

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUÍMICAS

**EXTRACCION DEL ACEITE
DE COQUITO POR MEDIO
DE DISOLVENTES**

TESIS

QUE PRESENTA PARA SU EXAMEN PROFESIONAL
DE QUÍMICO

JORGE OCHOA CRUZ

MEXICO, D. F.
1949

2478



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis Padres.

A mi Abuelita.

*Con todo cariño a la
Srita. Irma Méndez Quirarte.*

A mis Maestros.

A mis Amigos y Compañeros.

Mi agradecimiento al Laboratorio de Materias Primas de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas donde se realizó este trabajo bajo la dirección del Ing. Quím. Pablo H. Hope.

SUMARIO

- CAPITULO. I. *GENERALIDADES.*
a) INTRODUCCION.
b) PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION DE GRASAS.
- CAPITULO. II. *MATERIALES EMPLEADOS.*
- CAPITULO III. *METODOS DE CONTROL Y PARTE EXPERI-
MENTAL.*
- CAPITULO IV. *RESULTADOS OBTENIDOS.*
- CAPITULO V. *DISCUSION.*
- CAPITULO VI. *CONCLUSIONES.*
- CAPITULO VII. *BIBLIOGRAFIA.*

CAPITULO I

GENERALIDADES

- a) INTRODUCCION.
- b) PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION DE GRASAS.

INTRODUCCION

La palma del coquito de aceite es muy abundante en México, su fruto tiene grandes cantidades de aceite, el cual se puede aprovechar a bajo costo por lo que es susceptible de gran aplicación industrial, ya que se emplea en jabonería, fabricación de mantecas vegetales, margarina, etc.; se obtiene en México por presión o bien en la mayoría de los casos por cocimiento de la semilla en agua con bajo rendimiento.

El presente trabajo, tiene por objeto realizar una serie de extracciones del aceite de coquito, mediante disolvente, algunos de los cuales son abundantes en nuestro país y de bajo costo, usándose: el benceno, éter de petróleo, nafta de 80-100°C., nafta de 100-120°C., gasnafta, tetracloruro de carbono y alcohol industrial, con el fin de estudiar los rendimientos que se obtengan y ver mediante el análisis las variaciones de la composición de los aceites, según los distintos disolventes empleados, comparar estos datos entre sí y con las características de aceite obtenido por presión y adquirido en el comercio, ver si su calidad es parecida, por extraerse junto con los lípidos otras substancias no grasas, solubles en los disolventes y por la dificultad de eliminar a estos de los aceites.

PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION DE GRASAS

Los métodos más comunes para la extracción de grasas, son:

Por fusión. (14)

Consiste en obtener la grasa, por calentamiento de la substancia que la contiene, pudiendo hacerse en caldera abierta, fusión en seco,

o bien fusión húmeda o por medio de vapor. El método de fusión se emplea casi exclusivamente para hacer las extracciones de aceites y grasas animales.

Una variante de este proceso se emplea en algunas regiones de México para obtener el aceite de coquito y consiste en tostar la almendra, operación de la cual depende el color del aceite, según el grado de tueste; luego se muelen las almendras lo más finamente posible, para descargarlas a un recipiente de agua hirviendo del que se recoge el aceite que sobrenada; se conoce este método con el nombre de cocimiento y su rendimiento es muy bajo.

Por presión. (2), (14) y (16)

La extracción por presión se basa en la poca compresibilidad del aceite; al presionar se rompen las células y el aceite fluye. La operación puede ser en frío y en caliente, usándose más esta última; la torta se calienta mediante vapor a una temperatura de 100-110°C. La extracción en frío, se emplea para obtener aceites de usos determinados, ya que mientras más alta es la temperatura, más baja es la calidad del aceite.

Este método se aplica generalmente para la obtención de aceites y grasas vegetales, siendo la presión empleada normalmente de 4 000 a 5 000 libras por pulgada cuadrada, variando esta según el tipo de prensa usada y la clase de material tratado; el rendimiento de extracción varía de acuerdo con la prensa y presión empleada, quedando por lo general en la torta un residuo de 5 a 12% de aceite.

Los tipos de prensa son muy numerosos, pudiendo ser: de cuña, de tornillo, de martilletes, hidráulicas, que son las más empleadas y las prensas de extracción continua.

Los aceites extraídos por presión, tienen que ser filtrados ya que generalmente arrastran numerosas partículas de torta, se usan casi siempre filtros de lona. Las prensas hidráulicas abiertas no necesitan filtros posteriores, pues la torta se coloca en sacos antes del prensado.

Por centrifugación. (13)

Este método de extracción consta de un equipo que admite alre-

dedor de 1.5 toneladas de frutos de palmera, los cuales son cocidos por medio de vapor en un digestor a presión, provisto de agitadores para mover los frutos durante el cocimiento, que es de media hora. La carga es transportada automáticamente a una centrífuga que tiene una canasta metálica con una capacidad de 250 kilos; cada carga es centrifugada 10 minutos, durante la operación se pasa vapor para facilitar la expulsión y separación del aceite a través de las perforaciones de la canasta; el aceite es descargado por un tubo y bombeado a tanques de almacenamiento; después de centrifugar, la canasta se quita mediante cadenas y es vaciada de golpe a una tolva, que es calentada por los gases de la combustión con el fin de secar la torta; esta se usa en algunos casos como combustible. Algunas plantas combinan la extracción por presión y la extracción por centrifugación.

Por medio de disolventes.

La extracción por medio de disolventes, tiene por objeto separar uno o varios componentes, de una mezcla sólida o líquida por tratamiento con un líquido. Durante el proceso de extracción, no suele tener lugar reacción química alguna, ya que al existir dos medios en contacto, los componentes de uno tienden a distribuirse en el otro y separarlos convenientemente, se tratan posteriormente para aislar la substancia extraída y recuperar el disolvente.

La idea de usar disolventes para la recuperación de algunos productos, no es nueva; fué intentada primeramente por Fisher (14) en 1843, más tarde en 1855 Deis (5) en Marsella, empleó primero el bisulfuro de carbono para recuperar el aceite de oliva retenido en las tortas de prensado del fruto del olivo, conociéndose este aceite como aceite de oliva sulfurado.

