

RESUMEN

Este artículo repasa los diferentes métodos que existen para el fraccionamiento del aceite de palma. Trata en forma breve sus diferentes aspectos y principios generales. Aquí se describe un método novedoso para el fraccionamiento de aceites vegetales, animales y de pescado, y específicamente el aceite de palma. El método consiste en añadir al aceite un medio conformado por dos solventes comunes. Por medio de la centrifugación, se separan la oleína y la estearina, teniendo el medio en el centro de los dos. Se ha encontrado que doce sistemas solventes o medios formados por una combinación de dos de entre ocho solventes comunes que son el agua, glicol propileno, glicerina, acetona, etanol, n-propanol, isopropanol y butanona son efectivos para la separación de la oleína y la estearina. Sin embargo, el sistema de agua e isopropanol fue estudiado en más detalle. El proceso de fraccionamiento se puede llevar a cabo en cualquier temperatura adecuada y es independiente del método de cristalización del aceite. El medio empleado se puede volver a usar hasta siete veces. El fraccionamiento del aceite de palmiste hidrogenado produjo una fracción de estearina similar en cuanto a las características de fundición (36°C) a las de la manteca de cacao. Este proceso de fraccionamiento también se puede extender, con las modificaciones adecuadas, a que incluya el desgomado y la neutralización. Las fracciones de oleína obtenidas después del fraccionamiento fueron halladas libres de fosfátidos y el contenido de ácidos grasos libres se redujo hasta el 0.02%. El desarrollo de este fraccionamiento en un proceso continuo se demostró mediante un Separador Alfa-Laval LAPX 202.

El fraccionamiento de aceite crudo de palma utilizando gradientes de densidad produjo seis fracciones de estearina con diferentes características de fundición (47.5°C - 55.3°C) y composición de ácidos grasos (insaturación 48.4% - 34.9%).

Existen diversos métodos para fraccionar el aceite de palma en sus fracciones de oleína (líquida) y estearina (sólida). Entre estos están la vernalización (algunas veces con detergente) y la cristalización en isopropanol más agua o en solventes orgánicos como hexano, acetona y nitropropano. Todos los métodos tienen sus ventajas y desventajas en las

operaciones comerciales. En una serie de experimentos se desarrolló un nuevo proceso que utiliza el isopropanol con agua, empleando gradientes de densidad. Es posible el desgomado y neutralización simultánea. Es importante ampliar la investigación sobre el desarrollo comercial del proceso.

El aceite de palma es un producto relativamente reciente en el mercado mundial de los aceites comestibles. En vista de las altas tasas de producción, es necesario canalizar nuestros esfuerzos hacia la ampliación del mercado y la popularización de su uso. Aunque el mercado de aceite de palma en Occidente esté prácticamente saturado, existe un gran potencial en países tales como India, Bangladesh, Pakistán y el Medio Oriente. Para penetrar en estos mercados es importante desarrollar un programa de promoción coordinado. Los países productores de aceite de palma deberían tener un equipo técnico centralizado experto en tecnología del mismo para promover las nuevas aplicaciones del producto y asesorar y aconsejar a las compañías existentes sobre el cambio al aceite de palma como sustituto.

ALGUNOS PROCESOS CONOCIDOS DE FRACCIONAMIENTO

Una forma de ampliar los usos finales del aceite de palma es a través del fraccionamiento que normalmente tiene como resultado la oleína (líquida) y la estearina (sólida). Los diferentes métodos que se usan para el fraccionamiento del aceite de palma son:

- La vernalización, v.g. El Proceso Tartiaux.
- El proceso detergente.
- La cristalización con isopropanol con un contenido aproximado de agua del 5%.
- La cristalización con solventes orgánicos tales como hexano, acetona, nitropropano.

El fraccionamiento mediante vernalización implica cristalización anterior a la separación de las fracciones líquidas y sólidas. Esta separación se puede lograr por decantación, pero representa una gran pérdida de la fracción líquida que tiene mayor valor comercial, mientras la fracción sólida arrastra grandes cantidades. El Proceso de Fraccionamiento de Tirtiaux emplea un filtro de vacío continuo llamado el Florentino, equipado con una correa perforada de acero inoxidable. El principio de este proceso involucra tres operaciones: la siembra, la cristalización y la filtración. Los triglicéridos trisaturados (m.p. > 63°C, alrededor de 8% en el aceite de

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Ciencias de Malasia, Penang, Malasia.

palma) actúan como semillas. La primera operación es cristalizar los triglicéridos trisaturados dejando el aceite por lo menos durante doce horas a 45°C - 50°C, batiéndolo lentamente. Luego, el aceite sembrado se bombea a un cristizador donde la cristalización se lleva a cabo mediante enfriamiento y agitación controlada. De ahí, el aceite cristalizado se fracciona (sin usar solventes) por filtración continua al vacío. El Proceso de Fraccionamiento de De Smet es similar al proceso Tirtiaux. Sin embargo, en algunos casos se utiliza el hexano y la acetona para reducir la viscosidad del aceite para que la filtración sea más rápida.

El Proceso Detergente o el Alfa-Laval Lipofrac es básicamente un proceso de vernalización, salvo por cuanto se utiliza un agente activo de superficie durante el fraccionamiento centrífugo. El aceite cristalizado se mezcla previamente con una solución acuosa que contiene sulfato de laurilo sódico y un electrolito (sulfato de magnesio o sulfato de sodio). Debido a la acción de este agente activo, la fase acuosa humedece los cristales y estos se dispersan en la misma. Al mismo tiempo, la superficie de los cristales se lava y pierde el componente líquido. La fase de aceite se puede separar de los cristales y de la solución detergente mediante centrifugación. Estos dos elementos se calientan hasta que la parte sólida se convierte en líquido, que luego se separa más de la solución detergente por medio de centrifugación. En otros procesos de fraccionamiento también se han utilizado agentes activos de superficie. El principio de estos trabajos es similar al proceso Alfa-Laval Lipofrac. La separación de la fase aceitosa de los cristales y de la solución detergente también se puede lograr por gravedad o la fase aceitosa y la solución detergente se pueden separar de los cristales mediante filtración.

