinasas, proteasas y celulasas, esto depende de los componentes que rodean a las micelas del aceite (14).

d) EXTRACCION POR DISOLVENTE: Es muy empleada para la extracción de aceites comestibles o para aceites donde la calidad y pureza son muy importantes.

Se cuentan con dos tipos de extracción en las semillas: extracción por solución, donde se extrae una gran cantidad de aceite proveniente de células que se rompen durante los procesos de trituración y laminado; y el segundo denominado extracción por difusión, en el cual la separación del aceite es difícil, ya que este proviene de células enteras o parcialmente rotas.

Existen tres procesos de extracción de aceite por disolventes los cuales son:

- Extracción por Percolación: Se lleva a cabo mediante una lluvia de disolvente de tal manera que llegue a toda la masa pero sin llenar todos los espacios vacíos entre las semillas. La velocidad de recambio del disolvente es alta ya que la película del líquido escurre rápidamente sobre las partículas por efecto de la fuerza de gravedad.

Para este proceso es importante que el tamaño de partícula sea tal que permita y facilite el drenaje del

disolvente. Se requiere reciclar el disolvente varias veces.

- Proceso de inmersión: La semilla triturada o laminada va inmersa completamente en el disolvente, incluso si éste está en movimiento. La velocidad de recambio del disolvente es lenta, aunque la semilla haya sido triturada a tamaños muy finos.

En este proceso no es necesario la recirculación del disolvente, sin embargo, la concentración del aceite en la micela de lavado llega difícilmente al 15%, mientras que en el proceso de percolación puede alcanzar valores de 35%.

- Procedimiento mixto (percolación-inmersión): Este proceso se lleva a cabo en dos etapas percolación e inmersión. Tiene las ventajas de cada sistema, ya que en conjunto ofrece alta concentración de aceite en la micela, muy bajo contenido de aceite residual en las harinas, la posibilidad de trabajar con productos con alto contenido de grasa y pequeña granulometría.

Es necesario eliminar el disolvente después de la extracción para que el producto sea considerado de buena calidad.

Quando se manejan semillas con contenido de aceite superior al 20% es conveniente someterlas a un tratamiento por presión para obtener harinas con un contenido de aceite de aproximadamente del 15% y después

someterla a un tratamiento de extracción por disolvente directamente. (7)

3.12 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EXTRACCION POR DISOLVENTES. (7)

- Tiempo de Extracción: Está en función de la cantidad de aceite extraído. La mayor parte del aceite se extrae en los primeros treinta minutos de la extracción, pero se requiere de un tiempo largo para dejar la harina con un contenido menor al 1%.

- Temperatura del Disolvente: El aumento de la temperatura del disolvente favorece la extracción del aceite pero sobrepasando la temperatura de 50 °C se produce una disminución del poder extractivo del disolvente en algunos tipos de semillas.

- Tipo de Disolvente: Los disolventes empleados para la extracción de aceites son: El Hexano, Benceno, Tricloroetileno y Sulfuro de Carbono.

Dado que hoy casi todos los aceites vegetales van destinados a la alimentación humana, se exige que el producto sea lo más puro posible, por lo que debe elegirse el disolvente más adecuado para obtener un buen aceite.

Hay que precisar, sin embargo, que no es solamente el factor de calidad lo que determina la elección de estos disolventes, sino que hay otros factores de carácter físico, químico y toxicológico que es necesario

tener en cuenta.

El Tricloroetileno tiene una temperatura de ebullición demasiado alta, lo cual repercute en el rendimiento de la extracción; porque debe existir una diferencia de temperatura de 10 °C entre el disolvente y el aceite para que se realice una buena extracción. Además el Tricloroetileno produce vapores clorados, tiene acción corrosiva a los materiales férricos con los que está en contacto.

Desde el punto de vista de la calidad del aceite, este disolvente es poco selectivo ya que se ha visto que el aceite extraído es de mala calidad por tener productos no deseables tales como: fosfátidos, oxiácidos, etc.

El Tricloroetileno podría utilizarse solamente en los casos en que no es primordial la calidad del aceite.

El Sulfuro de Carbono produce con el tiempo compuestos sulfurados que son tóxicos y es el más peligroso, porque produce un ambiente intolerable y es sumamente inflamable. Además al tener un calor latente de vaporización de 112 Kcal/Kg es uno de los disolventes que requiere más energía en forma de calor para efectuar la extracción y esto repercute en costos a nivel industrial.

El Hexano y el Benceno son los disolventes más utilizados y tienen un poder de extracción semejante. Son disolventes muy selectivos porque se obtienen aceites de buena calidad; no producen vapores en presencia de materiales férricos y compuestos tóxicos. Además al tener un calor latente de vaporización de 54.9 Kcal/Kg requiere menor energía (calor) y esto abate costos a nivel industrial. Son disolventes más aptos para la extracción de aceite de semillas oleaginosas.

- Granulometría: El tamaño de partícula influye en el rendimiento de extracción del aceite ya que mientras más pequeña sea ésta, mayor es la interacción entre el disolvente y el aceite, favoreciendo así la extracción del mismo. Sin embargo, es importante probar varios tamaños de partícula, ya que a un diámetro de partícula muy pequeño se puede formar una masa entre el disolvente y esta, lo cual no favorece la extracción (7).

