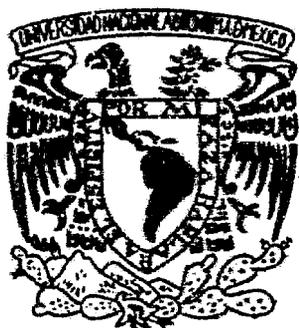


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



"EVALUACION DE LA VIDA
DE ANAQUEL DEL ACEITE
COMESTIBLE DE SOYA"

T E S I S

Que para obtener el título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

presenta:

NELSON HIRAY FERNANDEZ.

1983.



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.

I N D I C E

	PAGINA
CAPITULO I : GENERALIDADES.	
1.1.- Objetivo	(1)
1.2.- Necesidad de realizar el tema	(2)
1.3.- Beneficios que se obtendrán al reali - zar el tema	(3)
CAPITULO II : INTRODUCCION.	
2.1.- Importancia de los aceites comestibles	(4)
2.2.- Diferentes tipos de aceites y grasas.	(6)
2.3.- Valor alimenticio de los aceites.....	(10)
2.4.- Diferenciación alimenticia de los acei tes respecto a la insaturación	(20)
2.5.- Alteraciones sufridas por los aceites comestibles	(27)
CAPITULO III : EVALUACION DE LA CALIDAD DE UN ACEITE COMESTIBLE.	
3.1.- Parámetros	(43)
3.2.- Pruebas subjetivas	(44)
3.3.- Pruebas objetivas	(46)
3.4.- Descripción de algunas pruebas	(48)
CAPITULO IV : PARTE EXPERIMENTAL.	
4.1.- La muestra	(54)
4.2.- Procedimiento del Oxígeno Activo	(56)
4.3.- Material utilizado	(57)
4.4.- Procedimiento experimental	(58)
.....	()

CAPITULO V : RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1.- Resultados (66)
 5.2.- Discusión (73)

CAPITULO VI : RESUMEN (76)

CAPITULO VII : CONCLUSIONES (78)

BIBLIOGRAFIA (79)

C A P I T U L O I

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

1.1.- OBJETIVO.

Uno de los problemas asociados con las grasas y los aceites comestibles que ha recibido más atención, es el de rancidez por oxidación.

Particularmente, el aceite de soya sufre de otro problema, además de el de rancidez, y es el fenómeno que se le ha llamado REVERSION DEL SABOR y que aparece a niveles bajos de oxidación.

Para la valoración de la resistencia de los aceites a la rancidificación, que generalmente se denomina "estabilidad", se utilizan métodos en los cuales se someten las muestras a condiciones que permiten acelerar el proceso normal de oxidación y con ello predecir qué tiempo tardará aceptable dicho aceite en condiciones reales de comercialización.

La estabilidad, puede ser considerada como la habilidad de un aceite a permanecer, sustancialmente, libre de olores y sabores indeseables.

El objetivo de este trabajo es determinar la estabilidad de una muestra de aceite de soya, que se obtiene con fines comestibles, desde que se envasa hasta su empleo (Evaluación de su vida de anaquel) a través de una modificación del Método del Oxígeno Activo (A.O.M.) y evaluaciones organolépticas, considerando un tiempo razonable de comercio.

1.2.- NECESIDAD DE REALIZAR EL TEMA.

En nuestro país, el aceite comestible de soya que se extrae, sufre de serias desventajas para ser usado en el freído por inmersión, debido a ciertas características indeseables tales como "sabor reversible", olor a pescado", etc., que si bien no afectan todas sus propiedades funcionales y nutritivas, despiden olores y producen sabores que son difíciles que el consumidor acepte.

En vista de lo anterior, existe la necesidad de enterarse de muchos aspectos relacionados con el manejo, transporte y proceso de esta semilla oleaginosa y proteica, y conocer qué se debe hacer si se desea obtener un aceite aceptable.

El control de la estabilidad de este aceite no se lleva a cabo en forma correcta en las plantas extractoras de México, y hasta lo que se sabe, no se tienen programas tendientes a investigar detalles de sus características para ser procesado y manejado como aceite de soya.

Cabe mencionar que en la actualidad, en los Estados Unidos, como consecuencia del esfuerzo unido de agricultores e investigadores, han logrado que el aceite de soya sea el aceite vegetal comestible más empleado, contándose entre sus logros recientes, el mejoramiento de la calidad, mediante los enfoques siguientes: "Hidrogenación-winterización" y "Protección adecuada del aceite no hidrogenado"*

* : HWSB : Aceite de soya hidrogenado-winterizado.
 SEO : Aceite de soya protegido.

1.3.- BENEFICIOS QUE SE OBTENDRÁ AL REALIZAR EL TEMA.

El frijol de soya (Glycine max) proporciona dos pro-ductos necesarios para alimentar a nuestro pueblo: aceite y pro-teínas vegetales.

Con un mejor conocimiento de este aceite vegetal, se podría llegar a un mejoramiento de su cali-dad más duradera y a una mayor ace-ptación por el consumidor, e satisfaciendo así, una de las tareas en la bús-queda de la auto-suficiencia alimenticia, ya que, si con su contenido de pro-teí-nas se elaboran muchos alimentos, con su aceite - al rededor del 20% - también se fabrican productos tales como mar-tecas ve-ge-tales, mar-garinas, mayo-nesa, au-erezos, etc. .

Con una información adecuada de cómo la de-gradación - oxi-dativa tiene lugar en este aceite; sabiendo dón-de y bajo qué circun-stancias, es probable que se produzcan esos de-terio-ros, se podrán tomar las medidas apropiadas para eliminar el problema o al menos, minimizarlo.