Durante el proceso de extracción con disolventes, lo primero que se debe lograr es la disolución del producto sólido o líquido que ha de extraerse en el disolvente, para lo cual es preciso poner en contacto con este último el material en bruto; a dicha operación preliminar han seguido:

a) La separación mecánica de la solución obtenida del residuo del material extraído, por filtración o decantación.

b) La separación del disolvente y la substancia disuelta por evaporación o destilación.

c) La recuperación del disolvente que queda impregnando los residuos del material, por prensado, centrifugación o calentamiento.

Este proceso puede llevarse a cabo: a presión atmosférica, a presión superior a la ordinaria, al vacío, en frío o en caliente. Se opera a presión elevada, cuando se manejan agentes de extracción que son gaseosos a la presión ordinaria, lo cual hace posible utilizarlos al estado líquido y también con objeto de favorecer la penetración en el material del disolvente.

Se trabaja al vacío, cuando los poros del material a extraer tienen ocluida una gran cantidad de aire, que entorpece la penetración del agente de extracción y que se elimina en su mayoría por efectos del vacío, haciendo llegar el disolvente después de que el aire contenido en el extractor lleno con el material ha sido eliminado: la impregnación del sólido con el disolvente resulta muy rápida y uniforme. El trabajo al vacío se utiliza también para rebajar la temperatura de la operación durante el período de evaporación o destilación del disolvente contenido en el extracto.

La temperatura a que se llevan a cabo los procesos de extracción, viene impuesta por las propiedades tanto del producto que se extrae, como del disolvente empleado. En general, la elevación de temperatura aumenta el poder de disolución del líquido empleado para extraer, pero este aumento puede ser limitado por el aumento de la tensión del vapor del disolvente. En ocasiones, para mejor aprovechar las propiedades del disolvente con el aumento de temperatura, es conveniente trabajar a una presión superior a la ordinaria si nos aproximamos a la temperatura de ebullición del disolvente.

La operación en frío tiene menor peligro de incendio, empleándose casi siempre en este caso el bisulfuro de carbono para la obtención del aceite de palma.

Los procesos de extracción, pueden ser a su vez continuos o dis-

continuos, según la manera de transportar el material oleaginoso al extractor.

Para garantizar el resultado de este género de extracciones es necesario tener en cuenta la naturaleza del material usado y el tamaño de las partículas, ya que un material fibroso da mejores resultados que uno de estructura compacta. La presencia de materiales finamente divididos reducen la extracción por retener al disolvente y aumentan la dificultad de eliminar el residuo de la torta.

La extracción por medio de disolventes, da mejores resultados que cualquier extracción mecánica, actuando a su vez mejor sobre substancias de poco contenido en aceite, como se puede ver en la tabla siguiente, en la que se comparan los resultados de extracción por presión y mediante disolventes sobre substancias con mucho poco y regular contenido de aceite, como el cacahuete soya y algodón respectivamente.

Tabla No. 1 (2)

Comparación de los rendimientos de extracción por presión y mediante disolventes sobre semillas de diversos contenidos de aceite:

Composición de la semilla	Soya	Algodón	Cacahuete
% de aceite	18.6	32.5	50.0
% de sólidos	69.0	60.0	44.0
% de humedad	12.4	7.5	6.0
Aceite extraído por presión de 100 kilos de muestra	15.0	29.8	48.0
Residuo de la torta			
% de aceite	3.6	2.7	2.0
% de sólidos	69.0	60.0	44.0
% de humedad	9.0	5.0	4.0
% de aceite en la torta	4.4	4.1	4.0
% de aceite recuperado	80.6	91.7	96.0
Aceite extraído por disolventes de 100 kilos de muestra	18.0	32.0	49.65
Residuo en la torta			
% de aceite	0.6	0.5	0.35
% de sólidos	69.0	60.0	44.0
% de humedad	9.0	5.0	4.0
% de aceite en la torta	0.76	0.76	0.72
% de aceite recuperado	96.7	98.5	99.3
Comparación de resultados			
Extracción por presión	15.0	29.8	48.0
Extracción por disolventes	18.0	32.0	49.65
Diferencia	3.0	2.2	1.65
% de diferencia	20.0	7.4	3.4

Este género de extracciones, por ser económico y dar tan altos rendimientos, ya que el residuo en la torta es menor del 1% de aceite, se va generalizando poco a poco; en Europa, se encuentra muy extendido el empleo de disolventes, usándose extractores discontinuos durante los últimos 25 años, recientemente se han instalado equipos de extracción continua. En Estados Unidos, se emplea este método de manera general, por ejemplo, del aceite de soya obtenido en 1939 (2) se extrajo por medio de disolventes al 20% de un total de 1,712,152 toneladas. Aquí en México podemos decir que la extracción por medio de disolventes es nula. La capacidad total de las plantas de extracción continua de disolventes en Estados Unidos durante el año de 1941 (2) fué de 1555 toneladas de aceite en 24 horas y la capacidad mundial fué de 6 475 toneladas durante el mismo período.

El proceso de extracción por medio de disolventes, presenta ventajas e inconvenientes, teniendo entre las primeras:

a) —La extracción de aceite se considera completa, el residuo en la torta es del 1% como máximo.

b) —El proceso de extracción por medio de disolventes, puede ser complemento del método de extracción por presión.

c) —Desde el punto de vista técnico, el proceso resulta barato, sencillo y se gasta muy poca energía para mover la planta.

d) —No requiere la planta para su funcionamiento el empleo de obreros especializados.

Las desventajas del proceso son:

a) —La extracción de aceite es tan completa que la torta no puede usarse como alimento de ganado, sino como abono disminuyendo su precio.

b) —Los residuos de disolvente son difíciles de eliminar del aceite y la torta, dándole mal olor y bajando su precio y calidad.

c) —El proceso no deja de ser peligroso ya que algunos disolventes son inflamables y tóxicos.

d) —Los disolventes actúan algunas veces sobre sustancias que no son aceites y las extraen impurificando el producto por obtener.