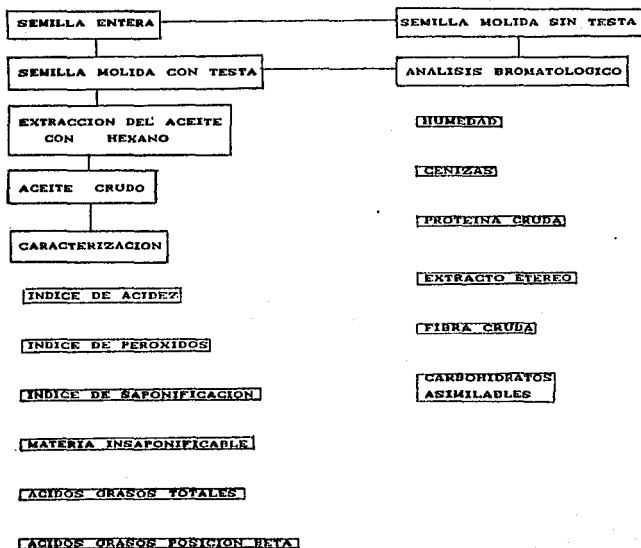
- Relación soluto - disolvente: La cantidad de disolvente está en función del tipo de semilla de la que se quiera extraer el aceite (7) (14).

CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

DIAGRAMA 4.

DIAGRAMA DE FLUJO.



C A P I T U L O I V

DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 MATERIA PRIMA:

La materia prima que se utilizó en este trabajo fue semilla de Tamarindo; la industria que la proporcionó es "Jarabes Tucan" la cual se dedica a la elaboración de jarabes de frutas para la preparación de bebidas.

La variedad del fruto no se conoce, unicamente se sabe que proviene de Guerrero y Chiapas principalmente, siendo los estados de mayor producción en nuestro país.

Obtención de la semilla:

a) Se separaron las semillas manualmente del desperdicio que consistía en cáscara, pulpa, vaina, etc.; se lavaron con agua varias veces y se dejaron secar a temperatura ambiente para evitar una posible contaminación microbiana.

b) Ya seca la materia prima, se realiza una segunda selección manualmente descartando aquellas semillas que tuvieran algún defecto como rotos, descascarillados, perforados, etc.

c) Una vez seleccionada la semilla, se separa una pequeña muestra para determinar la humedad original, si esta es mayor al 10% entonces se deberán secar hasta tener una humedad entre 7 y 10%.

d) Al resto se le quita la testa, para lo cual se realizaron varios intentos en uno de ellos, se separa una pequeña muestra de semillas, se ponen a remojar por lo menos 3 hrs. en agua y la separación de la testa se hace manualmente.

Inicialmente se pretendía desarrollar el trabajo experimental con la semilla de Tamarindo sin testa, pero debido a que se presentaron dificultades para separar la testa de la semilla por ser muy delgada y que se encuentra fuertemente adherida a ésta, se optó por dejar la semilla completa ya que contiene de un 30 a 40% de sólidos solubles de los cuales el 80% son taninos considerando que no interferirán en los resultados.

A estas semillas sin testa, se les utiliza para realizar el análisis bromatológico y establecer una comparación con el análisis bromatológico de la semilla con testa.

e) En otro se pesan 10 gramos de semilla se colocan en una solución de hidróxido de sodio al 5% durante 10 min., transcurrido el tiempo se sacan y se dejan secar a temperatura ambiente, posteriormente se separa manualmente y con cuidado la testa de la semilla. Este ensayo permitió determinar el porcentaje en peso de

semilla con respecto al peso de la testa.

f) Las semillas con y sin testa se molieron por separado en un molino de martillos, logrando obtener una harina uniforme.

g) Cabe mencionar que a la harina de semilla con testa se le determinó su análisis bromatológico y se utilizó para extraer el aceite, así como también para determinar el número de extracciones necesarias para agotar el aceite de la semilla de Tamarindo.

4.2 PREPARACION DE LA MUESTRA.

Tanto la semilla molida con testa como sin ella, se conservaron en frascos de cierre hermético y opacos, se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización para evitar su deterioro.

4.3 ANALISIS BROMATOLOGICO.

El análisis bromatológico se efectuó en la harina de semilla de Tamarindo con testa y sin ella.

HUMEDAD (AOAC, 1980). (1).

La muestra fue pesada en un pesafiltro tarado, poniéndose en la estufa a $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante una hora.

Se retira de la estufa, se tapa el pesafiltro y se deja enfriar en desecador. Se pesa tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente.

La pérdida de peso corresponde a la humedad de la muestra.

CENIZAS (AOAC 1980). (1).

Incluyen todos los compuestos inorgánicos fijos de la muestra, tanto los originales como los de contaminación.

Se calcina la muestra en una cápsula previamente tarada, primero con mechero y posteriormente en la mufla a 550 °C hasta que las cenizas estén blancas o grises.

Se enfría en desecador y se pesa. Se calcula el porcentaje de cenizas.

PROTEINA CRUDA (AOAC 1980). (1).

La proteína cruda es un dato obtenido a partir del nitrógeno total de la muestra suponiendo que las proteínas tienen un contenido invariable de 16% de nitrógeno, que da por resultado un factor de conversión a porcentaje de proteína igual al 6.25% que proviene de $100/16=6.25$.

El método utilizado es el Kjeldahl basado en la oxidación de las proteínas y materia orgánica por el

ácido sulfúrico, fijándose el nitrógeno orgánico como sulfato de amonio. Al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte se desprende amoniaco el cual se destila y se recibe en un volumen de ácido clorhídrico 0.1N valorado.