Probablemente ningún momento más oportuno que el presen-te, es el que se debe de aprovechar para el impulso de la in-dustria alimentaria en nuestro país, como consecuencia de la po-sibilidad de la aplicación de la riqueza petrolera como ins-trumento de desarrollo en otras áreas...

INTRODUCCION.

2.1.- IMPORTANCIA DE LOS ACEITES COMESTIBLES.

(A) En el arte culinario.

Desde hace mucho tiempo, las grasas y los aceites han sido reconocidos como nutrientes esenciales tanto en las dietas humanas como animales. Ellos proveen la fuente más concentrada de energía que cualquier otro producto alimenticio; contribuyen grandemente a la sensación de saciedad después de haber comido; son portadores de vitaminas oleosolubles, y en la preparación de otros alimentos, son usados para darles textura, incluyendo cuerpo y suavidad; aumentan la palatabilidad; como medio de transferencia de calor en el freído por inmersión; como fase de emulsión en productos tales como mayonesa, aderezos, cremas vegetales, y otros...

Una gran variedad de productos basados en grasas y aceites comestibles, son ofrecidos al consumidor. Mantecas vegetales, margarinas, aceites para ensaladas y para cocinar, etc., son algunos de los muchos productos que están basados ya sea enteramente en grasas o aceites o que los contiene como su principal ingrediente.

Las grasas y aceites están presentes en cantidades variables en muchos alimentos. La mayor parte de los vegetales y frutas que se consumen como tales, contienen sólo pequeñas cantidades. Las fuentes principales en las dietas son algunas clases de carnes, productos lácteos, nueces y semillas vegetales que se cultivan y producen por su contenido de aceite.

(B) En el aspecto biológico.

Se considera que tanto la digestibilidad como la clase física y química de una grasa comestible, deben ser tomadas en cuenta en el estudio de su importancia para el organismo humano.

Como importancia biológica de las grasas y aceites comestibles se reportan⁽ⁱⁱ⁾ las siguientes funciones:

a.- Energéticas: Su valor calórico es dos veces mayor (9.3 Kcal/g) que los carbohidratos o las proteínas.

b.- Plásticas: Para el funcionamiento normal de las células, órganos y tejidos, así como también para el crecimiento adecuado del individuo.

c.- De aislamiento térmico: En el mantenimiento de la temperatura adecuada del cuerpo.

d.- De reserva de metabolitos: Mucho del carbohidrato de la dieta es convertido en grasa, antes de que sea utilizado con el propósito de suministrar energía.

e.- De transporte de vitaminas liposolubles (A,D,E,K) y de ácidos grasos esenciales.

(C) En la incidencia de enfermedades de:

a.- Las coronarias del corazón.

b.- Aterosclerosis.

2.2.- DIFERENTES TIPOS DE ACEITES Y GRASAS.

Las grasas y aceites comestibles se derivan, principalmente, de semillas oleaginosas (cártamo, soya, algodón, maíz, etc.) o de animales (cerdo, vaca, buey, etc.). Las grasas animales se obtienen durante el calentamiento de los tejidos adiposos (pollo, cerdo). Los aceites vegetales, por la extracción con solventes o el prensado de la semilla.

Son poco numerosas las grasas y aceites de origen animal; pueden reducirse a :

- a.- Grasa de buey o sebo.
- b.- Grasa de cerdo o manteca.
- c.- Grasa de pollo o de gallina.
- d.- Aceite de animales marinos (pescado, ballena, etc)
- e.- Grasa butírica (derivada de la leche de vaca).

Actualmente, revisten gran importancia para la industria alimenticia, las grasas vegetales (aceites totalmente hidrogenados), las cuales se emplean en grandes cantidades para cremas vegetales, mayonesa (parcialmente hidrogenado), aderezos, y otros; Existe gran demanda de grasas de algodón, coco, soya y maíz principalmente.

Por otro lado, la grasa butírica es otro de los productos apreciados por el productor de productos lácteos, ya que debido a la escasez de leche fluida, cada día es más difícil conseguirla, por lo que recurre a la importación de grasa butírica "anhídrica" (con un máximo de 2% de humedad) bajo el nombre de "butter oil".

Cualquier clasificación que se haga, no abarcaría todas las peculiaridades científicas, técnicas y comerciales de las grasas.

El grado de insaturación puede servirnos para hacer la siguiente clasificación:

(10)

CUADRO No. 1 : PORCENTAJES MEDIOS DE LOS GRASOS.

I.- Aceites vegetales	% Ácidos grasos saturados	% Ácidos grasos mono-insat.	% Ácidos grasos poli-insat.
De cacao	92	6	2
De oliva	12	80	8
De palma (rojo)	45	45	10
De cacahuete	18	56	26
De sésamo	13	45	42
De soya	14	30	56
De maíz	16	27	57
De girasol	10	18	72
De cártamo	12	10	78

II.- Grasas

Mantequilla	58	37	3
Margarina	64	30	6
Grasa para cocinar	24	67	9
Tocino	32	54	14

III.- Grasas de la carne.

De la vaca	40	48	12
De ternera	40	57	3
De cerdo	48	49	3
De conejo	40	44	16
De caballo	32	32	38
De pollo	26	50	24

IV.- Varios.