El proceso HLS se basa en la cristalización del aceite de palma en isopropanol con un contenido de agua del 4 al 6%. La fracción sólida cristalizada se separa y queda suspendida en la fase de isopropano. La densidad de los cristales es menor que la de la fase líquida, por lo tanto se presenta una separación rápida en dos capas. Luego, la fase sólida se puede separar mediante decantación sin necesidad de filtración. En un ejemplo típico, si se usa una parte de aceite de palma por una parte de solvente y con cristalización fraccional a 15°C, la capa superior contiene alrededor del 17% de grasa sólida y el 83% de isopropanol. La capa inferior contiene alrededor del 84% de aceite y el 16% de isopropanol. Existen informes de que la cristalización del aceite de palma en un sistema de acetona e isopro-

panol (3: 1v/v) produce una fracción adecuada para manteca de cacao.

El proceso de Fraccionamiento CMB (Costruzioni Meccaniche Bernardini) tiene que ver con la cristalización continua del aceite en hexano (1:1 v/v), seguida por la separación de las fracciones líquidas y sólidas mediante filtros continuos tipo tambor y la destilación de las dos fracciones para liberarlas del solvente. Si se requiere un aceite de menor punto de oscuridad, el filtrado de la cristalización de la primera etapa se enfría más y se filtra en una segunda etapa de cristalización a una temperatura mucho menor.

Así mismo, hay informes sobre otros procesos de fraccionamiento que se basan en la cristalización del aceite de palma en hexano.

El uso de la acetona como medio de cristalización para obtener fracciones no saturadas y sustitutos de manteca de cacao se ha generalizado.

La cristalización del aceite de palma en 1-nitropropano, 2-nitropropano o una mezcla de los dos, produce una fracción sólida adecuada como sustituto de la manteca de cacao. También se ha informado sobre el fraccionamiento de los aceites mediante la extracción selectiva de los triglicéridos, utilizando propano líquido. Además se ha estudiado la cristalización selectiva de la fracción de fundición más alta sobre una superficie acerada, dejando la fracción de fundición más baja en forma líquida.

El fraccionamiento del aceite de palma también se puede lograr por medio de la transesterificación. En este proceso, los radicales de ácidos grasos de las moléculas glicéridas y el derivado de los ácidos grasos saturados que se añade, se transesterifican. Esto ocasiona un nuevo arreglo de los radicales de los ácidos grasos entre las moléculas de glicéridos para producir una fracción líquida rica en glicéridos trisaturados y una fracción sólida de glicéridos trisaturados.

La conversión total del aceite de palma en aceite líquido no saturado se logra mediante la creación de afinidades dobles en la cadena del ácido palmítico, que se encuentra más o menos en un 48% en

el total de ácidos del aceite de palma. Los pasos a seguir incluyen el aislamiento del ácido palmítico saturado (como etil palmitato) y clorización con cloro elemental, utilizando carbono activado como catalizador. El etil palmitato clorado se deshidro-

TABLA 1 COSTOS DE CAPITAL*			
Capacidad de la planta	Tirtiaux US\$	Alfa-Laval US\$	Cmb US\$
100 toneladas/día fraccionamiento de etapa sencilla	430.000	581.000	400.000
100 toneladas/día fraccionamiento de doble etapa	533.500	1'162.000	700.000
* Excluyendo:			
1) Tanques de almacenamiento para aceite de entrada y aceite producido.			
2) Costos de construcción de la planta.			
3) Edificaciones de la planta.			
4) Servicios especiales para las edificaciones.			

TABLA 2 CONSUMO POR TONELADA DE ACEITE PROCESADO			
Requisitos	Tirtiaux	Alfa-Laval	CMB
Energía (KWh)	22	38	35
Agua (m ³)	0.1	1	2
Vapor (Kg)	80	150	300
Solvente (Kg)	—	—	5
Sulfato de (Kg)	—	0.2	—
Magnesio (Kg)	—	0.2	—
Los costos corrientes se pueden calcular dependiendo de los costos de los distintos requisitos.			

cloriza y el C₁₆ de formación reciente se vuelve a introducir al aceite mediante transesterificación.

Aunque conocemos los procesos de fraccionamiento anteriormente mencionados, solamente cuatro de ellos, a saber el Tirtiaux, el Proceso de Fraccionamiento de De Smet, el Proceso Alfa-Laval Lipo-frac, y el CMB operan en Malasia a nivel comercial.

La Tabla 3 resume los resultados típicos del fraccionamiento del aceite de palma mediante tres de los procesos mencionados.

Todos los demás procesos mencionados tienen ciertas desventajas. En el proceso de vernalización se pierde aceite a través de la oclusión de la fracción de estearina. En los procesos que emplean solventes orgánicos existe el peligro de que son inflamables y otra desventaja es el alto costo de recuperación de los solventes. En el proceso detergente, los residuos o vestigios que quedan en el producto fraccionado son indeseables y debido a ello, este proceso no se acepta en algunos países. Aunque la conversión total del aceite de palma en aceite líquido creando afinidades dobles en el ácido graso sa-

TABLA 3 PROPIEDADES DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS CON LOS DIFERENTES PROCESOS DE FRACCIONAMIENTO						
Proceso	Fracción	%	Produc- to de I.V.	Pto. de oscuri- dad (°C)	Prueba en frío — 7 días a 19°C	Punto de fusión (°C)
Tirtiaux	Aceite crudo oleína	60	53 61	— 6	— 7 días a 19°C	— —
	estearina	40	44	—	—	44
Alfa-Laval	Aceite crudo oleína	80	52 60	— 7	— 5 días a 20°C	35 17
	estearina	20	28	—	—	54
CMB	Aceite crudo oleína	70 - 75	53 61	— 8 - 9	— 1 día a 19°C	— 19
	estearina ¹ estearina ²	15 - 20 10	28 52	— —	— —	50 —

turado es prometedora, es necesario llevar a cabo un estudio detallado de este aceite modificado químicamente para cerciorarse de su seguridad en cuanto al consumo a largo plazo.

En vista de estas desventajas, un equipo de investigaciones sobre aceite de palma, que comprende profesores de diferentes facultades de la Universidad de Ciencias de Malasia, se ha dedicado al análisis de estos problemas desde todo punto de vista. La parte que sigue en este estudio describe el desarrollo de un nuevo proceso de fraccionamiento y la evaluación de los productos que se obtienen.