Por titulación del ácido no neutralizado con hidróxido de sodio 0.1N valorado se calcula la cantidad de amoniaco desprendido y así la cantidad de nitrógeno de la muestra. El porcentaje de nitrógeno multiplicado por el factor 6.25 nos da el porcentaje de proteína cruda.

EXTRACTO ETereo (AOAC 1980). (1).

La extracción de los lípidos se obtiene con éter etílico por lo que puede denominarse extracto etéreo.

Para determinar la cantidad de grasa cruda se realizó una extracción utilizando un extractor soxhlet y hexano durante 8 horas; una vez transcurrido este tiempo se evapora el disolvente hasta peso constante, en una estufa a 100 °C.

El porcentaje de grasa se obtiene de la relación entre el peso del extracto y el peso de la muestra multiplicado por 100.

FIBRA CRUDA (AOAC 1980). (1)

Es la fracción orgánica de la muestra que resiste un tratamiento alternado de ácido sulfúrico y sosa

hirviente al 1.25%.

El compuesto más abundante de este residuo es el carbohidrato celulosa y en menores cantidades hemicelulosas, ligninas y pentosanas.

La muestra previamente desengrasada se somete a una hidrólisis ácida durante 30 min. con ácido sulfúrico al 1.25% hirviente, posteriormente se filtra y el residuo se lava varias veces con agua destilada hasta que no dé reacción ácida al rojo de metilo. Se repite la operación con solución hirviente de hidróxido de sodio al 1.25%. Después se filtra y se lava con ácido sulfúrico al 1.25% y con agua destilada caliente hasta que no dé reacción alcalina. El residuo se coloca en un crisol tarado y se seca a 130°C durante 2 hrs, enfriar y pesar. Llevar a la mufla y calcinar a 600°C durante 30 min., enfriar y pesar.

Se determina un blanco procediendo de la misma forma que para la muestra.

La cantidad de fibra se obtiene de la diferencia entre ambas pesadas de la muestra, menos el peso perdido en la determinación del blanco y dividido por el peso de la muestra desengrasada; multiplicado por 100.

CARBOHIDRATOS ASIMILABLES (AOAC 1980). (1).

Son los carbohidratos no fibrosos como los almidones y los azúcares.

Si se suman los porcentajes de humedad, cenizas, proteína, grasa cruda y fibra cruda y el total se resta de 100%, se puede suponer que esta diferencia son los carbohidratos asimilables.

4.4 EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE TAMARINDO.

Extracción con Hexano.

El método empleado fue extracción por disolventes, en este caso hexano. La extracción del aceite se realizó en un extractor Soxhlet marca Apex, que se encuentra en el "Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubiran", en el cual se colocó 2.5 kg de semilla molida con testa con 5 lbs. de disolvente, siendo en este caso hexano. (Relación peso - volumen 1:2).

El extractor Soxhlet marca Apex se opera a base de presión en un intervalo de 1.5 a 2lb/in², se realizaron varias extracciones a un mismo tiempo (5hrs). El aceite obtenido en las condiciones de 2lb/in² de presión y 5hrs tiempo de extracción se efectuó su caracterización.

Extracciones necesarias para agotar el aceite de la semilla de Tamarindo.

El ensayo se realizó en una columna de vidrio con 50 cm de largo y 8.2 cm de diámetro interno, colocando en la parte inferior de la columna un tapón de algodón.

Se utilizaron 100 gramos de la semilla molida con

testa y 200 ml de hexano (Relación peso - volumen 1:2). Se hicieron las extracciones a 22°C, cada 20 minutos se renueva el disolvente (200 ml), con el objeto de determinar el número de extracciones necesarias para agotar el aceite que contiene la muestra simulando un proceso industrial. Se pesa el aceite extraído después de evaporar el disolvente.

4.5 CARACTERIZACION DEL ACEITE.

Se realizan las siguientes pruebas para determinar la calidad y composición del aceite:

ACIDEZ LIBRE (PANREAC) (26).

Relacionada con la calidad del aceite, ya que los que están recientemente procesados son prácticamente neutros, pero a medida que envejecen se liberan ácidos grasos; esta liberación se incrementa en condiciones de almacenamiento inadecuadas.

El índice de acidez se expresa como los miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres de un gramo de muestra y se reporta como ácido oléico.

Se pesa 5 g de muestra, se agrega alcohol previamente neutralizado a la fenolf talefina con solución de hidróxido de potasio 0.1N.

La acidez se titula con hidróxido de potasio 0.1N utilizando como indicador fenolftalefina.

INDICE DE PEROXIDOS (PANREAC) (26).

El índice de peróxidos representa a los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de materia grasa calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio.

Los peróxidos se originan de la interacción del oxígeno con los dobles enlaces de los ácidos grasos o por la degradación de estos mediante la acción de enzimas lipoxigenasas, formándose hidroperóxidos, los cuales son responsable de la propagación de las reacciones de oxidación.

Se asume que las sustancias que oxidan al yoduro de potasio son peróxidos.

El yodo que se libera de dicha oxidación se titula con tiosulfato de sodio 0.1.N, en presencia de almidón como indicador, se hace pasar una corriente de gas inerte en todos los reactivos para que estén libres de oxígeno.

INDICE DE SAPONIFICACION (PANREAC) (26).

Es el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar los ácidos grasos totales de un gramo de lípido.

Se lleva a cabo una saponificación de la muestra con solución alcohólica de hidróxido de potasio y

calentamiento durante 30 min. se titula con ácido clorhídrico 0.1N usando fenolf taleína como indicador, se determina un blanco en las mismas condiciones.