Huevos de gallina	31	53	16
Cacao y chocolate	60	38	2
Composición media de la grasa humana	41	46	13

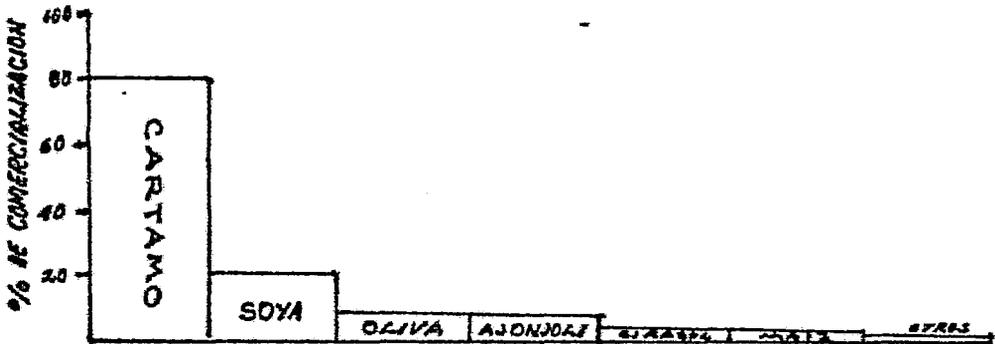
En el mercado nacional, los aceites y grasas que más se comercializan, nos lo demuestra el siguiente cuadro:

MARCA	SUENTE	PRECIO/LITRO	FABRICANTE
1-2-3	CARTAMO	\$95.00	FAB. DE JABON LA CORONA
FIED	"	"	ACEITERA EL PARAISO, JAL.
DE KOFER	"	"	ACEITERA EL PARAISO, PUF.
CAPULLO	"	"	ANDERSON CLAYTON
LIBERTADOR	"	"	FAB. DE ACEITES LA CENT.
KARTAMUS	"	"	ACEITES/ GRASAS Y DER.
CASA	"	"	ACEITE CASA.
DELICIAS	"	"	FAB. ACEITES LA ROSA.
CORLIAL	"	"	FAB. ACEITE LA CENTRAL
PUEENTE	"	"	PRODUCTOS PUEENTE.
DORAL	"	"	AG. COMEST. REFORMA.
SARITA	"	"	INDUSTRIA COMA UFC.
RIOSOL	SOYA	\$91.50	ACEITERA EL PARAISO.
VOLCAN	"	"	ACEITERA CENTRAL.
REFORMA	"	"	ACEITES COMEST. REFORMA.
SORAYA	"	"	INDUSTRIAL A. REFORMA.
CANARIO	"	"	ACEITE CASA.
LUCERO	"	"	INDUSTRIAS COIASUPO.
COMANDO	"	"	ACEITES, GRASAS Y DER.
COLON	AJONJOLI	\$95.00	INDUSTRIAL ACEITERA.
CRISTAL	"	"	INDUSTRIAL ACEITERA.
CASA	GIRASOL	"	ACEITE CASA.
GLORIA	MAIZ	"	ANDERSON CLAYTON.
CARBONELL	OLIVA	\$240/375ml	EMPACADORA LOS REYES.
SANTA MA.	"	\$214/375ml	IMP EXP ALBALUZ, PUF.
EL FLORIDO	"	\$223/375ml	UNION OLIVERA, TIJUANA
YBARRA	"	\$189/180ml	NORMEX YBARRA.
PARAISO	CERDO	\$350/1.75kg	ACEITERA EL PARAISO.

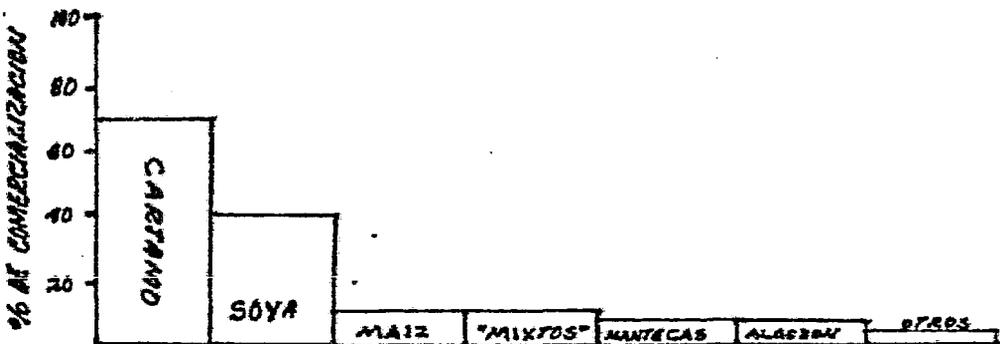
CUADRO No. 2 : ACEITES Y GRASAS MAS COMERCIALES.

1. POTENCIAL ECONOMICO.

Es de notarse que la comercialización del aceite de soya no es lo mismo en las clases altas que en las desprotegidas. Se supone que la diferencia de precio, el sabor y el olor desagradables, determinan su consumo. El ama de casa de este último grupo, acostumbra a freír un "diente" de ajo o un pedazo de "bolillo curo" antes de poner el alimento, para contra - restrar así dichos problemas.



GRAFICA No.1: COMERCIALIZACION EN SUPERMERCADOS.



GRAFICA No. 2 : COMERCIALIZACION EN MERCADOS POPULARES.

2.3.- VALOR ALIMENTICIO DE LAS GRASAS.

Los alimentos son la fuente del combustible que los procesos metabólicos del organismo convierten en energía para las actividades vitales. Tienen también, la no menos importante, función plástica, con la que se logra acrecentar la masa corpórea en la fase de crecimiento somático, reparándose el desgaste normal, ligado a las actividades fisiológicas.

Las grasas y aceites son un constituyente principal en la dieta humana, junto con los carbohidratos y las proteínas, no solo debido a su valor energético, sino también por las vitaminas liposolubles y los ácidos grasos esenciales (ver pág. 22) que se encuentran asociados a las grasas de los alimentos naturales.