Para esta clase de extracciones, los disolventes que pueden em-

plearse son muy numerosos, usándose con mayor frecuencia los que se ven en la tabla siguiente.

Tabla No. 2 (12)

Disolventes más empleados en extracciones.

Disolvente	Peso Específico del Líquido	Punto de ebullición °C	Calor Específico	Calor de vaporización K. Cal	Punto de Congelación °C
Acetona	0.814	56.3	0.505	112	-97
Agua	1.000	100.0	1.000	537	0
Alcohol etílico	0.793	79.7	0.593	236.5	-114.6
Bencina de petróleo	0.69-0.72	90.115	0.350	98	
Benceno	0.886	80.5	0.335	93	6
Cloroformo	1.526	61.0	0.235	62	-63.5
Dicloroetileno	1.27-1.29	48.5-60	0.270	75	-50-80.
Dicloroetano	1.283	83.7			
Eter etílico	0.729	34.9	0.526	90.4	-117
Sulfuro de carbono	1.27	47.5	0.239	90	-112
Tetracloroetano	1.59	145.5	0.268	54.4	-40
Tetracloroetano de Carbono	1.62	78.0	0.193	52	-23
Tricloroetileno	1.47	87.0	0.228	56.5	-78

En la República el método para obtener aceite de coquito por presión, es muy usado; grandes cantidades de coquito se muelen al año. El balance general del movimiento de coquito de aceite y molienda del mismo durante los años de 1942 a 1946 puede verse en la siguiente tabla.

Tabla No. 3

Balance general del movimiento registrado en la República Mexicana en los años de 1942 a 1946.

Conceptos	Toneladas				
	1942	1943	1944	1945	1946
Entradas					
Existencia 1° de enero	456	311	423	315	30
Cosecha del año anterior	3,355	5,200	9,848	8,854	9,213
Importaciones					53
Salidas					
Molienda no controlada	530	747	560	1,434	1,100
Molienda controlada	2,970	4,341	9,396	7,705	7,733
Existencia 31 de Diciembre	311	423	315	30	463

En cuanto a la molienda detallada de coquito de aceite, en el año de 1946, correspondiente a la cosecha de 1945, puede verse en la tabla No. 4.

Tabla No. 4. (8)

Molienda de coquito de aceite del año de 1946 correspondiente a la cosecha de 1945.

Zonas Estadísticas y Entidades	Existencia el 1º de enero	Recibido	Suma	Transformado	Ventas	Existencia el 31 de Diciem- bre	PRODUCTOS OBTENIDOS		
							Aceite	Pasta	Merma
Estados Unidos Mexicanos	30,217	8,377,623	8,407,840	7,733,130	211,640	463,070	4,741,032	2,646,575	345,523
Tabasco	-----	80,000	80,000	80,000	-----	-----	40,000	39,200	800
Nayarit	-----	2,385,082	2,385,082	2,335,132	-----	49,950	1,629,866	588,511	116,755
Oaxaca	8,647	4,300	12,947	12,947	-----	-----	9,063	3,237	647
Chiapas	-----	150,600	150,600	150,100	-----	500	105,070	37,525	7,505
Distrito Federal	6,945	4,222,397	4,229,342	4,213,511	-----	15,831	2,341,882	1,698,886	172,743
Jalisco	14,625	1,535,244	1,549,869	941,410	211,640	396,789	615,151	279,216	47,073

CAPITULO II

MATERIALES EMPLEADOS

Para el desarrollo de este trabajo, se empleó como materia prima el fruto de la palma del coquito de aceite, procedente de la zona costera de Chiapas, región de Huixtla; su nombre científico es el de *Orlygnia cohune* (18), ya que anteriormente fué clasificada de una manera errónea con los nombres de *Elaeis melanococca* y *Alphosia oleifera* (11) y más tarde con el de *Attalea cohune* (11).

En diversos lugares de la República, se conoce con los siguientes nombres vulgares: coquito de aceite, cohune, corozo, coquito, palma real, manaca, etc. Es la palmera más alta y elegante entre todas las especies que existen en México, algunas llegan a tener 50 ó 60 metros de altura. Cada palma puede producir simultáneamente hasta cuatro racimos, los cuales tienen de 400 a 500 frutos cada uno; el peso aproximado del racimo es de unos 75 Kg. Los frutos son de regular tamaño, de unos 5 x 3 cm., de color verde, al madurar adquieren un color morado; consta el fruto de tres partes, la exterior o pulpa que es fibrosa y fácil de quitar, el hueso que es duro y resistente y la almendra, muy rica en aceite, representando un promedio de 65-70% del peso total del fruto, siendo el material empleado en este trabajo.

La palmera es muy abundante en México y su zona productora es muy extensa, su área de cultivo abarca de 19° latitud norte en las costas de la república para el sur, el clima más apropiado para su cultivo es caliente y húmedo, es decir, de una temperatura media anual de 27°C. y una precipitación pluvial de 800 a 1000 milímetros.

De una manera general se puede decir que la palma que produce el coquito de aceite abunda en los estados de: Tabasco, Chiapas, Campeche, Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Veracruz y Territorio de Quintana Roo, pudiendo observarse la producción de cada estado en la tabla siguiente.