El índice de saponificación está relacionado inversamente al peso molecular promedio de los ácidos grasos. Así la mantequilla tiene los más altos índices, los aceites de palma índice medio y la mayoría de otros aceites índices bajos.

MATERIA INSAPONIFICABLE (PANREAC) (26).

Se entiende por insaponificable el peso en gramos de sustancias no saponificables, insolubles en agua y solubles en el disolvente utilizado en la determinación, contenidos en 100 gramos de grasa.

Se lleva a cabo una saponificación con solución alcohólica de hidróxido de potasio, separar la fase jabonosa de la etérea con éter de petróleo, trasvasar la solución de éter de petróleo a un matraz previamente tarado y eliminar el disolvente por destilación, secar el matraz en una estufa y se pesa.

La materia insaponificable se obtiene de la relación del peso del residuo entre el peso en gramos de la muestra por 100.

El método es aplicable a todas las materias grasas. Su exactitud es sólo aproximada para aquellas grasas con un contenido de insaponificable elevado.

DETERMINACION DE ACIDO GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES. (PANREAC) (26).

El método está basado en la separación y determinación por cromatografía de gases de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

Es aplicable a aceites y grasas que contiene ácidos grasos de 12 a 24 átomos de carbono.

Si hay ácidos grasos oxidados se falsean por completo los resultados. Se forman los ésteres metílicos utilizando trifluoruro de boro en metanol, se extraen con cloroformo y se inyectan al cromatógrafo de gases.

CONDICIONES DE TRABAJO:

Equipo	Hp 5880
Detector	Ionización de Flama
Columna Capilar	Carbowax 20 m
Longitud	25 mts.
Diámetro Interno	0.25 mm
Grosor de la Película	0.2 mm
Temperatura del Ionizador	200 °C
Temperatura del Inyector	200 °C
Temperatura de la Columna	200 °C
Velocidad de la Carta	1 cm/min.

DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA EN LOS TRIGLICERIDOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES (26).

La distribución específica de los ácidos grasos en los triglicéridos varía ampliamente dependiendo del tipo de aceite y grasa.

El perfil de ácidos grasos en el oxhidrilo en posición central (beta) de la molécula de glicerol puede no ser el mismo que el perfil de ácidos grasos totales, sobre todo porque 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.

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

Los beta-monoglicéridos se separan por cromatografía en capa fina de silicagel, efectuándose el análisis cualitativo y cuantitativo de los ácidos por cromatografía de gases de sus ésteres metílicos.

Las condiciones de la cromatografía son iguales a los de ácidos grasos totales.

CAPITULO V

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Y

DISCUSION

5.1 RELACION ENTRE LOS COMPONENTES DE LA FRUTA

T A B L A 6.

PULPA	42.8%
FIBRA	2.9%
SEMILLA	31.0%
CASCARA	23.3%

En la Tabla 6 se muestra los porcentajes que componen al fruto del Tamarindo, siendo el desecho (fibra, cáscara y semilla) el que se encuentra en una proporción mayor. Dentro de este resalta la semilla de Tamarindo; por lo que la utilización de esta sería un buen aprovechamiento a nivel industrial por su bajo costo económico.

5.2 RELACION EN PESO ENTRE LA SEMILLA Y TESTA

T A B L A 7.

MUESTRA	1	2	3
Semilla/Testa	60/40	55/45	54/46
Relación Promedio Semilla/Testa	56.3/43.7		

La relación promedio Semilla/Testa se observa que esta última ocupa aproximadamente la mitad de la semilla entera, por lo que se esperó que los resultados del análisis bromatológico a obtener se verán influenciados por la presencia de la testa.

5.3 HUMEDAD DE LA SEMILLA DE TAMARINDO:

% humedad promedio = 9.8

Esta humedad fue determinada después de que la semilla fue previamente lavada con agua y secada a temperatura ambiente para evitar una posible contaminación microbiana, la condición óptima de humedad para realizar una buena extracción del aceite es del 10%, por lo que se esperaba que la humedad de la semilla no afectará en la extracción del aceite.

5.4 COMPARACION DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA SEMILLA DE TAMARINDO CON Y SIN TESTA.

T A B L A 8.

DETERMINACION	A	B
	SEMILLA SIN TESTA (% PESO)	SEMILLA CON TESTA (% PESO)
Humedad	13.0	9.8
Cenizas	1.5	3.5
Proteína Cruda (Nx6.25)	13.0	7.3
Extracto Etéreo	9.0	5.2
Fibra Cruda	1.0	2.9
Carbohidratos Asimilables	62.5	71.3

A) En el caso de humedad se considera un valor alto en comparación con la humedad original de la semilla, esto puede deberse a que en el ensayo realizado para quitar la testa de la semilla se dejó remojar en agua por lo menos 3 hrs influyendo notablemente en los resultados a pesar de que se dejó secar la semilla a temperatura ambiente después de quitar la testa.

En este análisis bromatológico cabe mencionar que el porcentaje en peso de proteína obtenida varía con respecto a los reportados en la literatura (Tabla 9).

Sin embargo el valor obtenido es aceptable considerando que al desengrasar la semilla, este valor podría incrementarse, pudiendo ser destinada la harina

de semilla de tamarindo como suplemento de alimentación animal realizando previo aminograma.