Para comprender el valor alimenticio de las grasas se requiere conocer, primero, su composición química al natural y después de las manipulaciones industriales y culinarias; segundo, su digestibilidad y su grado de absorción; y por último su destino y utilización en el organismo.

COMPOSICION QUIMICA.

El término "lípidos", abarca un grupo de sustancias orgánicas que son comunmente asociadas sobre la base de su insolubilidad en agua y ser solubles en solventes orgánicos como éter y cloroformo, etc.

Una clasificación aceptada por HERBER⁽³⁾ es:

CUADRO N^o. 4: CLASIFICACION DE LIPIDOS (PROPUESTA POR BLOOR)

A.- LIPIDOS SIMPLES:	Esteres de ácido grasos y un alcohol
1.- GRASAS O TRI-GLICERIDOS:	Esteres de ácidos grasos con glicerol
2.- CERAS:	Esteres de ácidos grasos con alco- les, diferentes al glicerol.

B.- LIPIDOS COMPUESTOS:	Esteres de ácidos grasos con alco- holes conteniendo grupos adicionales
1.- FOSFOLIPIDOS:	Combinación de ácidos grasos, glice- rol, ácido fosfórico, base nitro- genada y otras substancias. Inclu- ye lecitinas, cefalinas y esfingo- mielinas.
2.- CEREBROSIDOS O GLUCOLIPIDOS:	Compuestos de ácidos grasos, carbo- hidratos, base nitrogenada, pero sin ácido fosfórico.
3.- OTROS COMPUESTOS LIPIDICOS:	Aminolípidos, sulfolípidos, lipo- proteínas.

C.- DERIVADOS DE LOS LIPIDOS:	Productos de hidrólisis de lípi- dos simples o compuestos. Inclu- yen ácidos grasos, glicerol y es- teroles
--	--

I.- Componentes mayores (75%)

Las grasas y aceites comestibles están constituidos

principalmente por TRIGLICERIDOS (ésteres de ácidos grasos y glicerol). Junto a éstos se encuentran, en cantidades pequeñas, diglicéridos y monoglicéridos.

Las características físicas y químicas de las grasas y aceites comestibles están influenciadas por la clase y proporción de los ácidos grasos y por la forma en los cuales éstos están colocados en el radical gliceril.

Los ácidos grasos difieren entre sí, principalmente, en el número y posición de las dobles ligaduras entre los átomos de carbono. Con excepción del ácido "isovaleriánico", los ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza contienen un número par de átomos de carbono ⁽¹⁶⁾. En cuanto a los dobles enlaces, se les clasifica en "saturados" e "insaturados".

Los lípidos de origen vegetal están constituidos por ácidos grasos con una larga cadena de átomos de carbono (C_{16} , C_{18}), predominando los insaturados, y son, en su mayoría, líquidos a temperatura ambiente (lo que normalmente se conoce como aceite).

Los ACIDOS GRASOS LIBRES, presentes en mayor cantidad en los aceites crudos, son removidos por la refinación, quedando unos cuantos centésimos de uno por ciento en el aceite listo para su consumo.

II.- Componentes menores (5%)

Una parte de estos componentes menores se halla comprendida en la llamada "FRACCION INSAPONIFICABLE", constituida por hidrocarburos, esteroides, alcoholes grasos superiores, carotenoides y vitaminas liposolubles.

a.- Hidrocarburos: Presentes tanto saturados como insaturados. El "escualeno" reviste interés en el aceite de oliva ya que representa alrededor del 50% de la fracción insaponificable.

b.- Alcoholes: Los alcoholes que se encuentran en las moléculas de los lípidos incluyen al glicerol, al colesterol y a los alcoholes superiores, como el alcohol cetílico.

b.1.- Esteroles: Son alcoholes superiores monovalentes que se derivan del núcleo fundamental "ciclopentanoperhidrofenantreno". Se les clasifica según su origen, siendo el más importante el COLESTEROL en grasas animales (el cual no se encuentra en los aceites vegetales).

b.2.- Alcoholes grasos superiores: Se encuentran tanto libres como esterificados (por ejemplo, el alcohol cetílico en ceras). Las ceras se encuentran en cantidades apreciables en el aceite de soya, provenientes de la cáscara de la semilla.

b.3.- Fosfolípidos: Consisten de alcoholes polihídricos -comúnmente glicerol-, combinado con ácidos grasos, ácido fosfórico y un compuesto conteniendo nitrógeno (como "colina" en la lecitina y la "hidroxietilamina" en la cefalina). Los fosfátidos presentes en todas las grasas y aceites vegetales son eliminados durante la refinación. Los fosfolípidos del aceite de soya constan de: 2% de lecitina, 39% de cefalina y 40% de fosfátido de inositol⁽²⁾.

c.- Vitaminas: En términos generales, las grasas no son buenas fuentes de otras vitaminas, excepto la "E" (alfatocoferol), importante por su facultad antioxidante, presente, principalmente, en aceites vegetales. El aceite de soya proporciona también la "K".

Las vitaminas solubles en grasa, "A" y "D", son agregadas algunas veces a alimentos que contienen grasa, tales como margarina y leche, porque sirven como vehículos. La vitamina "A" se encuentra casi únicamente en las grasas animales, encontrándose en cantidades apreciables en la mantequilla y siendo la fuente más importante, el aceite de hígado de pescado, en especial el hígado de bacalao.

f.- Carotenoides y Clorofila: Los carotenoides son materiales colorantes que se encuentran naturalmente en grasas y aceites. La mayoría varía en color desde el amarillo hasta el rojo oscuro. La clorofila es la materia colorante verde de las plantas y es un componente característico del aceite de oliva.

g.- Antioxidantes: Representados por los tocoferoles (uno de ellos es la vitamina "E"), fosfátidos, carotenoides y otros, como por ejemplo el sesamol, en el aceite de sésamo y el gopipol en el de algodón.