Tabla No. 5

Datos de la producción de coquito de aceite en el año de 1947. (7)

Zonas estadísticas y entidades	Superficie calculada Hectáreas	Palmas cosechadas	Rendimiento Kg. por		Producción Kilogramos
			Hectáreas	Palmas	
San Luis Potosí	9	1,400	731	4.7	6,580
Tabasco	397	59,600	736	4.9	292,010
Veracruz	3,805	570,700	855	5.7	3,252,900
Nayarit	3,793	568,900	690	4.1	2,503,160
Sinaloa	17	2,600	642	4.2	10,920
Cotima	1,747	262,100	690	4.6	1,205,660
Chiapas	253	37,900	554	3.7	140,230
Guerrero	1,394	209,100	600	4.0	836,400
Oaxaca	1,466	219,900	585	3.9	857,610
Hidalgo	4	600	600	4.0	2,400
Jalisco	1,803	271,200	735	4.9	1,328,880
Michoacán	54	8,100	725	4.8	39,130
Estados Unidos Mexicanos	14,747	2,212,100	710	4.7	10,476,000
Promedio de 1942-1946	13,313	1,977,052	656	4.4	8,737,620

Los datos del presente año comparados con los de 1946		Y comparados con el promedio de los cinco años anteriores	
Palmas en producción	0.54%	Palmas en producción	10.77% mayor
Superficie calculada	0.53%	Superficie calculada	10.77% mayor
Rendimiento por Ha.	1.53%	Rendimiento por Ha.	8.23% mayor
Producción por palma	2.03%	Producción por palma	6.82% mayor
Producción	0.92%	Producción	19.89% mayor

A pesar de ser tan extensa la zona productora y del gran número de palmeras que están en producción, la explotación del coquito de aceite es muy inferior a la que debía ser, debido a la falta de vías de comunicaciones; trae como consecuencia en algunos casos que resulta más económico importar el producto o bien la materia prima. El movimiento de importación de copra y coquito de aceite puede verse en las siguientes tablas.

TABLA No. 6 (9)

IMPORTACION DE COPRA Y COQUITO DE ACEITE

Países	Kilogramos			
	1943	1944	1945	1946
E. U. A.	236,924	83,025	114	31,475
Guatemala	.....	27	.....	105
Honduras	268,029	66,068	.....	.....
Honduras Británica	536,448	129,910	72,716	11,429
Brasil	.....	.....	.....	201,537
Ecuador	.....	.....	.....	105,383

TABLA No. 7 (9)

IMPORTACION DE LA COPRA Y COQUITO DE ACEITE POR PAISES, EN PESOS

Países	1943	1944	1945	1946
E. U. A.	131,866	61,286	115	42,409
Guatemala	.....	11	.....	73
Honduras	279,100	57,280	.....	.....
Honduras Británica	331,390	110,729	67,207	13,463
Brasil	.....	.....	.....	126,100
Ecuador	.....	.....	.....	146,359

Siendo la exportación del coquito de aceite o sus productos prácticamente nula, ya que en 1943, se exportaron a E. U. A. 40 kilos con un valor de \$ 10.00; en 1944, también a E. U. A. se exportaron 263,300 kilos de cáscara de coquito con un valor de \$ 5,000.00; durante los años de 1945 y 1946, al mismo país se exportaron 239 kilos de coquito de aceite con un valor de \$ 732.00 y 100,691 kilos de coquito con un valor de \$ 63,625.00 respectivamente.

Para la obtención de aceites a partir del coquito, éste tiene que ser tratado antes, para verificar después la extracción por cualquiera de los métodos. El tratamiento de la materia prima consiste:

a) Separación de cuerpos extraños por medio de cedazos y separadores de aire, usando también magnetos a fin de eliminar los cuerpos metálicos y tener los frutos solos.

b) Separación de la almendra del resto del fruto; esta operación es esencial, pues el contenido de aceite de la corteza y pulpa varía de 1 a 5% en peso y su presencia reduciría el poder extractor del equipo.

Las semillas de varias palmeras, como del babasú, cohune, etc., son de regular tamaño; debido a lo barato del trabajo en las regiones productoras, la separación de la almendra se hace a mano, pudiendo un obrero separar de 20 a 25 kilos de almendra al día.

La separación por medios mecánicos, emplea varios tipos de máquinas que rompen la corteza del fruto, ya sea por presión o por golpe, saliendo juntas almendra y corteza, las que se separan mediante métodos en seco o bien húmedo. Para el método en seco, se descargan almendras y corteza sobre bandas inclinadas giratorias, en las que por su forma, las almendras ruedan y se recogen en su parte inferior, no así la corteza, que es transportada por la banda y recogida en la parte superior; la separación no es completa; la corteza se usa como combustible.

El método húmedo, se basa en la diferente densidad de las almendras y la corteza, separándolas por flotación, para lo cual se usan soluciones de salmuera. Este método requiere equipo de lavado y secado para poder empacar las almendras.

c) Desinfección de las almendras por medio de germicidas para evitar el desarrollo de microorganismos en el aceite.

d) Molienda; tiene por objeto formar una masa homogénea con pequeñas partículas, para facilitar la extracción del aceite; en esta operación, se rompe un gran número de celdillas de la almendra, dejando libre el aceite, las almendras pasan primero por trituradoras en las que son rotas, llevándose luego a molinos con estrías en los rodillos que las trituran en forma fina, después de esta operación, el material queda listo para verificar extracciones por cualquiera de los métodos.

Las operaciones fundamentales y rudimentarias en la preparación de la materia prima son: la separación de las almendras del resto del fruto y la molienda, ya que los otros pasos se desechan en la mayoría de las plantas.

DISOLVENTES

Los disolventes usados en este trabajo, pueden ser adquiridos con relativa facilidad, algunos sin embargo son escasos. Se emplearon: el alcohol etílico, —se produce en grandes cantidades, sus peligros son relativos aunque es mal disolvente de las grasas—, el éter de petróleo y las naftas, tanto la de 80-100° C. como la de 100-120° C. tienen la ventaja de su bajo peso específico, su poco precio y el no tener acción sobre los metales; son inflamables, el tetracloruro de carbono, es un disolvente que se elimina fácilmente; no es inflamable, el benceno, es muy buen disolvente, presenta los peligros de ser muy explosivo y tóxico; la gasnafta, es un disolvente muy abundante, difícil de eliminar por el alto punto de ebullición de algunos de sus componentes.

Hay disolventes muy buenos, como el cloroformo y el éter etílico, pero por ser muy costosos no se usan en gran escala; otros como el bisulfuro de carbono, son de gran peligro, por lo que no se usan; se inflama espontáneamente en contacto con metales a 150° C.