En relación con el porcentaje en peso de grasa o extracto etéreo obtenido, resultó ser menor del que se esperaba comparando con el porcentaje en peso de extracto etéreo de otras semillas (girasol, cartmo, soya, etc.). Pero no hay que descartar que este valor puede ser satisfactorio dependiendo del uso que se aplique con respecto a sus características.

B) En estos resultados se observa que la presencia de la testa influye sobre los porcentajes de cada determinación. En el caso de cenizas el porcentaje se ve incrementado comparado con el análisis bromatológico de la semilla sin testa.

Refiriéndose a la cantidad de grasa y proteína cruda los valores disminuyen considerablemente, por lo que para obtener un buen rendimiento es recomendable quitar la testa.

5.5. COMPARACION DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA SEMILLA DE TAMARINDO SIN TESTA CON LOS REPORTADOS.

TABLA 9.

DETERMINACION	REPORTADOS		ANALIZADOS
	A	B.	SEMILLA SIN TESTA
Humedad %	8.5	8.43	13.0
Cenizas %	2.3	2.79	1.5
Proteína Cruda (Nx6.25)%	Trazas	14.91	13.0
Extracto Etéreo	6.21	7.37	9.0
Fibra Cruda (%)	*	*	1.0
Carbohidratos Asimilables	*	*	62.5

* No reportados.

A) R.W. Andriamanantena et al

JOACS Vol. 60, No. 7

July 1983

B) Jfmenez Delgado A.

Industrialización del Tamarindo

Tesis UNAM 1983 México

Para el análisis bromatológico de la semilla de Tamarindo no se puede generalizar o dar un rango determinado, ya que como se observa en la tabla 9 los valores difieren dependiendo del lugar de procedencia del fruto por ejemplo: clima, suelo, riego, etc., son variables no controlables, resaltando principalmente los 2 macrocomponentes proteína y grasa.

5.6 EXTRACCIONES NECESARIAS PARA AGOTAR EL ACEITE DE LA SEMILLA DE TAMARINDO CON TESTA.

Condiciones de Trabajo:

- Temperatura 22°C.
- Tiempo de extracción 20 min.
- Relación peso - volumen 1:2

TABLA 10.

No. DE EXTRACCIONES	% ACEITE EXTRAIDO	%ACEITE RESIDUAL
0	0	5.200
1	3.998	1.202
2	4.184	1.016
3	4.280	0.920
4	4.394	0.806

Tomando el contenido de aceite de la muestra extraída por Soxhlet con hexano (5.2) como el 100%, los porcentajes de aceite extraídos para el número de extracciones son las siguientes:

TABLA 11.

No. de EXTRACCIONES	% ACEITE EXTRAIDO
0	0
1	76.88
2	80.46
3	82.31
4	84.5

Durante los primeros 40 minutos se extrae la mayor cantidad de aceite alrededor del 80% del aceite de la semilla. Esto se debe a que el disolvente interactúa más rápido con el aceite porque este se encuentra en una mayor concentración.

Conforme se realizan las siguientes extracciones el porcentaje de aceite extraído no varía debido a que se llega a un equilibrio entre la velocidad de difusión del aceite de la semilla y el disolvente.

Con este ensayo se pretende simular un proceso industrial en donde se busca extraer el mayor porcentaje de aceite de la materia prima con un continuo recambio de disolvente.

5.7 CARACTERIZACION DEL ACEITE.

T A B L A 12.

DETERMINACION	
ACIDEZ	0.79 (% ácido oléico)
INDICE DE PEROXIDOS	44.5 (Meq. de oxígeno/kg)
INDICE DE SAPONICACION	134.3 (Mg.KOH/g)
MATERIA INSAPONIFICABLE	4.0% (Método etér de petróleo)

ACIDEZ: Se puede apreciar un porcentaje alto de acidez (0.79), debido a la presencia de ácidos grasos libres.

Esta acidez puede deberse al proceso que sufre el fruto, donde se obtiene la semilla húmeda y caliente favoreciendo así la liberación de ácidos grasos.

Quizá realizando una refinación, el valor de acidez baje, puesto que en la neutralización se eliminan estos ácidos grasos libres en forma de jabones.

SAPONIFICACION: El índice de saponificación es inversamente proporcional al promedio de las masas moleculares de los ácidos grasos de los triglicéridos presentes, dando una idea del tamaño de los ácidos grasos.

El índice de saponificación es considerado bajo (134.3) ya que se reporta en la literatura como índices de saponificación más bajos; (180.1) la grasa de castor, (184.7) el aceite de germen de maíz y (179.0) el aceite de semilla de colza, y entre los índices de saponificación más altos podemos encontrar el aceite de coco (256.4), el aceite de semilla de palma (246.4).

Siendo que a menor índice de saponificación se encuentran los ácidos grasos de mayor peso molecular podría pensar en la presencia de los ácidos grasos esenciales (linoléico, linolénico y araquidónico).

INSAPONIFICABLE: El material insaponificable comprende hidrocarburos, alcoholes superiores y esteroides, todos solubles en la materia grasa.

El aceite de semilla de Tamarindo tiene un valor alto (4.0); los aceites vegetales se caracterizan por tener un valor bajo de materia insaponificable, comparando el material insaponificable de diferentes aceites podemos observar que es uno de los valores más altos para el aceite de semilla de Tamarindo. (Apéndice 1).

La mayor parte de los aceites y grasas de pureza normal contienen menos del 2% de materia insaponificable.