MANIPULACIONES INDUSTRIALES Y CULIARIAS DE LOS ACEITES COMESTIBLES.

I.- Tratamientos industriales: Para propósitos tanto de cumplimiento sanitario y de comercialización, la mayoría de los aceites vegetales son sometidos a procesos de refinación, después de haber sido extraídos por procesos físicos y químicos de extracción con solventes.

Los componentes de los aceites vegetales crudos que son removidos en el proceso de purificación, son:

a.- Ácidos grasos libres: separados en forma de jabón, al hacerse la neutralización, generalmente con sosa .

b.- Fosfátidos o fosfolípidos: removidos, según el proceso, antes o junto con la centrifugación y lavado con agua caliente del precipitado, resultante de la neutralización. Junto a éstos, se eliminan otras materias coloidales como polisacáridos, gomas, resinas.

c.- Carotenoides y clorofila: removidos en su mayoría por medio de la decoloración; el uso de agentes absorbentes y la filtración destruye peróxidos, elimina gran parte de trazas de metales, además de los materiales colorantes.

d.- Tocoferoles: son poco removidos por la refinación

e.- Aldehídos y cetonas: responsables de olores desagradables, son removidos en la deodorización.

Las siguientes cifras aproximadas, nos dan una idea del efecto del tratamiento de refinación⁽⁵⁾:

	ACEÍTE INICIAL (%)	ACEITE FINAL(%)
TRIGLICERIDOS	85-89	98-99
ACIDOS GRASOS L.	5 (palma)	- 0.1
FOSFOLIPIDOS	3	- 0.1
ESTEROLES	2 (soya)	- 1.0
TOCOFEROLES	0.14	0.09

II.- Tratamientos culinarios: Con excepción de los aceites para ensaladas (óliva, maíz, algodón etc.), cuya característica principal es su bajo contenido de glicéridos saturados, por lo que permanecen en estado líquido a temperaturas bajas, la mayoría son expuestos a altas temperaturas, como un medio de transferencia de calor en el preparado de los alimentos.

Se detectan temperaturas del orden de:

- a.- 120°C : En el "estrellado" de unos huevos.
- b.- 120°C : En el "perol" de frituras.
- c.- 100°C : En un caldo de pollo hirviendo.
- d.- 200°C : En productos de panadería.

El tiempo de calentamiento es un factor importante en el daño que se le pueda causar al aceite (oxidación, hidrólisis, polimerización, etc.).

Muchas veces, un aceite que ha sido calentado en el frepido por inmersión, se vuelve a usar (es práctica común entre las amas de casa, el ir recolectando y "colando" el aceite sobrante, con el cual se hacen otra serie de calentamientos) , observándose un color parduzco debido a la oxidación de los pigmentos.

(15) Si el calentamiento es excesivo (más allá de los 150° y por un tiempo prolongado, puede llegarse a la hidrólisis y posteriormente estos ácidos grasos libres pueden sufrir una ruptura en su molécula, perdiendo así, sus propiedades alimenticias.

El otro fenómeno común en relación con el sobrecalentamiento de las grasas y los aceites, es la polimerización, la cual se manifiesta en la aparición de una película ("coque" o "caca") en los recipientes de calentamiento. Hay evidencias sobre estudios en animales de que se absorben escasamente las grasas polimerizadas en el tracto intestinal y que son excretadas como tales en el excremento.

DIGESTIBILIDAD Y GRADO DE ABSORCIÓN.

En la digestión y la absorción de las grasas, intervienen diversos factores, esencialmente constituidos por la bilis (la vesícula biliar, es un órgano secular unido al conducto hepático) y por las lipasas pancreática y la entérica (durante la digestión, la vesícula biliar se contrae y vierte la bilis rápidamente al intestino delgado, uniéndosele las secreciones pancreáticas poco antes de la llegada al duodeno)⁽³⁾.

Las sales biliares rebajan la tensión superficial de las grasas, proporcionando una zona de ataque más amplia para las lipasas, entre las cuales la "esteapsina" (pancreática) es la más importante por ser la que hidroliza los triglicéridos.;

Las grasas llegan al duodeno (pH : 8.3) casi intactas y se emulsionan al contacto con las sales biliares. Después se absorben y son hidrolizados en forma de ácidos grasos libres y mono- y diglicéridos. Probablemente⁽¹⁶⁾, también se absorva cierta cantidad de grasa no hidrolizada..

Esa mezcla que se forma, ácidos grasos libres, glicéridos parciales y grasa neutra, penetra en las células de la pared intestinal: una vez llegados al interior de éstas, los mono y diglicéridos se convierten de nuevo en triglicéridos y pasan al vaso quilífero central (vasos linfáticos del intestino) y de aquí, en forma de complejos lipoproteicos, son transportados a los vasos linfáticos de la red torácica y de ahí llegan a la circulación general.

El glicerol es transportado, en gran parte, a través del sistema portal, donde se transforma en glicógeno.

Por lo tanto, en la digestibilidad y grado de absorción de las grasas intervienen otros factores aparte de las sales biliares y las lipasas, como son la emulsionabilidad, el grado de hidrólisis y la naturaleza de las grasas.