ESTUDIOS DE FRACCIONAMIENTO EN LA UCM

Se sabe que se han utilizado gradientes de densidad en el fraccionamiento de especímenes bioquímicos mediante centrifugación. Los gradientes consisten principalmente de solución acuosa sucrosa o una sal inorgánica, v.g. cloro de cesio. Los gradientes de densidad de una solución acuosa sucrosa se pueden preparar mediante la acodadura de una serie de soluciones sucrosas de diferentes concentraciones en un tubo centrífugo. La densidad de la solución sucrosa aumenta con la profundidad. Tanto el sistema de sucrosa como el de cloro de cesio son inadecuados para el aceite de palma. Como resultado, se probaron muchos gradientes de densidad. Los que se hallaron estables están conformados por una combinación de ocho solventes comunes que son:

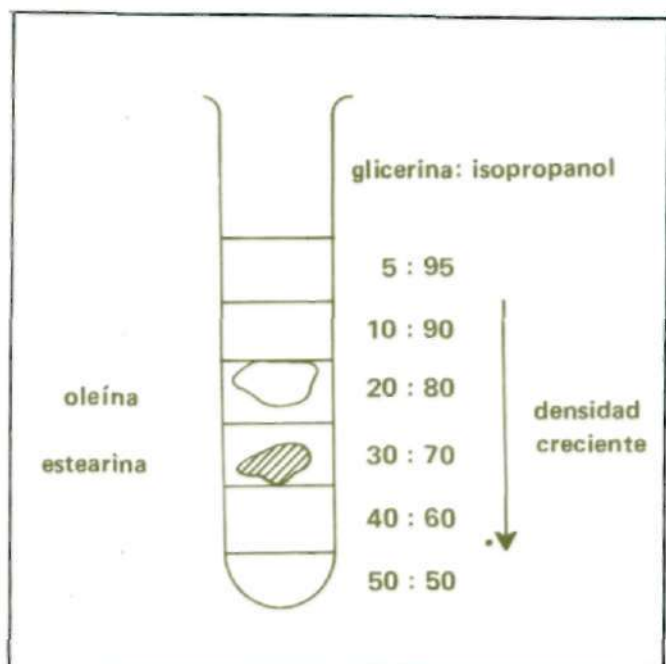


FIGURA 1. Fraccionamiento por centrifugación empleando gradiente de densidad.

agua, glycol propileno, glicerina, acetona, etanol, n-propanol, isopropanol y butanona. Se ha encontrado que existen doce sistemas solventes efectivos. El primer gradiente de densidad se preparó con glicerina e isopropanol. Cuando se añadió el aceite de palma crudo, seguido por la centrifugación, se observó que la oleína aparecía en una capa (20% glicerina, 80% isopropanol) y la estearina en la otra (30% glicerina, 70% isopropanol).

De la información anterior se dedujo que en lugar de centrifugar el aceite de palma con un gradiente de densidad, se podía escoger un medio de la densidad correcta que sea intermedio entre las densidades de la oleína y la estearina, logrando los mismos resultados.

Se llevó a cabo una investigación primaria utilizando todos los doce sistemas solventes en aceite de palma crudo y los resultados demostraron que se podía obtener una buena separación con una pequeña gama de densidades del medio empleado (Tabla 2). La composición de la mezcla líquida que conforma el medio se puede definir con la siguiente ecuación:

$$XD_1 + (100 - X) D_2 = B$$

donde X es el porcentaje del componente 1, D_1 es la gravedad específica del componente 1 a 25°C, D_2 es la gravedad específica del componente 2 a 25°C, y B depende de la gravedad específica de la oleína y estearina y varía entre 87 y 97.

Este método de fraccionamiento, también es aplicable al aceite de palmiste, al aceite de salvado de arroz, al sebo, a la manteca y al aceite de arenque. El sistema solvente que se estudió en más detalle fue el de agua e isopropanol. Se encontró que al utilizar este sistema con aceite de palma, el porcentaje de oleína en el medio era de 0.18% y el de

TABLA 4
FRACCIONAMIENTO DEL ACEITE DE PALMA CRUDO
POR CENTRIFUGACION UTILIZANDO LOS DOCE
SISTEMAS SOLVENTES

Sistema solvente Componente 1:2	Sin separación (sumideros de aceite)	Porcentaje del componente 1		Sin separación (aceite flotante)
		Buena separación	Separación parcial (estearina en oleína)	
Agua: acetona	31	42 — 44	45 — 58	59
Agua: n-propanol	42	43 — 45	46 — 64	65
Agua: isopropanol	41	42 — 45	46 — 57	58
Glicol propileno: acetona	34	35 — 38	39 — 62	63
Glicol propileno: butanona	24	25 — 31	32 — 61	62
Glicol propileno: etanol	45	46 — 49	50 — 64	65
Glicol propileno: n-propanol	42	44 — 45	46 — 65	66
Glicol propileno: isopropanol	45	47 — 48	49 — 66	67
Glicerina: etanol	23	24 — 25	26 — 32	33
Glicerina: n-propanol	20	22 — 23	24 — 34	35
Glicerina: isopropanol	21	23	24 — 35	36

TABLA 5
RECRISTALIZACION Y FRACCIONAMIENTO DEL ACEITE DE PALMA CRUDO DE PALMA HIBRIDA (F₁)^p
CON EL SEPARADOR ALFA-LAVAL LAPX-202

Aceite crudo fraccionado a (°C)	F ₁ hí- brido	Fracción	o/o oleína dispo- nible	o/o oleína fraccio- nada	o/o pro- ducto sobre oleína disp.	Pto. oscu- ridad (°C)	Pr. en frío (15-1/2 Yodo hrs.) (°C)	Cont. carot. (p.p.m.)	Acidos grasos		
									Sat:	No sat.	
Temperatura ambiente		Aceite crudo híbrido F ₁	90.0	—	—	—	—	64.0	1.057	40.4	59.7
		Oleína	90.0	78.8	87.6	4.0	17	65.0	1.073	38.8	61.8
	25	Estearina	—	—	—	—	—	54.2	808	48.5	51.6
	20	Oleína	95.0	81.1	85.4	2.5	15	65.8	1.100	38.6	61.5
		estearina	—	—	—	—	—	50.3	758	51.9	48.1
	18	Oleína	91.9	81.1	88.2	2.0	12	66.7	1.115	37.2	62.9
		estearina	—	—	—	—	—	47.8	679	53.7	48.5
	16	Oleína	98.8	80.0	88.1	1.5	10	65.8	1.108	38.3	61.8
	Estearina	—	—	—	—	—	49.4	712	52.1	49.0	
Sat. = Saturado No. sat. = no saturado											