PEROXIDOS: Es una medida del oxígeno activo presente en el aceite y por lo tanto, de la rancidez en el mismo; el valor obtenido (44.5) se considera alto, esto se puede deber a las condiciones drásticas en el proceso de obtención del aceite, que son más susceptibles a la oxidación.

El tiempo de almacenamiento pudo haber influido en este valor pues fue el último análisis que se realizó y quizá las condiciones de almacenamiento no fueron adecuadas.

El índice de peróxidos máxima recomendada es de 10 meq. de oxígeno por kg de grasa.

ACIDOS GRASOS TOTALES

TABLA 13.

	% AREA
Acido Mirfístico (C:14)	0.1192
Acido Palmítico (C:16)	9.5506
Acido Esteárico (C:18)	4.8706
Acido Oléico (C:18:2)	27.1486
Acido Linoléico (C18:2)	52.4842
Acido Araquídico (C:20)	1.5877
Acido Behénico (C:22)	1.3315
Acido Lignocérico (C:24)	2.9073

(Apéndice 4).

Como se mencionó anteriormente, ésta determinación indica el tipo de ácidos grasos presentes en una grasa o aceite.

En este caso, una característica distintiva de este aceite es su alto contenido de ácido oléico y ácido linoléico; ambos ácidos grasos insaturados, provocan que el aceite sea más vulnerable a reacciones de oxidación, polimerización, etc., ocasionando enraciamiento.

Sin embargo el ácido linoléico que está en elevada cantidad es de especial interés por ser un ácido graso esencial.

Con respecto a los ácidos saturados resaltan el ácido palmítico, el ácido esteárico y el ácido lignocérico, siendo este último, poco común encontrarse

en la mayoría de los aceites vegetales. Por lo que caracteriza al aceite de semilla de Tamarindo como un sello de identidad.

ACIDOS GRASOS EN POSICION BETA

TABLA 14.

	% AREA
Acido Palmítico (C:16)	20.8751
Acido Estearico (C:18)	6.3710
Acido Oléico (C:18:1)	19.6409
Acido Linoléico (C:18:2)	45.6385

(Apéndice 5).

La determinación del perfil de ácidos grasos en la posición beta. es importante ya que nos permite conocer la distribución de los ácidos grasos en la molécula del triglicérido y deducir las alteraciones o disturbios que pueda sufrir esta distribución natural a causa de los procesos de manipulación a los que pueda estar sometido el aceite.

En el caso del aceite de semilla de Tamarindo existe una gran proporción (45.6%) de ácido linoléico (C:18:2), que ocupa la posición central del triglicérido; siendo un ácido graso insaturado.

Por su elevada cantidad de dicho ácido graso, este aceite es muy susceptible a las reacciones de oxidación, polimerización, etc.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La variedad del fruto que se utilizó para la obtención de la semilla no se conoce, unicamente se sabe que proviene de Guerrero y Chiapas; existiendo variación entre los resultados obtenidos con la literatura consultada; por lo que se concluye que en cada variedad el fruto y la semilla tendrán sus características específicas de acuerdo a su procedencia.

Debido a que el fruto de Tamarindo esta constituido por aproximadamente el 50% de pulpa y que el resto corresponde a semilla principalmente, fibra y cáscara; sería aceptable explotar cada una de las partes que componen al desecho.

De la testa de la semilla extraer los taninos, los cuales representa casi el 80%; así como obtener la pectina que representa alrededor del 45% de la composición de la semilla, la cual es considerada aceptable de acuerdo a la literatura por su poder gelificante.

La harina que resulta después de extraer la pectina podría ser utilizada como suplemento de alimentación animal, por el contenido de proteína que se incrementaría así como también el rendimiento del extracto etéreo.

De esta forma, la empresas que industrializan la pulpa de Tamarindo se favorecerían por el aprovechamiento de la semilla.

En base al análisis bromatológico de la semilla de Tamarindo con y sin testa, se observó que la presencia de esta influye sobre el rendimiento del extracto etéreo y proteína cruda, por lo que para posteriores estudios se recomienda quitar la testa sin afectar la semilla.

El rendimiento del extracto etéreo que se obtiene de esta semilla es relativamente bajo en comparación a otras semillas (soya, girasol, etc.), por lo que no sería rentable extraer el aceite; sin embargo por sus características y composición de ácidos grasos puede ser aprovechable, ejemplo de esto es:

El alto índice de materia insaponificable en el aceite de la semilla de Tamarindo puede deberse a la posible presencia de esteroides, pudiendo tener uso en la industria farmacéutica, por lo que se recomienda determinarlos. (Apéndice 1).

Por su composición en ácidos grasos (ácido oléico y ácido linoléico), el aceite de la semilla de Tamarindo se asemeja a los aceites de linaza, adormideras y coral; por lo que podría tener algunas aplicaciones similares, tales como, fabricación de resinas para pinturas, barnices y para la fabricación de jabones. (Apéndice 2).

Además en los últimos años el ácido lignocérico (ácido graso saturado de 24 carbonos) ha sido utilizado para realizar una serie de investigaciones médicas, toxicológicas, bioquímicas, etc.; en los cuales se demuestra la intervención de dicho ácido graso. (Apéndice 3).

Por lo que, si el aceite de la semilla de Tamarindo no pudiera ser utilizado en la industria alimentaria de manera satisfactoria aún cumpliendo con todas las especificaciones necesarias, podría ser una fuente para extraer el ácido lignocérico, siendo este importante para investigaciones.