El grado de emulsionabilidad se relaciona con la capacidad del aceite o la grasa para provocar la contracción de la vesícula biliar. Se reporta que esta capacidad está relacionada con el contenido de ácido oleico de la grasa; el aceite de olivas es el más capaz para esto, siguiendo en orden decreciente, el de cacahuete, de sésamo, de maíz y de colza⁽¹⁶⁾.

Se ha considerado que la longitud de la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos, así como el grado de insaturación, tienen que ver con la digestibilidad, explicando por qué en tanto la mantequilla (con ácidos grasos de cadena corta) se digiere bien, en tanto que las margarinas (cuyo endurecimiento transforma los ácidos grasos de cadena larga en más o menos saturados) son menos digeribles y presentan un período de absorción más largo.

Se asegura que ante todo, las grasas son más fácilmente digeribles, cuanto más se aproxima su punto de fusión a la temperatura del cuerpo humano; es decir, más rica en ácido oleico.

METABOLISMO DE LAS GRASAS.

Los lípidos de importancia metabólica del organismo de los mamíferos, incluyen, los triglicéridos, los fosfolípidos y a los esteroides, junto con los productos de su metabolismo, como son los ácidos grasos libres, glicerol y cuerpos cetónicos.

Los triglicéridos deben ser hidrolizados hasta sus constituyentes ácidos grasos y glicerol, antes que pueda proseguir más su catabolismo. Mucha de esta hidrólisis, ocurre en el tejido adiposo (hay un estado dinámico de la grasa corporal; concepto que forma la base de la comprensión sobre el metabolismo de los lípidos ⁽³⁾).

Los ácidos grasos se liberan al plasma y en seguida se incorporan a los tejidos para su oxidación subsecuente.

KNOOP (1905) ⁽³⁾ propuso y demostró que los ácidos grasos eran oxidados fisiológicamente, principalmente, por "beta-oxidación" (una vía que implica la remoción de dos átomos de carbono a la vez, del extremo carboxílico de la molécula). En esta forma, un ácido graso de cadena larga puede ser degradado completamente hasta Acetil-CoA, la cual se oxida hasta CO₂ y H₂O por la vía del Ciclo del Acido Citrónico.

La utilización del glicerol depende si el tejido posee la enzima activante necesaria, la "glicerocinasa".

2.4.- DIFERENCIACION ALIMENTICIA ENTRE ACEITES, RESPECTO A LA INSATURACION.

Dentro de la comercialización de los aceites comestibles se ha hecho mucha referencia al término "poliinsaturado". Esto está relacionado con el grado de insaturación de los ácidos grasos que forman parte de los triglicéridos que componen los aceites. El punto de fusión, es una propiedad física que se afecta de acuerdo a la composición de los ácidos grasos. Los aceites vegetales son los que más contienen ácidos grasos insaturados.

Existen términos publicitarios tales como "el primer aceite poliinsaturado"; "altamente poliinsaturado", etc. ¿Qué beneficios reporta para el organismo la ingestión de un alimento graso con mayor o menor insaturación?

ACIDOS GRASOS SATURADOS.

Debido a su saturación, son los menos activos químicamente. A continuación, están listados los de mayor interés práctico; todos - excepto el ácido acético-, se encuentran naturalmente en las grasas.

NOMBRE COMUN	ATOMOS _C	FUENTE TIPICA DE GRASA
ACETICO	2	-
BUTIRICO	4	MANTEQUILLA.
CAPROICO	6	MANTEQUILLA
CAPRILICO	8	ACEITE DE COCO.
CAPRICO	10	ACEITE DE COCO.
LAURICO	12	ACEITE DE COCO.
MIRISTICO	14	MANTEQ/ ACEITE DE COCO.
PALMITICO	16	MAYORIA DE GRASAS Y ACEITES.
ESTEARICO	18	MAYORIA DE GRASAS Y ACEITES.
ARAQUIDICO	20	MANTECA DE CERDO/ CACAHUATE
ESTEARICO	22	CACAHUATE.

CUADRO No. 5: ACIDOS GRASOS SATURADOS. (3)

ACIDOS GRASOS INSATURADOS.

La actividad de los ácidos grasos aumenta según el aumento del número de enlaces dobles.

La tabla No. 6 nos muestra algunos de los ácidos grasos que se encuentran en grasas naturales y aceites, y las fuentes típicas de cada uno:

NOMBRE COMUN	No. ENLACES DOBLES	ATOMOS _C	FUENTE TIPICA
CAPROLEICO	1	10	MANTEQUILLA
LAUROLEICO	1	12	MANTEQUILLA
MIRISTOLEICO	1	14	MANTEQUILLA
PALMITOLEICO	1	16	GRASAS ANIMALES Y SEMILLAS OLEAG.
OLEICO	1	18	MAYORIA DE CARNES Y ACEITES.
VACCENICO	1	18	MANTEQ./ CARNE
LINOLEICO	2	18	MAYORIA DE GRASAS DE SEMILLAS.
LINOLENICO	3	18	ACEITE DE SOYA
GADOLENICO	1	20	ACEITE DE PESCADO
ARAQUIDONICO	4	20	MANTECA DE CERDO
ERUCICO	1	22	ACEITE DE RABO

CUADRO No. 6 : ACIDOS GRASOS INSATURADOS (3)

Se ha establecido, como resultado de ciertas investigaciones, que para el organismo humano, existe una fracción lipídica indispensable, representada por los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico, los cuales, junto con los ácidos oleico y palmitoleico, vienen a ser los ácidos grasos insaturados

de mayor significado metabólico en los mamíferos. Estos dos últimos no se consideran esenciales en la dieta porque los tejidos son capaces de introducir una doble ligadura en el correspondiente ácido graso saturado.