Sat. = Saturado No. sat. = no saturado

TABLA 6
RECRISTALIZACION Y FRACCIONAMIENTO DEL ACEITE DE PALMISTE CRUDO UTILIZANDO EL SEPARADOR
ALFA-LAVAL LAPX-202

Muestra	% pro- duc. de oleína disp.	% oleí- na basa- do en oleína dispon.	% medio	% re- siduo	AGL (°C)	Pto. Fusión (°C)	Pto. osc. (°C)	Valor yodo	Valor peróxi- do	Valor Anisi- dina	Valor Totox	Acidos grasos	
Aceite crudo	65.0	—	—	—	0.93	28.1	—	19.0	6.92	3.25	17.09	77.8	21.7
Oleína	—	76.9	5.9	0.8	0.85	28.0	18.4	21.2	14.65	1.37	30.67	77.3	22.7
Estearina	—	—	5.6	—	0.72	29.9	—	17.9	11.61	2.33	25.55	78.7	21.3

medio en la oleína era de 3.39%. Esto indica esencialmente que el medio no actúa como solvente del aceite. Se llevaron a cabo otros experimentos con el objeto de determinar las veces que el medio se podía volver a usar para el fraccionamiento, y se encontró que se podía volver a usar siete veces. El proceso de fraccionamiento se puede llevar a cabo a cualquier temperatura adecuada y es independiente del método de cristalización del aceite, aunque la recrystalización es necesaria para efectuar una mejor separación. Hay diferentes tipos de cristales que se adecúan a los diferentes procesos pero en términos generales, los cristales granulados grandes son más fáciles de separar. Se ha informado que los componentes no glicéricos del aceite de palma afectan la recrystalización. La cristalización del aceite de palma se hace aún más difícil a medida que los triglicéridos muestran polimorfismo, v.g. pueden existir en cristales de diferentes formas con diferentes grados de estabilidad.

FRACCIONAMIENTO CON NEUTRALIZACION Y DESGOMADO SIMULTANEOS

Las investigaciones sobre este proceso de fraccionamiento que utiliza agua e isopropanol demostraron

que el desgomado se puede lograr al mismo tiempo. La oleína obtenida del aceite de palma crudo con un contenido de fosfátidos del 0.19% apareció totalmente libre del mismo elemento. El potencial de este proceso de fraccionamiento se encuentra esquematizado más adelante con el objeto de incluir la neutralización también. Al añadir hidróxido de sodio al medio, el contenido de ácidos grasos libres de la oleína obtenida mediante el fraccionamiento del aceite de palma crudo (FFA = 1.82%) era de 0.02%. Así, este proceso de fraccionamiento puede lograr simultáneamente el desgomado y la neutralización. Este nuevo método múltiple ciertamente reducirá los costos actuales de las plantas de fraccionamiento y refinería.

El medio alcalino posterior al fraccionamiento se puede volver a utilizar siete veces antes de que pierda efectividad en la neutralización, v.g. en el octavo fraccionamiento el contenido de ácidos grasos libres de la oleína llega solamente a 0.16%. Es posible que esto se deba a la pérdida de solubilidad del hidróxido de sodio que se añadió después de cada fraccionamiento, por la formación de jabón en el medio.

FRACCIONAMIENTO SIMULTANEO, NEUTRALIZACION
Y DESARROLLO

% NaOH en medio	Muestra	AGL (%)	Fosfátidos (%)
	Aceite crudo	1.82	0.19
0.0	oleína	1.94	0.00
0.5	oleína	0.04	0.00
0.6	oleína	0.04	0.00
0.7	oleína	0.04	0.00
0.8	oleína	0.04	0.00
0.9	oleína	0.02	0.00
1.0	oleína	0.02	0.00

TABLA 8
REUTILIZACION DEL MEDIO ALCALINO

Muestra	No. veces reutiliz. medio	AGL (%)
Aceite crudo	—	1.73
	0	0.06
	1	0.05
	2	0.03
	3	0.08
Oleína	4	0.03
	5	0.06
	6	0.06
	7	0.16

Se ha informado que el campesterol (20 - 21%), el estigmasterol (12 - 13%) y el B-sitosterol (62 - 67%) son los principales esteroides existentes en el aceite de palma (la composición porcentual se basa en el contenido total de esteroides del aceite de palma). El colesterol representa del 3 - 4%. Algunos de estos esteroides se remueven durante los diferentes pasos de la refinación. En el fraccionamiento que se utilizó la mezcla de agua e isopropanol, se

observó que el medio alcalino no removi6 ninguno de los esteroides existentes en el aceite de palma, mientras el medio no alcalino removi6 más o menos un 5.5%. Es interesante anotar que parte del colesterol (2%) fue removido. El contenido de esteroide obtenido de la oleina mediante fraccionamiento con el medio no alcalino es un 23% menor que el aceite de palma crudo.

En vista del efecto perjudicial de los vestigios de metal, especialmente el hierro y el cobre, para la estabilidad del aceite de palma, se analizaron las posibilidades de emplear los sistemas alcalino y no alcalino de agua con isopropanol para retirar estos vestigios. Se hicieron varios sistemas para mejorar la remoción de metales cambiando el pH del medio y añadiendo agentes de complejo metálico.

Se observó que el contenido de oleina en las fracciones obtenidas utilizando un método alcalino es del 30% aproximadamente en cuanto al contenido de cobre original en el aceite de palma, mientras el de la oleina obtenida usando el medio no alcalino seguía siendo del 60%, aproximadamente. El medio alcalino retiró alrededor de seis veces más el jabón de cobre que el medio no alcalino. El contenido de hierro de las fracciones de oleina obtenidas utilizando el medio alcalino se redujo a la mitad del contenido original en el crudo. La mayor parte del hierro fue detectada en las fracciones de estearina.