De los disolventes conocidos y empleados para extracciones, ninguno llena las condiciones que debería cumplir un disolvente ideal y que son:

a) El peso específico debe ser bajo; para las extracciones es necesario un gran volumen de disolventes y éstos se compran por peso y no por volumen.

b) El calor específico y el calor latente de evaporación deben ser bajos; para recuperar los disolventes, éstos se llevan a su punto de ebullición para destilarlos, siendo menor el gasto de combustible para los disolventes de bajo calor específico.

c) No debe atacar a los metales, ya que los equipos de extracción tienen generalmente partes de aluminio, cobre y aleaciones de plomo, siendo de costo elevado.

d) No deben ser inflamables ni explosivos, por el riesgo que esto causa en la operación.

e) No deben ser tóxicos ni nocivos a la salud, por los peligros que acarrea su manejo.

f) Deben expulsarse fácilmente de las tortas y aceites; no deben dejar residuo al ser eliminados.

g) El disolvente debe ser barato, por esta razón muchos excelentes disolventes no pueden ser empleados, pues en las distintas operaciones, condensación, recuperación, etc., se pierde el disolvente, además del residuo que queda en la torta y el aceite.

CAPITULO III

METODOS DE CONTROL Y PARTE EXPERIMENTAL

METODOS DE CONTROL

Las determinaciones hechas durante el desarrollo de este trabajo fueron las siguientes:

1) Al fruto del coquito de aceite, se le determinó: peso medio, medidas, peso y relación en peso de sus tres partes, almendra, hueso y pulpa, con respecto al fruto.

2) A la almendra se le determinó después de conocer su peso medio y dimensiones, mediante los métodos del A. O. A. C. (1) humedad, cenizas, grasa total, fibra cruda, proteínas y azúcares.

La humedad y las cenizas, fueron analizadas empleando la misma muestra; por medio de una estufa de vacío calentando a temperatura de 90-100°C. durante 5 horas, se obtuvo la humedad de la muestra; el residuo se calcinó en un mechero, pasando luego el crisol a una mufla a temperatura de 600°C. hasta tener la muestra un color blanco o ligeramente gris.

En el análisis de la fibra cruda, se utilizó el residuo de la muestra empleada para la determinación de grasa total.

3) Mediante el empleo de soxhlet se determinó el rendimiento de extracción de aceite a cada uno de los disolventes empleados.

4) A los aceites obtenidos y mediante los métodos del A. O. A. C. (1) se les determinó:

a)—Índice de refracción; varía con el número de carbonos, hidróxilos, dobles ligaduras, etc.

b)—Peso específico; se determinó a la temperatura a que se encontraban los aceites, haciendo luego la corrección a 25°C.

c)—Humedad y materia volátil, se determinó mediante una estufa de vacío.

d)—Índice de saponificación o de Koettstorfer (16) expresa los miligramos de KOH necesarios para saponificar totalmente un gramo de grasa.

e)—Índice de Hebner o ácidos insolubles, expresa el tanto por ciento de los ácidos insolubles en agua de un aceite.

f)—La materia insaponificable, (16). Es el conjunto de componentes de los aceites y grasas insolubles en agua, no volátiles a 100°C. y que en la saponificación alcalina de la grasa producen sustancias insolubles en agua. Bajo la denominación de insaponificables se suele comprender el total de sustancias accesorias, algunas veces características, que se presentan normalmente disueltas en una grasa o aceite y que no son glicéridos ni ácidos grasos libres.

g)—Índice de aceto, (16) se conoce también como índice de hidroxilo; no es una constante de la materia grasa. proviene de la alteración ocasionada por diferentes tratamientos y reacciones enzimáticas. Permite valorar los oxiácidos, monoglicéridos, diglicéridos y alcoholes superiores contenidos en las grasas.

h)—Índice de yodo, fué precisado mediante el método de Hanus (16) expresa los gramos de yodo que pueden adicionarse a 100 gr. de muestra.

i)—Índice de Reichert-Meissl o ácidos volátiles solubles. (1)

j)—Índice de Polenske o ácidos volátiles insolubles. (1)

Se les determinó también a los aceites:

a)—Punto de fusión, mediante el método de Koop (20) o del baño de mercurio, el cual consiste en un crisol lleno de mercurio, tapado con un embudo para evitar el enfriamiento de la superficie del mercurio, éste tiene en su interior el bulbo de un termómetro y sobre la superficie un cubre objetos con una gota de material por fundir; se calienta lentamente y al fundir la gota de grasa, se lee la temperatura.

b)—Se utilizó el método de Shukoff (20) para obtener el punto de solidificación; consiste en llenar medio tubo de ensayo con la grasa, se pone a fundir lentamente y se le coloca un termómetro, llevándose

el tubo al interior de un frasco para evitar variaciones bruscas de temperatura, la columna de mercurio empieza a descender y la lectura se hace cuando se estaciona unos momentos.

La grasa, al principiar a enfriarse, se va enturbiando, esto se produce como consecuencia de la precipitación de las fracciones menos solubles a la fracción todavía líquida de la grasa. Los puntos de fusión y solidificación, teóricamente deberían ser los mismos, pero como los aceites son mezclas de ácidos grasos y glicéridos, éstos no presentan un punto de solidificación definido.

c)—La acidez libre (19) se determinó pesando 20 gr. de muestra a la que se le añadieron 50 ml. de alcohol de 95° neutralizado con solución diluída de NaOH usando fonolftaleína como indicador, se calentó a la ebullición, agitando el matraz para disolver los ácidos libres y titularlos con solución 0.1N de NaOH hasta que el color rosa persista después de una agitación vigorosa. El objeto del calentamiento es disolver los ácidos grasos libres y los jabones formados, para evitar la oclusión de los ácidos. El resultado se expresa en tanto por ciento de ácido oleico.

La determinación de la acidez libre de una grasa, no representa una constante característica, sino una cualidad que depende de la edad del aceite, de los cambios enzimáticos, del contacto con el agua y otras materias.

PARTE EXPERIMENTAL

Al desarrollar este trabajo, se procedió a separar primero la almendra del resto del fruto, quitándole la pulpa y después para romper el hueso y obtener la almendra, se usó un tornillo que por presión rompía la corteza; la almendra mediante una cuchilla filosa, se cortó en escamas delgadas para obtener una muestra homogénea y evitar el escurrimiento de aceite y la diversidad de partículas que se obtienen al triturar la almendra.