De los tres ácidos grasos poliinsaturados, considerados como indispensables, existe la siguiente confirmación^(15,8): "El ácido araquidónico no puede considerarse como esencial, en virtud de que el organismo humano lo puede sintetizar a través del ácido linoleico, gracias a la acción de la vitamina B₆".

Por otro lado, también se ha demostrado que los glóbulos rojos son capaces de sintetizar el ácido linoleico, por lo que también pierde su carácter de elemento esencial: sin embargo, la cantidad sintetizada es mínima en el adulto y nula en los niños.

La literatura reporta lo siguiente^(16,4,3): En 1928, EVANS Y BURR observaron que las ratas alimentadas con una dieta purificada exenta de lípidos, a la cual fueron agregadas vitaminas "A" y "D", mostraron una tasa de crecimiento reducida y una deficiencia reproductora. Trabajo posterior, demostró que el síndrome (síndrome de BURR) era curado por la adición de los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico en la dieta.

Otras características del síndrome incluían, piel escamosa, necrosis en la cola y lesiones del aparato respiratorio; pero, el trastorno no era mortal..

El ácido linoleico se encuentra en altas cantidades en varios aceites vegetales comestibles, como por ejemplo en

los de maíz, cártamo y soya: el ácido linolénico es típico en el aceite de soya (cuadro No. 6); el ácido araquidónico se encuentra en las grasas animales, en mayor proporción que en los aceites vegetales.

ACIDO GRASO	RANGO % EN PESO	PROCENTAJE % EN PESO
<u>SATURADOS:</u>		
LAURICO		0.1
MIRISTICO	- 0.5	0.2
PALMITICO	7-12	10.7
ESTEARICO	2-5.5	3.9
ARAQUIDICO	- 1.0	0.2
BEHENICO	- 0.5	-
<u>INSATURADOS</u>		
PALMITOLEICO	- 0.5	0.3
OLEICO	20-50	22.8
LINOLEICO	35-60	50.8
LINOLENICO	2-13	6.8
EICOSENICO	- 1.0	-

CUADRO No. 7 : ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SOYA⁽²⁾

Del experimento anterior, se concluyó que, dado que ni las vitaminas ni la fracción insaponificable, y más aún, que ni los ácidos grasos saturados modificaban el cuadro clínico, llegaron a la conclusión de la importancia de la acción biológica de los ácidos grasos insaturados.

Otro de los términos que está ligado a la decisión de un mayor o menor consumo y tipo de grasa, es el COLESTEROL.

El colesterol (ver pág. 13), es el principal esteroide en grasas animales y no se encuentra en aceites vegetales (a los esteroides de origen vegetal se les llama genéricamente "fitosteroides" y difieren grandemente en acción biológica, respecto a los de origen animal).

El colesterol es típicamente un producto del metabolismo animal (3,16) y existe por lo tanto, en los alimentos de origen animal como la carne, hígado y yema de huevo (una fuente particularmente importante). La mayor parte del colesterol del cuerpo se origina por síntesis (cerca de 1 g/día), mientras que sólo - aproximadamente 0.3 g/ día se suministra en la dieta promedio.

Desde el año de 1955 se empezó a despertar considerable interés sobre la posible relación de las grasas y aceites en la incidencia de las enfermedades del corazón y vasculares. La presencia de colesterol en las placas ateromatosas dió paso a una serie de investigaciones.

El colesterol es eliminado por dos vías principales: la conversión en ácidos biliares y la excreción como esteroides neutros en las heces fecales. En el hombre, el colesterol plasmático es de 200 mg /100 ml. (30)

Muchos investigadores han demostrado una correlación entre los niveles elevados de los lípidos del suero y las enfermedades del corazón y de aterosclerosis. El colesterol es el lípido sérico que a menudo es señalado como el principal agente comprometido en este problema.

La ATROSCLEROSIS se caracteriza por la acumulación de ésteres de colesterol y otros lípidos en el tejido conjuntivo de las paredes arteriales. Cabe mencionar que muchos pacientes hiperlipidémicos, como la diabetes mellitus (caracterizada por una intolerancia a los carbohidratos, debido a un abatimiento de la secreción de insulina (3)), están acompañados, a menudo, de aterosclerosis.

Otros investigadores, han hecho resaltar que existe - una relación paralela entre la alimentación hipercalórica e hiperlipídica y el aumento de colesteroemia. Por ejemplo, en la raza negra (alimentación insuficiente), la colesteroemia alcanza valores relativamente bajos en comparación con los blancos (con un consumo elevado de grasas, en alto porcentaje, grasa de origen animal.)

Lo importante es hacer notar que otros parámetros como colesterol/lípidos, concentración de lipoproteínas , etc; muestran relaciones semejantes en la incidencia de la aterosclerosis, y que existen factores adicionales como la hipertensión sanguínea, la obesidad, falta de ejercicio, etc..

De los factores que se dicen bajar el nivel de colesterol sanguíneo, la sustitución en la dieta de algunos ácidos grasos saturados por insaturados, es el que más se ha estudiado (HARPER, 3, 1976.)

Los aceites que existen en la naturaleza y que son útiles para la sustitución anterior, incluyen al de soya, algodón, cártamo, maíz y cacahuate; mientras que las grasas como la manteca de cerdo y el aceite de coco, elevan dicho nivel de colesterol (16).

Una de las hipótesis que trata de aclarar la razón del efecto depresor del colesterol de los ácidos grasos insaturados , es que es posible que los ésteres de colesterol de dichos ácidos son metabolizados más rápidamente por el hígado y otros tejidos, lo cual aumenta el recambio y la excreción. Otra posibilidad es que el efecto se deba, en gran parte, a un desplazamiento en la distribución del colesterol del plasma hacia los tejidos.