Se estudió el efecto del pH sobre el medio al remover los vestigios de metal, y los resultados demuestran que el medio ácido no es efectivo para retirar dichos vestigios. Sin embargo, se encontraron mayores cantidades de estos metales en la estearina a medida que el pH del medio iba aumentando. Probablemente esto se debe a los hidróxidos de metal

TABLA 9
COMPOSICION DE ESTEROLES EN EL ACEITE DE PALMA
Y SUS FRACCIONES

		Composición (%) de esteroides en cada fracción.			% de esteroide individual para cada fracción basado en el total de esteroide en todas las fracciones.		
Composición del medio	Muestra	colesterol	campesterol + estigmasterol	B-sitosterol	colesterol	campesterol + estigmasterol	B-sitosterol
—	Aceite crudo	—	38.5	61.5	—	38.5	61.5
40% agua	Oleína	—	37.5	62.5	—	29.0	48.3
y	medio	36.2	53.2	10.6	2.0	2.9	0.6
60% isopropanol	Estearina	—	37.7	62.3	—	6.5	10.7
40% agua	Oleína	—	38.4	61.6	—	33.6	54.0
60% isopropanol	medio	—	—	—	—	—	—
y NaOH	Estearina	—	38.2	61.8	—	4.7	7.6

El tiempo de retención para B-sitosterol (78 min.) se tomó como 1.00
El tiempo relativo de retención para el colesterol = 0.63; estigmasterol = 0.83 "

TABLA 10 CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE EN EL CRUDO Y SUS FRACCIONES				
Muestra	Condición	Fracción	Cont. cobre (p.p.m.)	Cont. hierro (p.p.m.)
Aceite de palma crudo		Crudo	0.35	16.65
	45%o agua	oleína	0.25	8.33
	55%o isoprop.	medio	0.34	0.26
		estearina	0.28	21.66
	40%o agua	oleína	0.19	8.34
	60%o isoprop.	medio	2.07	2.78
	+ NaOH	estearina	0.25	34.98
10 p.p.m.		Crudo	1.09	28.33
	45%o agua	oleína	0.69	22.35
	55%o isoprop.	medio	0.88	0.26
		estearina	1.62	45.10
1 p.p.m.	40%o agua	oleína	0.29	13.67
	60%o isoprop.	medio	4.80	2.85
	+ NaOH	estearina	1.11	61.62

TABLA 11 COBRE Y HIERRO DEL ACEITE DE PALMA CRUDO Y SUS FRACCIONES OBTENIDAS POR FRACCIONAMIENTO CON MEDIOS DE DIFERENTES VALORES pH			
pH del medio	Fracción	Cont. de cobre (p.p.m.)	Cont. hierro (p.p.m.)
2.8	crudo	1.15	19.3
	oleína	0.67	14.7
	medio	2.98	1.20
	estearina	1.78	30.3
3.6	oleína	0.68	13.1
	medio	2.94	1.04
	estearina	1.78	39.9
5.2	oleína	0.67	13.2
	medio	2.88	1.28
	estearina	1.87	39.3
7.9	oleína	0.65	13.2
	medio	2.85	1.04
	estearina	1.82	41.5
10.5	oleína	0.55	9.88
	medio	3.29	1.92
	estearina	1.84	54.5
13.3	oleína	0.37	9.14
	medio	5.16	5.76
	estearina	3.23	58.0

que se forman al centrifugarlo a fracciones de estearina. En un intento de complejizar los vestigios de metal durante el fraccionamiento, se utilizaron acetilacetona y ácido cítrico, de los cuales se sabe que forman complejos con los metales de transición, y el biacetil (un compuesto comestible), cuya estructura es similar a la de la acetilacetona. Sin

TABLA 12 CONTENIDO DE COBRE Y HIERRO DEL ACEITE DE PALMA CRUDO Y SUS FRACCIONES OBTENIDAS POR FRACCIONAMIENTO CON MEDIOS QUE CONTIENEN UN AGENTE COMPLEJO				
Agente complejo	%o agente complejo añadido al medio	Fracción	Cont. cobre (p.p.m.)	Cont. hierro (p.p.m.)
Acetilacetona	—	Aceite crudo	0.42	23.4
		oleína	0.23	12.7
	0.01	medio	0.32	0.56
		estearina	0.71	49.4
		oleína	0.33	15.1
	0.50	medio	0.30	1.04
		estearina	0.59	48.1
Acido cítrico		oleína	0.23	16.1
	0.02	medio	0.31	0.68
		estearina	0.75	49.1
		oleína	0.17	16.1
	0.50	medio	0.77	1.76
		estearina	0.67	50.5
Biacetil	—	aceite crudo	0.53	16.9
		oleína	0.39	12.3
	0.01	medio	0.42	0.67
		estearina	0.85	20.4
		oleína	0.39	10.6
	0.50	medio	0.45	0.54
		estearina	0.95	23.9

embargo, no se ha llegado a la remoción total de los vestigios metálicos.

El fraccionamiento con procesos simultáneos de neutralización también se podría aplicar al aceite de palma crudo con altos contenidos de ácidos grasos libres. En un caso típico, el contenido de ácidos grasos libres de la oleína obtenida mediante el fraccionamiento de un aceite con contenido de ácidos grasos libres del 4.83% fue del 0.05%.

También es posible aplicarlo exitosamente al aceite de palmiste crudo. En un ejemplo típico, el contenido de Ácidos Grasos Libres de la oleína obtenida de un aceite con contenido de los mismos de 0.93%, fue de 0.06%. Sin embargo, con el aceite de palmiste con un alto contenido de ácidos grasos libres, del 2.49% por ejemplo, se presentaron dificultades al cristalizar el aceite, y a una temperatura de 25°C, los cristales que se formaron eran dispares y la textura no era granulada. Sin embargo, si primero se neutraliza el aceite y luego se cristaliza, se obtienen cristales parejos y granulados. Por lo tanto, el fraccionamiento con neutralización simultánea no se puede aplicar al aceite de palmiste cuyo contenido de ácidos grasos libres sea mayor al 0.93%. Es necesario llevar a cabo la neutralización como proceso primario.