Preparada así la materia prima, se procedió a hacerle las determinaciones descritas anteriormente y a verificar las extracciones de los

aceites por presión y mediante los disolventes usados, comparando luego sus rendimientos.

La extracción de los aceites, se llevó a cabo con el empleo del soxhlet; este aparato, es una modificación del proceso de percolación, que tiene lugar con una cantidad relativamente pequeña de disolvente que pasa por el material de modo ininterrumpido. Al soxhlet se le puso en el fondo lana de vidrio y algodón para evitar el paso de partículas de muestra que fue, an arrastradas por el disolvente; el tiempo de extracción fué de ocho horas, siendo el peso de muestra empleada de 25 a 50 gr. según el tamaño del cartucho usado; éstos tenían los extremos tapados con algodón para evitar que partículas de muestra flotar en el disolvente y salieran del cartucho.

La grasa extraída y el disolvente, eran recibidos en matraces pesados anteriormente; terminada la extracción se eliminaba el disolvente, pesando de nuevo los matraces para obtener el peso del aceite obtenido y sacar la relación con el peso de muestra usada.

En esta operación, se pueden emplear también extractores como el aparato de Kumagava (16) que hace la extracción en caliente, el extractor de Benson (16), el extractor de Hagen (16), etc.

Perviamente a estas extracciones de aceite y con el fin de tener suficiente muestra para las determinaciones, se llevaron a cabo extracciones para cada disolvente de la siguiente manera: una cantidad molida de muestra, se colocó en un matraz, agregándole igual cantidad de disolvente, se agitó fuertemente, después durante varios minutos se colocó a baño María para que el disolvente actuara en caliente. se dejó reposar el matraz y la solución se decantó sobre un embudo Buckner con ligero vacío, la muestra con ayuda de disolvente fresco se bajó al embudo, agregándole luego porciones de disolvente nuevo para obtener la mayor cantidad de aceite; este método es una mezcla de digestión y percolación, ya que el disolvente actuó sobre la muestra en caliente sin llegar a su punto de ebullición, haciendo más tarde circular disolvente fresco sobre la muestra para agotarla.

La eliminación del disolvente para todos los aceites, se llevó a cabo del siguiente modo: los matraces con aceite y disolvente se pusieron

a destilar a baño María, hasta que se les eliminó la mayor parte, después y aun en el mismo baño, se abatió la presión mediante una trompa de vacío hasta lograr eliminar casi la totalidad del disolvente; en el caso de los aceites obtenidos con nafta de 100-120°C. y gasnafta, la temperatura se elevó más, usando en lugar del baño María un baño de aceite, para poder tener una temperatura cercana a su punto de ebullición y poder eliminarlos. Después de estas operaciones, los restos de disolventes que aun tenían los aceites se expulsaron pasándoles una corriente de vapor de agua, obteniendo así los aceites lo más puros posible y eliminando lo más posible también el olor que adquieren por los disolventes.

La extracción del aceite por presión, se llevó a cabo con una pequeña prensa de tornillo, moliendo antes las almendras en un molino de mano; la torta, se colocó en un saquito de manta; el rendimiento es muy variable, dependiendo de la presión ejercida, en este caso la presión fué hecha a mano y el rendimiento obtenido muy bajo, alrededor de un 50%, el objeto de la extracción fué el tener aceite obtenido por este método para comparar sus características con los aceites obtenidos mediante disolventes.

Después de obtener los aceites, se procedió a verificar las determinaciones enumeradas en la parte correspondiente a métodos empleados, mismas determinaciones que se hicieron también al aceite adquirido en el comercio, para comparar sus resultados con los de los otros aceites.

Antes de determinar las características de los aceites obtenidos por presión y adquiridos en el comercio, fueron filtrados por algodón, para quitarles las partículas de muestra e impurezas que tenían.

CAPITULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS

RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla No. 8

CARACTERISTICAS DEL FRUTO

a) Peso medio	54.1 gr.		
b) Largo medio	8.2 cm.		
c) Ancho medio	4.6 cm.		
d) Peso medio de la almendra	5.4 gr.	% de almendra	9.9
e) Peso medio de la pulpa	17.9 gr.	% de pulpa	33.2
f) Peso medio del hueso	30.8 gr.	% de hueso	56.9

Tabla No. 9

CARACTERISTICAS DE LA ALMENDRA

a) Largo medio	3.2 cm.
b) Ancho medio	2.1 cm.
c) Cenizas	1.4 %
d) Humedad	3.1 %
e) Grasa total	63.2 %
f) Fibra cruda	28.9 %
g) Proteínas	1.1 %
h) Azúcares	2.2 %

Tabla No. 10

Aceite extraído con:	% de aceite extraído
a) Eter de petróleo	59.6
b) Nafta de 80-100° C.	59.4
c) Nafta de 100-120° C.	60.1
d) Gasnafta	54.1
e) Benceno	61.9
f) Tetracloruro de carbono	60.9
g) Alcohol industrial	53.1

Tabla No. 11

CARACTERISTICAS DE LOS ACEITES

Aceite extraído con:	Punto de Fusión °C.	Punto de Solidificación °C.	Índice de Refracción	Peso específico	Humedad y Mat. Volátil %
a) Eter de petróleo	23.	18.5	1.4560	0.9216	0.66
b) Nafta de 80-100° C.	23.1	18.	1.4559	0.9212	0.77
c) Nafta de 100-120° C.	23.	18.	1.4560	0.9209	0.98
d) Gasnafta	21.5	15.5	1.4550	0.9150	1.92
e) Benceno	23.5	18.5	1.4561	0.9219	0.69
f) Tetracloruro de carbono	22.5	17.5	1.4557	0.9210	0.71
g) Alcohol industrial	22.5	17.5	1.4558	0.9208	0.80
h) Por presión	24.5	19.	1.4571	0.9221	0.49
i) Comercial	25.	19.5	1.4582	0.9267	0.64