Cabe mencionar que para la extracción del aceite debe tenerse especial cuidado en las condiciones como son: temperatura y tiempo de extracción, almacenamiento adecuado de la muestra, etc.; ya que la variación de una de ellas puede darnos diferentes resultados.

APENDICE 1.

MATERIA INSAPONIFICABLE DE DIFERENTES ACEITES

ACEITES VEGETALES

	%
ACEITE SALVADO DE ARROZ	4.2
ACEITE DE TAMARINDO .	4.0
ACEITE DE CAFE	3.4
ACEITE GERMEN DE MAIZ	3.2
MANTECA DE CACAO	0.4
ACEITE DE PALMA	0.4

La mayor parte de los aceites y las grasas de pureza normal contienen menos del 2% de materia insaponificable. (5) (12).

APENDICE 2.

COMPOSICION MEDIA DE ACIDOS GRASOS DE
DIFERENTES ACEITES.

	CONTEN. GRASA (% PRSO)	ACIDOS GRASOS						
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	24:0
ACEITE ADORMIDERAS	44-50	9-10	2.5	20	70	0.5	0	0
ACEITE DE ALGODON	22-24	23.5	2.5	18	54	0.3	0.3	0
ACEITE DE CACAHUATE	42-52	10.0	3	25	55	0	1.5	1.1
ACEITE DE CARTAMO	25-37	6.0	2.5	12	78	0.5	0	0
ACEITE DE COLZA	40	4.0	1.5	63	20	9	0.5	0
ACEITE DE GIRASOL	25-30	7.0	5.0	23	63	0.5	0.5	0
ACEITE DE LINAZA	32-43	7.0	4.0	18	14	58	0	0
ACEITE DE SESAMO	45-55	9.0	5.0	42	45	0	0.5	0
ACEITE DE SOYA	18-23	10.0	4.0	21	56	8	0.5	0
ACEITE DE SEMILLA DE CORAL	25-34	9.0	2.0	50	15	0	0	26

(7)(14)(18).

Los aceites de linaza, adormidera, girasol y coral; por su comportamiento en contacto con el aire se clasifican como aceites secantes. Se utilizan para la fabricación de resinas para pinturas, barnices; así como para la fabricación de jabones.

APENDICE 3.

ACIDO LIGNOCERICO.

En los últimos años se ha realizado una serie de investigaciones en el campo de la medicina, bioquímica, toxicología, etc.; llevadas a cabo en ratas recién destetadas con el objeto de estudiar diferentes aspectos, tales como: el metabolismo general de lípidos, el sistema digestivo y respiratorio, el sistema neurológico y urinario, farmacológicos, etc.; en cada una de ellas el ácido lignocérico tiene una importante intervención, donde se han encontrado resultados satisfactorios en las diferentes áreas mencionadas, por lo que para años venideros se incrementará la utilización del ácido graso para investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFIA.

- "Transport of Fatty Acids into Human and Rat Peroxisomes differential transport of palmitic and lignoceric acids and its implication to x-adrenoleukodystrophy".

SINGH I., LAZO O. DHAUNSI G. S.

MED. UNIV. SOUTH CAROLINA, DEP. PEDIATR.

J BIOL. CHEM 267 (19) 1992, 13306-13313.

- "Lipid peroxidation and oxidation of lignoceric acid in kidneys from thioridazine treated rats."

DHAUNSI G. S.; SINGH A. K. ORAK J.

DEP. PEDIATRICS, 316 CLINICAL SCI. BUILD. S. CAROLINA.

J EXPERIMENTAL PATHOLOGY 5(4) 1990, 177-184.

- "Cellular oxidation of lignoceric acid is regulated by the subcellular localization of lignoceroyl-coenzyme a ligases".

LAZO O., CONTRERAS M., YOSHIDA Y.

MED. UNIV. SOUTH CAROLINA.

J LIPID RES. 31(4) 1990, 583-596.

- "Time-course of utilization of stearic or lignoceric acid sphingomyelin from high-density lipoprotein by rat tissues."

BENTEJAC M., BUGAUT M., DELACHAMBRE M. C.

LAB DE PHYSIOL. ANIM. ET DE LA NUTRITION, FAC. DES. SCI.

UNIV. DE DIJON, FRANCE.

BIOCHIM. BIOPHYS ACTA 1043(2) 1990, 134-142.

- "Subcellular catabolism of lignoceric acid and lignoceroyl-coenzyme A implications to Zellweger syndrome."

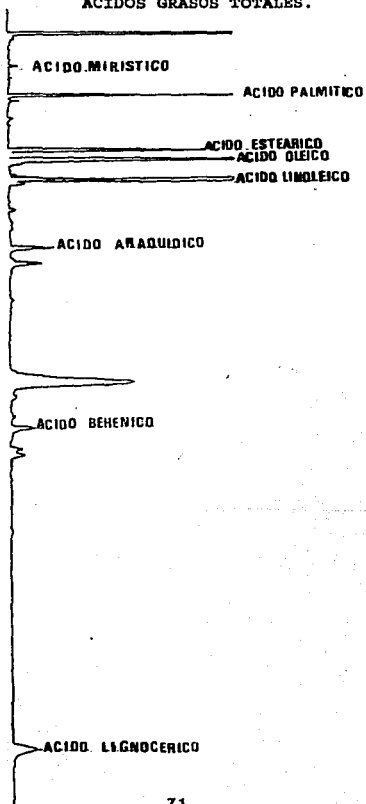
IRAZU C., STANLEY W.

MED. UNIV. SOUTH CAROLINA

J CELL. BIOL. 107 1988.