TABLA 13
FRACCIONAMIENTO DEL ACEITE DE PALMISTE CRUDO
CON Y SIN NEUTRALIZACION SIMULTANEA
UTILIZANDO EL SEPARADOR ALFA-LAVAL LAPX-202

Condi- ción del medio	Muestra	% prod. oleína	Pto. fusión (°C)	Pto. osc. (°C)	Cont. AGL (%)	Valor yodo	Acidos grasos	
							Sat.	No sat.
—	Crudo	—	28.1	—	0.93	19.0	77.8	22.3
sín	Oleína	50	27.8	17.0	0.89	23.6	79.6	23.1
NaOH	Estearina	—	28.6	—	0.85	20.9	77.2	22.7
con	Oleína	40	27.6	16.4	0.02	20.5	76.8	23.2
NaOH	Estearina	—	29.3	—	0.08	19.2	77.7	22.2

Sat. = Saturado No sat. = no saturado

TABLA 14

Muestra	% pro- ducto	FFA (%)	Pto. fusión (°C)	composición ácidos grasos						
				C8	C10	C12	C14	C16	C18	C18:1
Aceite de palmiste hidroge- nado	—	0.10	35.0	3.8	3.9	40.9	17.8	9.7	17.0	6.8
oleína	3.8	0.12	31.0	4.0	4.5	44.0	18.1	8.6	13.1	7.6
estearina	95.5	0.09	36.0	3.8	4.0	37.5	17.8	10.3	19.1	7.6

El fraccionamiento con neutralización simultánea en aceite de palmiste crudo (con contenido de ácidos grasos libres inferior al 0.93%), también procede en forma continua utilizando el Separador Alfa Laval LAPX-202.

El proceso de fraccionamiento múltiple anteriormente descrito se extiende al fraccionamiento de aceite de palmiste hidrogenado y a aceites de palmas híbridas. El fraccionamiento del aceite de palmiste hidrogenado produce una fracción de estearina similar en cuanto a las características de fundición (36°C) a las de la manteca de cacao.

FRACCIONAMIENTO CON CENTRIFUGACION UTILIZANDO GRADIENTES DE DENSIDAD

El proceso de fraccionamiento mediante centrifugación utilizando gradientes de densidad tiene el potencial para fraccionar el aceite de palma crudo en más fracciones. En un ejemplo típico, con los gradientes de densidad preparados de agua e isopropanol en los siguientes porcentajes:

agua %	isopropanol %	agua %	isopropanol %
40	60	52	48
42	58	54	46
44	56	56	44
46	54	58	42
48	52	60	40
50	50	—	—

se obtuvieron seis fracciones de estearina después de la centrifugación a 35°C. Los contenidos de caroteno y grados de insaturación de las fracciones de estearina disminuyen con el aumento de las densidades de las fracciones, mientras lo contrario se observa para los puntos de fundición.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE OLEINA MEDIANTE CENTRIFUGACION

Aunque la composición de los ácidos grasos y el valor de yodo indican el contenido de oleína, estas medidas son insuficientes para el fin de evaluar el aceite para el proceso de fraccionamiento. Por ejemplo, aunque el aceite de las palmas híbridas tiene un valor de yodo superior a 60, no es totalmente líquido a temperatura ambiente (alrededor de 29°C) mientras el valor de yodo de la oleína

TABLA 15
PROPIEDADES DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS POR CENTRIFUGACION USANDO GRADIENTE DE DENSIDAD

Fracción de la capa agua: isopropanol	Producto (o/o)	Pto. fusión (°C)	Cont. caroteno (p.p.m.)	Composición ácidos grasos (o/o)									
				C12	C14	C16	C18	C18:1	C18:2	C18:3	C20	Sat.	No sat.
44 : 56	66.8	22.2	760	0.1	1.1	39.3	4.9	42.1	11.6	0.6	0.4	45.8	54.3
48 : 52	12.9	47.5	570	0.1	1.1	45.4	4.8	38.0	10.1	0.3	0.3	51.7	48.4
50 : 50	3.7	50.7	520	0.1	1.3	48.2	4.9	35.6	9.3	0.3	0.4	54.9	45.2
52 : 48	2.5	53.4	400	0.0	1.2	52.5	4.7	32.7	8.2	0.4	0.3	58.7	41.3
54 : 46	3.4	53.7	449	0.1	1.3	54.1	4.8	30.8	8.1	0.4	0.4	60.7	39.3
56 : 44	4.0	54.0	393	0.1	1.3	55.5	5.3	29.9	7.7	0.2	0.3	62.4	37.8
60 : 40	4.7	55.3	366	0.1	1.4	58.4	5.1	27.6	7.1	0.2	0.3	65.3	34.9
Aceite crudo	—	—	666	0.1	1.1	43.1	4.8	39.6	10.8	0.3	0.3	49.4	50.7

Sat= saturado No sat.= no saturado

TABLA 16 UNA NUEVA TECNICA PARA DETERMINAR EL IGS* DEL ACEITE DE PALMA		
Temperatura (°C)	Total sólidos (promedio)	Valor NMR
5	42.6	55.0
10	35.6	37.9
15	25.9	24.9
20	18.5	16.4
25	8.6	10.3
30	5.6	7.6

* IGS: Indice de Grasas Sólidas.

obtenida mediante el fraccionamiento del aceite de la *E. guineensis* es menor a 60. Se informó de un sistema de determinar la oleína aplicado a los aceites crudos de la Tenera y a aceites compuestos (derivados de la *E. guineensis*) mediante la centrifugación empleando el método del agua con isopropanol. Los resultados fueron estudiados estadísticamente para evaluar esta técnica de determinación directa de la oleína como indicación de la calidad del aceite para ser fraccionado. Así mismo se ha llevado a cabo mejoras en el uso de este método de fraccionamiento para determinar el contenido sólido del aceite de palma a diferentes temperaturas. Basándose en las medidas mediante resonancia magnética nuclear de línea amplia, se encontró que el componente sólido retiene entre el 50 y el 70% de su propio peso en líquido. Sin embargo, esta dificultad se puede obviar determinando la concentración de B-caroteno del aceite de palma original (C_0) y su fracción líquida (C_1) que resulta de la nueva técnica de separación. La relación C_0/C_1 da el porcentaje total de líquido presente en el aceite a cualquier temperatura específica y los resultados que se obtienen con este método son muy parecidos a los del valor nmr, el coeficiente de correlación es 0.99. El contenido sólido de un aceite a una temperatura dada es un criterio importante de calidad y este método proporciona estos datos a un costo mínimo para la industria del aceite de palma comparado con el espectoscopio nmr de línea amplia o la dialometría.