Tabla No. 12

CONSTANTES QUIMICAS DE LOS ACEITES

Aceite extraído con:	Indice de Saponificación	Materia insaponificable	Acidos insolubles %	Acidos Libres % Oleico	Indice de Acetilo	Indice de Yodo	Indice de Reichert-Meissi	Indice de Palenske
a) Eter de petróleo	258.0	1.12	88.83	2.60	7.2	12.64	7.6	14.9
b) Nafta de 80-100° C.	257.2	1.20	87.14	2.21	5.7	12.43	7.7	15.1
c) Nafta de 100-120° C.	254.4	1.57	85.40	2.39	7.6	12.67	6.9	15.0
d) Gasnafta	249.6	2.01	83.63	1.83	9.6	12.01	6.6	16.3
e) Benceno	260.2	1.01	87.70	1.79	7.0	12.51	7.9	13.6
f) Alcohol industrial	255.5	1.21	86.40	4.05	7.3	12.59	7.4	14.7
g) Tetracloruro de carbono	256.8	1.28	87.93	5.05	6.4	12.33	7.4	14.2
h) Por presión	254.6	1.60	90.52	1.83	5.5	13.47	8.1	12.6
i) Comercial	252.1	1.69	89.44	2.36	6.8	13.26	8.0	11.9

CAPITULO V

DISCUSION

Los diferentes resultados observados en los rendimientos de extracción de los aceites mediante los disolventes empleados pueden verse en la tabla No. 10; dependen estos resultados, de la naturaleza y calidad del disolvente, ya que unos son mejores que otros, además durante el proceso actúan a diferentes temperaturas; debido a esto y al tamaño de las partículas de las muestras, no se alcanza a extraer el total del aceite determinado en la almendra, ya que en esta operación el coquito fué rayado siendo sus partículas muy finas, facilitando con esto la penetración del disolvente y extracción del aceite, cosa que no sucedió en la extracción con los disolventes que se usaron en este trabajo, pues las partículas de la almendra eran escamas y en consecuencia de mayor tamaño.

Las características físicas de los aceites obtenidos, pueden verse en la Tabla No. 11, siendo sus variaciones máximas las siguientes:

Tabla No. 13

VARIACIONES MAXIMAS Y MINIMAS DE LAS CONSTANTES FISICAS DE LOS ACEITES OBTENIDOS

Constantes	Mínima	Aceite obtenido por	Máxima	Aceite obtenido por
Punto de fusión	21.5° C.	Gasnafta	24.5° C.	Presión
Punto de solidificación	15.5° C.	..	19.0° C.	..
Índice de refracción	1.4550	..	1.4571	..
Peso específico	0.9150	..	0.9221	..
Hum. y Mat. Volt.	0.49 %	Presión	1.92 %	Gasnafta

Comparando los resultados de los análisis efectuados en los aceites obtenidos mediante disolventes y por presión entre sí, observamos

que las determinaciones más bajas corresponden a los aceites obtenidos con los disolventes de más alto punto de ebullición, (gasnafta) y las más altas al aceite obtenido por presión, es decir, que las constantes físicas de los aceites dependen de la mayor o menor facilidad con que se elimina el disolvente empleado, ya que los restos de éstos actúan sobre los aceites alterando sus propiedades, las que deberían ser las mismas por usarse para la obtención de los aceites igual materia prima, siendo los disolventes los únicos que variaron. Así en la determinación de humedad y materia volátil, los resultados serán tanto más elevados cuanto más restos de disolventes tenga el aceite, cosa que sucede en las otras determinaciones.

Las diversas constantes químicas de los aceites, pueden verse en la tabla No. 12, observando que:

El índice de saponificación varía de 249.6 a 260.2 correspondiendo el más bajo al aceite extraído con gasnafta y el más alto al aceite extraído con benceno, dependiendo las variaciones de los disolventes; los hay que extraen el aceite mejor que otros, unos tienen menos acción sobre sustancias no aceites y se eliminan con más facilidad, siendo los restos materia insaponificable; en el aceite extraído por presión, influyen en su resultado las finas partículas de almendra que tiene el aceite en suspensión.

La materia insaponificable varía de 1.04 para el aceite obtenido con benceno a 2.01 para el aceite extraído por gasnafta; estas variaciones están en relación con los mismos factores que hacen variar el índice de saponificación, ya que mientras más impurezas tenga un aceite, más bajo será su índice de saponificación y más materia insaponificable se le determinará.

Los ácidos insolubles van de 83.63 a 90.52% para los aceites obtenidos por gasnafta y presión respectivamente; estas variaciones dependen de la facilidad de eliminar los disolventes, ya que los restos de éstos no se determinan como ácidos insolubles.

La acidez libre, oscila de 1.79% para el aceite obtenido con benceno, a 4.05 para el aceite extraído con alcohol y 5.05 para el aceite que se obtuvo con tetracloruro de carbono. En la determinación de

la acidez libre, el método recomienda el uso del alcohol por ser en éste solubles los ácidos libres, razón por la cual el aceite obtenido con este disolvente tiene el índice de acidez más alto que los demás aceites, pues durante la extracción disolvió mayor cantidad de ácidos libres que los otros disolventes; cosa parecida ha de suceder con el tetracloruro de carbono, dependiendo los demás resultados de la acción de los disolventes sobre los ácidos libres.

El índice de acetilo varía de 5.5 a 9.6 dependiendo estas variaciones de la mayor o menor eliminación del anhídrido acético empleado para acetilar la grasa, ya que al ser los restos mayores, más alto será el índice al determinarlo.

Para el índice de yodo, se observan resultados que van de 12.01 a 13.47 para los aceites obtenidos por gasnafta y presión respectivamente, dependiendo de los restos de disolvente que tienen los aceites, de la naturaleza de aquéllos y de los manejos hechos al aceite para recuperar el disolvente.

En cuanto a los índices de Polenske y Reichert-Meissl, pueden verse en la tabla No. 12; varían de acuerdo con los restos de disolvente, ya que éstos se volatizan junto con los ácidos por determinar, no cuanteándose como tales y evitando que parte de los ácidos solidifique, pasando por lo tanto el filtro y determinándose como ácidos solubles.