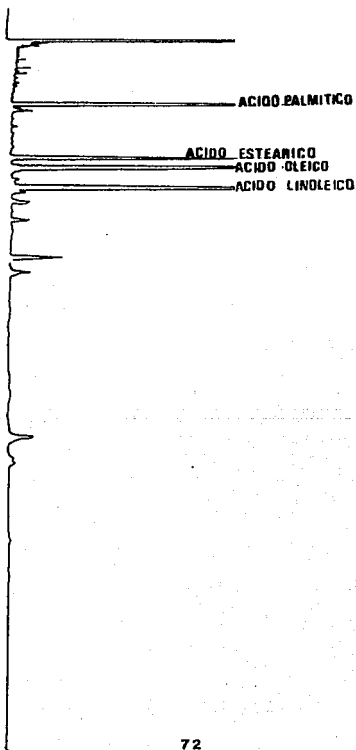
APENDICE 4.

ACIDOS GRASOS TOTALES.



APENDICE 5.

ACIDOS GRASOS EN POSICIO BETA.



BIBLIOGRAFIA.

- (1) OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1980.
- (2) ANDRIAMANTENA R. W. ET AL JAACS VOL. 60, No.7 JULY 1983, 1318-1321.
- (3) ANONIMO, RECOPIACION BIBLIOGRAFICA DEL TAMARINDO. CONAFRUT SARH 1972-1979.
- (4) ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 1975-1976 SPP, CORDINACION GENERAL DE ESTADISTICA. MEXICO 1979
- (5) BADUI, S. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Alhambra Mexicana MEXICO 1981.
- (6) BATHIA. India J. Chem. 7 (2) (23) 1969.
- (7) BERNARDINI E. TECNOLOGIA DE ACEITES Y GRASAS. Editorial Alhambra 1a. Edición ESPAÑA 1981.
- (8) BHAT S. G. STUDIES ON TAMARIND SEEDS. J. Sci. and Indus. Res. 16 A (12) 563 1957.
- (9) BOLETIN MENSUAL 76 DE LA DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA DEL No. 621 AL 623 SARH/DGEA SPP MEXICO 1976.

- (10) COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA SAG. QUIMICA Y UTILIZACION DEL TAMARINDO. Estudio realizado en la India. Traducido por el Departamento de Agroindustria. México D:F: 1972
- (11) FEE H.R. TAMARID SEED POWDER US. PATENT 5350246 Chem. Abstr. 68 (4) 14630 W(1968).
- (12) FENNEMA O. R. INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Reverte. ESPAÑA 185.
- (13) GAYTAN ORTEGA E. OBTENCION DE UN EXTRACTO Y SECADO POR ASPERSION DE TAMARINDO NATURAL. Tesis U.N.A.M. 1985 MEXICO D.F.
- (14) GOMEZ A., IBAÑEZ G. EXTRACCION Y CARACTERIZACION DEL ACEITE DEL BAGAZO DEL CAFE. Tesis U.A.N.M. 1989 MEXICO D.F.
- (15) HARAYANAMURTHY ET AL J. Sci. Ind. Research 1957,168 377. Dhamney Plywood, Calcuta, 1962 12 (2) (25).
- (16) HEDLAYA BALL Cent. Healt Rec. Inst. Medius 1962, 8(12) 61 HEDLAYA IBID 1968 10 (7) 806.
- (17) HERNANDEZ M., CHAVEZ A., MENDOZA E. VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. (Tablas de Uso Practico). Instituto Nacional de la Nutrición 5a Edición MEXICO 1975.
- (18) JAMEISON G. VEGETABLE FATS AND OILS. Editorial Reinhold Publishing Co. USA 1943.

- (19) JIMENEZ DELGADO. INDUSTRIALIZACION DEL TAMARINDO.
Tesis U.N.A.M. MEXICO D.F. 1983.
- (20) KEHAR L. THE TAMARIND SEED Sci. and Cult. 14(12) 534
1949.
- (21) KHAN N. A. ET AL THE POLYSACCHARIDES IN TAMARIND SEED.
KERNEL Chem. Ind. 7:1413 1953.
- (22) LEFEVRE J. C. REVUE DE LA LITTERATURE SUR LE TAMARINIER
FRUITS 26 (10) 687 1972.
- (23) MORTON J.P. THE TAMARIND ITS FOOD. Medicinal
and Industrial Uses. Florida State Horticultural Soc.
1958 (71:288).
- (24) NAGY S. TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS. Ari Publishing
Inc. 1980.
- (25) NORAIN R. ET AL (1945) CHEMICAL EXAMINATION OF THE
SEEDS. Indian J Agric. Sci. 15:209.
- (26) PANREAC. METODOS ANALITICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
DE ACEITES Y GRASAS. Editorial Alhambra. ESPAÑA 1980.
- (27) PARRA G. O. PROPAGACION VEGETATIVA DEL TAMARINDO. Tesis
Escuela Voc. Agricultura 1976. Chapingo Edo. México.

- (28) PITKE P.M. ET AL FATTY ACID COMPOSITION ON TAMARIND KERNEL OIL. The Am. Text. Ind. Res. Assoc. Vol.1 Jun. 1977.
- (29) SAVUR G.R. UTILIZATION OF TAMARIND SEED PECTIN IN TEXTIL INDUSTRIES. Ind. Text. J.65:418.
- (30) SAVUR G.R. TAMARIND INDUSTRY PECTIN OF INDIA CHEMISTRY April 7 1965.