ESTABILIDAD AOM DE LA OLEÍNA OBTENIDA MEDIANTE CENTRIFUGACION

Se ha observado que la estabilidad AOM de las oleínas obtenidas mediante fraccionamiento utilizando el sistema alcalino del agua e isopropanol por lo general es más baja que la de la oleína que se obtiene utilizando el sistema no alcalino de agua e isopropanol. El hidróxido de sodio utilizado fue estudiado en busca de una posible contaminación de

vestigios de metal (cobre y hierro) que son pro-oxidantes. Los resultados encontraron que no existían vestigios de los mismos metales. Sin embargo, el examen más detallado de las propiedades de la oleína obtenida utilizando el sistema alcalino de agua e isopropanol reveló que había una disminución del 30% del alfa - tocoferol, un antioxidante natural, y una pérdida total de fosfátidos. La disminución de los ácidos grasos libres aumenta la efectividad de los tocoferoles en los triglicéridos. Olcott, (1958). Como resultado, con la remoción de los ácidos grasos libres, las oleínas obtenidas mediante fraccionamiento con el medio alcalino no pueden ser más estables, pero este aumento de estabilidad puede verse opacado por la remoción de otros agentes de estabilidad (en este caso, los fosfátidos y tocoferoles). Aunque las propiedades de antioxidante del alfa - tocoferol son bien conocidas, añadir más del 0.05% del mismo a la oleína neutralizada no aumenta su estabilidad.

TABLA 17 ESTABILIDAD DE LA OLEÍNA OBTENIDA POR FRACCIONAMIENTO UTILIZANDO EL SISTEMA ALCALINO DE AGUA-ISOPROPANOL ADEMÁS DEL TOCOFEROL	
% α tocoferol agregado	AOM (horas)
control	31
0.025	41
0.050	39
0.080	30
0.100	32
0.200	33

TABLA 18 ESTABILIDAD DE LA OLEÍNA OBTENIDA POR FRACCIONAMIENTO UTILIZANDO EL SISTEMA ALCALINO DE AGUA: ISOPROPANOL AGREGANDO LECITINA	
% lecitina agregada	AOM (horas)
control *	31
0.05	56
0.10	62
0.15	78
0.20	81

* Concentración original de alfa tocoferol presente en la oleína = 0.049%

La lecitina, que es un producto natural se emplea ampliamente en la industria alimenticia. Así mismo se ha utilizado como antioxidante en los aceites comestibles. Evans Patricia, Scholfield & Dutton (1954) informaron que al añadir 0.1% de lecitina al aceite de soya para ensalada, mejoraba la estabilidad oxidativa. Se sugirió que la mejoría de la estabilidad se debía al efecto depurador de la lecitina sobre los metales.

TABLA 19 ESTABILIDAD DE LA OLEÍNA NEUTRALIZADA AL AGREGAR LECITINA Y α TOCOFEROL		
0/o lecitina agregada	0/o α tocoferol agregado	AOM (horas)
0.05	0.049*	56
0.05	0.005	55
0.05	0.012	55
0.05	0.025	53
0.05	0.050	40
—	0.025	49
1.00	0.049*	62

* Concentración original de alfa tocoferol presente en la oleína.

También se encontró que la adición de lecitina a la oleína neutralizada obtenida usando el sistema alcalino de agua e isopropanol aumentaba su estabilidad. La lecitina, en una proporción del 0.1%, mejoraba la estabilidad de 31 a 62 horas.

Cuando se añadían lecitina y alfa - tocoferol a la oleína neutralizada, su estabilidad AOM aumentaba al adicionar la cantidad de lecitina aunque al adicionar el alfa - tocoferol más del 0.05%, el efecto era nulo.

CONCLUSION

Aunque existen métodos industriales para fraccionar el aceite de palma a nivel de la práctica comercial, este trabajo demuestra que el fraccionamiento por centrifugación, utilizando los gradientes de densidad, tiene un gran potencial y es necesario investigar más a este respecto.

BIBLIOGRAFIA

- ATHANASSIADIS, A. (1977a) Refining and segregation of palm oil. In *International Developments in Palm Oil* (ed. D.A. Earp & W. Newall) pp. 399-410. Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- ATHANASSIADIS, A. (1977b) Refining and segregation of palm oil. *Oleagineux*, 32, 173-178.
- BEK-NIELSEN, B. & KRISHNAN, S. (1977) Refining and fractionation of palm oil. In *International Developments in Palm Oil* (ed. D.A. Earp & W. Newall) pp. 291-326. Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- BERGER, K.G. (1976) Some theoretical and practical aspects of fractionation of palm oil. Paper presented at the American Oil Chemists' Society Meeting, Chicago.
- BERGER, K.G. (1978) Case study of developing markets - Middle East. In *Market Development of Palm Oil Products*, (The International Trade Centre UNCTAD/GATT. Geneva) Kuala Lumpur, pp. 33-37.
- BERNARDINI, E. & BERNARDINI, M. (1975) Palm oil fractionation and refining using the C.M.B. Process. *Oleagineux*, 30, 121-128.
- BRAAE, B. (1977) Refining and fractionation of palm oil. In *International Developments in Palm Oil* (ed. D.A. Earp & W. Newall) pp. 377-398. Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- COENEN, J.W.E. (1974) Fractionnement et interesterification des corps gras dans la perspective du marche mondial des matieres premieres et des produits finis. 1 - Fractionnement. *Rev. Fr. des Corps Gras*, 21, 343-349.
- DUTTON, H.J., SCHWAB, A.W., MOSER, HELEN, A. & COWAN, J.C. (1948) Structure of compounds counteracting the effect of prooxidant metais. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 25, 385-388.
- DUTTON, H.J., SCHWAB, A.W., MOSER, HELEN, A. & COWAN, J.C. (1949) Some considerations in the use of metal scavengers in commercial operations. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 26, 441-444.
- EVANS, C.D., PATRICIA, M.C., SCHOLFIELD, C.R. & DUTTON, H.J. (1954) Soybean 'Lecithin' and its fractions as metal inactivating agents. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 31, 295-297.
- FIRESTONE, D. (1968) A review of methods for determining contaminants and adulterants in fats and oils. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 210A-247A.
- FUNNAR, H. (1973) Fractionation of fatty oils. *Mod. Kemi*, pp. 29-30; *Chem. Abs.* (1973) 79, 135462d.
- GROLL, H.P.A. (1960) Fractionation of oils by selective extraction. U.S. 2,941,941; *Chem. Abs.* (1960) 54, 23376 i
- HAHN, V.G. (1978) Fraktionierung Von Palmol durch selektive Kristallisation an einer gekuhlten Flache. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 80, (9), 337-342.
- HELMUT, H. & WERNER, S. (1972) Separation of fatty acid ester mixtures into components of different melting points. *Ger. Offen.* 2,053,257; *Chem. Abs.* (1972) 77,63767r.
- ITOH, T., TAMURA, T. & MATSUMOTO, T. (1973) Sterol composition of 19 vegetable oils. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 50, 122-125.
- JACOBSBERG, B. & OH, C.H. (1976) Studies in palm oil crystallization. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 53, 609-617.
- KELLENS, E. (1956) Fractionation of palm oil. *Bul. Agr. Congo Belge*, 47, 1263-89.
- KIRK, R.E. & OTHMER, D.F. (1967) *Encyclopaedia of Chemical Technology*, 12, 355.
- KOSLOWSKY, L. (1973) Salad Oil and edible fats from palm oil by a new fractional crystallization method in iso-propyl alcohol. *Oil Palm News, Kuala Lumpur*, 15, 24-29.
- KOSLOWSKY, L. (1975) The new H.L.S. method of fractionating palm oil by transesterification. *Oleagineux*, 30, 221-224
- KOSLOWSKY, L. (1976a) HLS Process for the full conversion of palm oil into liquid oil. *Oleagineux*, 31, 443-446.
- KOSLOWSKY, L. (1976b) Dividing oils and fats into a liquid and a solid fraction. *Ger. Offen.* 2,602,998; *Chem. Abs.* (1976) 85, 191080p.
- MARES, E. (1965) Separation of palm kernel oil by centrifugation in dispersion. *Prumysl Potravin*, 16, 428-30; *Chem. Abs.* (1965) 63, 15116g.
- MARTIN, W. & ROSSELL, J.B. (1972) Cocoa butter substitutes. *Ger. Offen.* 2,126,429; *Chem. Abs.* (1972) 76, 71297g.
- MARTINENGHI, G.B. (1974) Essais de fractionnement par deux solvants. *Oleagineux*, 29, 315-318.