Comparando los resultados de las determinaciones hechas a los aceites extraídos por medio de disolventes, Tablas números 11 y 12, con las determinaciones hechas al aceite adquirido en el comercio, Tablas números 11 y 12, y con las determinaciones que se ven en la Tabla siguiente

Tabla No. 14

CARACTERISTICAS DE DIVERSOS ACEITES DE COQUITO

Determinaciones	(14)	(10)	(11)
Aceite en el fruto	65-70%	.....	63.5-67.1%
Humedad y Mat. volátil	.....	1% máximo	.....
Peso específico	0.868	.....	0.917-0.922
Índice de refracción	1.450	.....	1.4560 a 26° C.
Punto de fusión	18-24° C.	.....	23.5° C.
Índice de saponificación	252-256	252-260	249.6-255.2
Índice de yodo	10-14	7.5-10.5	.....
Índice de Reichert-Meissle	6.8-8.3	6-8	5.8-7.4
Índice de Polenske	12.5-15.4	4.8-6.1	5.7-6.4
Materia insaponificable	0.2-0.3	.....	.....
Acidez libre	.....	5% máximo	.....

podemos ver, que las variaciones de los aceites obtenidos, varían entre los límites marcados en la tabla anterior: las características del aceite comercial se encuentran dentro de estos límites, dependiendo las variaciones observadas y los límites para las constantes de las diferentes maneras de obtener los aceites, de los manejos de que son objeto éstos, de las impurezas que contienen y mezclas que pueden tener de otros aceites y de las distintas condiciones ecológicas en que se desarrolla la planta del coquito.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

Los rendimientos de extracción varían según el disolvente empleado; el benceno extrae el 61.9% del aceite y el tetracloruro de carbono el 60.6%; son éstos los disolventes con los que se obtienen los mejores resultados, pero son los más escasos y caros; de los otros disolventes, los que dan mejores resultados son: la nafta de 100-120°C. que extrae 60.1% de aceite, el éter de petróleo con 59.6% y la nafta de 80-100°C. con 59.4%; éstos disolventes son relativamente baratos y abundantes, siendo además de bajo peso específico; en cuanto a la gasnafta y el alcohol industrial sus rendimientos de extracción son de 54.1% y 53.1% respectivamente, siendo los más bajos.

La obtención de aceites por medio de disolventes, da mejores resultados que el método de presión, dependiendo los rendimientos del tamaño de las partículas de torta, de la naturaleza del disolvente y de la temperatura a que actúa.

Los disolventes empleados son difíciles de eliminar, sobre todo la gasnafta y la nafta de 100-120°C. por su alto punto de ebullición; los restos de disolventes que quedan en los aceites, les dan un cierto olor correspondiente al disolvente empleado.

En cuanto a las variaciones de las características de los aceites, están en relación con los restos de disolventes que tienen variando más las que corresponden a los aceites obtenidos con los disolventes de más alto punto de ebullición; sin embargo, los resultados oscilan entre límites marcados como normas, pudiendo por lo tanto ser empleados para usos generales del aceite de coquito, pero por su olor, son poco propicios para fines alimenticios.

CAPITULO VII
BIBLIOGRAFIA

1. A. O. A. C. "*Official and Tentative Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*", Washington, 932 pp. (1945).
2. BAILEY A. E. "*Industrial Oil and Fats Products*", Interscience Publishers Inc., New York, 735 pp. (1945).
3. Consejo Nacional de Agricultura. "*Memorias de la Primera Convención Nacional de Productores de Oleaginosas*", Secretaría de Agricultura y Fomento, México, 251-2, 257, pp. (1939).
4. COTO FERNÁNDEZ R. "*Determinación de las Constantes Físicas del Aceite de Palma Real*". Departamento Nacional de Agricultura, Costa Rica, Boletín No. 35. (1941).
5. CHALMERS TW. "*Production and Treatment of Vegetable Oils*". D. Van Nostrand Company, New York. 152 pp. (1920).
6. Dirección de Economía Rural. "*Boletín Mensual de Estadística Agrícola*", Secretaría de Agricultura y Fomento, México, No. 153-8; 48 pp. (1939).
7. Dirección de Economía Rural. "*Coquito de Aceite Año de 1947*", Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, Boletín No. 266, (1948).
8. Dirección de Economía Rural. "*Estadística de Confronta*", "*Coquito de Aceite*", Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, Boletín No. 261. (1948).
9. Dirección de Estadística. "*Anuario del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos*", Secretaría de Economía, México, pp. (1945, 1947, 1948).
10. Dirección de Normas. "*Norma Oficial para Aceite de Coco*", Secretaría de Economía, 2 pp. (1948).
11. ESCOBAR R. "*Enciclopedia Agrícola y de Conocimientos Afines*", Escuela Particular de Agricultura, Ciudad Juárez, I, 903-4.
12. GONZÁLEZ DEL TÁNGANO Y ALEGRÍA J. "*Las Operaciones y los Aparatos Químicos*", II, Editorial Dossat, Madrid, 618 pp. (1949).
13. JAMIESON G. S. "*Vegetable Fats And Oils*", Reinhold Publishing Corporation, New York. 508 pp. (1943).
14. KIRSCHENBAUER H. C. "*Fats And Oils*", Reinhold Publishing Corporation, New York, 154, pp. (1944).
15. LEWKOWITSCH J. "*Technology and Analysis of Oils Fats and Waxes*", Macmillan and Co. Limited, London, I, 682 pp. (1938).
16. MANGRANE D. "*Procesos en la Química de los Aceites Grasas y Derivados Industriales*", Espasa Calpe. S. A., Madrid, 974 pp. (1944).

17. MARTIN G. D. "*Animal and Vegetable Oils, Fats and Waxes*", D. Appleton and Company. New York, 218 pp. (1920).
18. MARTÍNEZ M. "*Plantas Útiles de México*". Ediciones Botas, México, 121 pp. (1936).
19. SNELL F. D. y F. BIFFEN. "*Comercial Methods of Analysis*", Mac Graw-Hill Book Company Inc., New York, pp. (1944).
20. VELARDE D. A. y F. M. DELFIN. "*Técnica Física*", México, II, segunda parte, 330. 334, pp. (1948).