- MARTINENGHI, G.B. (1976) Fats with structures similar to cocoa butter, tallow and palm oil. *Grassí, Deriv.*, 12, 38-42.
- MATTIKOW, M. (1948) Developments in the refining of oils with sodium carbonate. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 25, 200-203.
- OLCOTT, H. (1958) The role of free fatty acids on anti-oxidant effectiveness in unsaturated oils. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 35, 597-599.
- ONG, S.H. & CHUAH, C.C. (1975) Olein Stearin Separation. *British Patent*, 1499333.
- ONG, S.H., CHUAH, C.C. & BOEY, P.L. (1977) Preliminary study on olein-stearin separation of palmoil. In *International Developments in Palm Oil* (ed. D.A. Earp & W. Newall) pp. 281-289. Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- ONG, S.H., BOEY, P.L. & WONG, P.G. (1976) Application of the direct method of olein determination to crude palm oil and fractionation study of oils from *Melanococca* hybrid palms, *MARDI Research Bulletin*. Kuala Lumpur. 5, 29-39.
- RANCHERS COTTON OIL (1966) Separation of oil components by fractional crystallisation. *Neth. Appl.* 6,515,984; *Chem. Abs.* (1966), 65, 18877c.
- RICHARD, K. (1971) Selective fractionation of fatty materials. *British patent (1971)* 1,239,288; *Chem. Abs.* (1971), 75, 153179p.
- SEHER, A. & HOMBERG, E. (1968) Investigation of steroid mixtures by Thin-Layer Chromatography. *Fette Seifen Anstrichmittel*. 70,481.
- SMQRENBURG' J.J. (1972) Fractionation of fatty acids and/or fatty acid esters. *Neth. Appl.* 710363; *Chem. Abs.* (1963) 78, 18022d.
- TAKAO, T. (1957) Continuous manufacturing of cocoa butter-like product. *Japan*, 7479; *Chem. Abs.* (1958), 52, 10459f.
- TAN, C.H. (1974) Palm Oil fractionation; *Planter, Kuala Lumpur*, 50,126-131.
- TAYLOR, A.M. (1976) The crystallisation and dry fractionation of Malaysian palm oil. *Oleagineux*, 31, 73-79.
- THACH, R.E. & NEWBURGER, M.R. (1972) Mechanism of protein synthesis: Involvement of ribosomes. In *Research Technique in Biochemistry and Molecular Biology*, pp. 131-148. Philippines: W.A. Benajamin Inc.
- TIRTIAUX, F. (1976) Le fractionnement industriel des corps gras par cristallisation dirigée. *Oleagineux*, 31, 279-285.
- TSUGIO, L., JUNJI, K. & IWANAGA, Y. (1976) Separation of lipids according to melting points. *Japan, Kokai*, 7594003; *Chem. Abs.* (1976) 84, 15888d.
- TSUKASA, K. & NOBUYA, M. (1970) Fractionation of oils and fats. *British patent* 1,203,885; *Chem. Abs.* 73, 111215a.
- TSUKASA, K., MATSUI, S. & NOBUYA, M. (1970) Substitute for cocoa butter from palm oil. *Ger. Offen.* 1,958,792; *Chem. Abs.* (1970) 73, 78808w.
- TSUKASA, K. & NOBUYA, M. (1971) Fractionation of oils and fats. *U.S.* 3,541,123; *Chem. Abs.* (1971) 74, 52296y.
- UNCTAD/GATT (1976) *Market development of palm oil products*. Study by the International Trade Centre UNCTAD/GATT of the United Nations.
- UNILEVER (1967) Fractionation of fats. *Neth. Appl.* 6,613,947; *Chem. Abs.* (1967) 67, 55337d.

En el 25 Aniversario y
en su XIV Congreso Nacional,
saludamos a Fedepalma, a todos los
Palmicultores y asistentes.

CARTAGENA mayo 6, 7 y 8 de 1987



USBORAX

BORATOS FERTILIZANTES - Garantizan dosis exactas y uniformes que protegen los cultivos contra toxicidad o insuficiencia.

TONSIL
Tierras Decolorantes

UCI GIRDLER
Catalizadores de Níquel

CLARIMEX
Carbón Activado

**EQUIPOS Y PLANTAS COMPLETAS PARA
LA EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE
ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES HASTA
EL PRODUCTO FINAL.**

REPUESTOS

Para prensas, desmotadoras, deslindadoras y descascadoras de todas las marcas.

SAMTEC

samudio & asociados Ltda.

Representaciones técnicas desde 1950

Carrera 14 No. 87-45 2 Piso A.A. 89509
Tels: 2182908 - 2182176 Télex 41237 SAMTC-CO
Bogotá, D.E