GRASAS	SATURADOS %			INSATURADOS %		
	PALMITICO	ESTEARICO	OTROS	OLEICO	LINOL.	OTROS
MANTECA	29.8	12.7	1.0	47.8	3.1	5.6
POLLO	25.6	7.0	0.3	39.4	21.8	5.9
MANTEQUILLA	25.2	9.2	25.6	29.5	3.6	7.2
RES	29.2	21.0	3.4	41.1	1.8	3.5
ACEITE						
MAIZ	8.1	2.5	0.1	30.1	56.3	2.9
CACAHUATE	6.3	4.9	5.9	51.1	21.8	2.9
ALGODON	23.4	1.1	2.7	22.9	47.8	2.1
SOYA	9.8	2.4	1.2	28.9	50.7	7.0*
OLIVA	10.0	3.3	0.6	77.5	8.6	-
COCO	10.5	2.3	78.4	7.5	TRAZAS	-

*principalmente linolénico.

6 CUADRO No. 8 : ANALISIS TIPICOS DE LOS ACIDOS GRASOS DE ALGUNAS GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL (4)

Cierto organismo (Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1977⁽²⁾) recomienda que para protegerse contra enfermedades cardiovasculares, de 10 a 13% de las calorías, deben estar constituidas de aceites poliinsaturados....

2.5.- ALTERACIONES SUFRIDAS POR LOS ACEITES COMESTIBLES.

Los aceites pueden sufrir alteraciones en su olor, sa bor, color y en sus propiedades nutritivas. Los agentes causan tes pueden ser:

- 1.- Aire u oxígeno.
- 2.- Temperatura.
- 3.- Luz.
- 4.- Humedad.
- 5.- Metales prooxidantes.
- 6.- Acidos y bases.
- 7.- Sales.
- 8.- Enzimas.
- 9.- Tiempo de almacenamiento.

Los cambios en su estabilidad (pág. 1) pueden ser -
promovidos por procesos tales como:

A.- RANCILEZ.

- a.- Hidrólisis.
- b.- Oxidación atmosférica.
- c.- Reversión.
- d.- Acción de microorganismos.
- e.- Acción de enzimas.
- f.- Absorción de olores.

B.- CALENTAMIENTO.

- a.- Cocimiento.
- b.- Freído por inmersión.
- c.- Polimerización.

1.- OXIGENO ATMOSFERICO.

Aunque el deterioro de los aceites puede provenir de causas muy diversas, la oxidación, es la causa más importante desde el punto de vista práctico. La luz, el calor y ciertas impurezas como el agua y los metales, pueden acelerar la acción del aire u oxígeno. Según AHYWAHLERROOS (22, 1967), la solubilidad del oxígeno es de 3.2 ml/ 100 ml. de aceite.

Los aceites, al igual que otras muchas sustancias insaturadas, sufren una oxidación espontánea por el oxígeno atmosférico. El resultado de una prolongada oxidación es el desarrollo de la RANCIDEZ, acompañada de una pérdida de palabilidad y del comienzo de olores y sabores indeseables.

La absorción de olores, la acción de enzimas y de microorganismos, se consideran como las menos importantes para causar rancidez. De ahí que los procesos de mayor significado sean:

I.- REVERSION.

II.- RANCIDEZ OXIDATIVA.

III.- RANCIDEZ HIDROLITICA.

Se ha comprobado⁽²²⁾ que un aceite es más atacable por el oxígeno, cuanto más elementos insaturados cuente en su composición, lo cual se ve en la práctica ya que las mantecas hidrogenadas resisten más que los aceites.

Los ácidos grasos del aceite de soya están formados por : 7-9% de tipo LINOLENICO (3 dobles ligaduras), 50-55 % de LINOLEICO (2 dobles ligaduras), 25-27 % de OLEICO (1 doble ligadura) y de 10-15% de ESTEARICO (saturado).

Es importante hacer resaltar el contenido de ácido LINOLÉNICO en el aceite de soya, ya que, según parece, gran parte de su problema de estabilidad se centra en dicho porcentaje, en comparación con otros aceites comestibles como el de maíz, algodón, cacahuete, girasol o cártamo, que lo contienen en mínima cantidad o carecen de él (00.0 a 0.5 %). Además, ese ácido linolénico, se oxida aproximadamente 2 veces más rápido que los ácidos linoleico y oleico⁽⁶⁾, desarrollando olores desagradables.

El aceite de soya sufre principalmente, dos tipos de deterioración del sabor:

- a.- El rápido desarrollo de olores no deseables, comúnmente referido como REVERSION.
- b.- El desarrollo de olores y sabores fuertes, característicos de la RANCIDEZ OXIDATIVA.

I.- REVERSION.

El término "REVERSION" del sabor, se originó de observaciones de aceites de animales marinos que revelaban o "revertían" a un sabor a pescado durante el subsecuente almacenamiento.

En realidad, el aceite de soya no regresa a su condición original, por lo que no "revierte" y por lo tanto, se considera que es más apropiado hablar de una RETROGRADACION del sabor.

La retrogradación del sabor en aceites comestibles se acostumbra a definir como " La deterioración del sabor, ocurri

da con una menor oxidación que la necesaria para que se produzca la rancidez oxidativa" (4).

Los aceites que contienen ácidos grasos con tres o más dobles ligaduras, tales como el de soya (ácido linolénico), varios aceites de pescado (4-5 dobles ligaduras) y semilla de lino (40 a 60% de linolénico), se suponen que son, particularmente, susceptibles a sufrir la retrogradación.

Probablemente (4): " Ningún aceite esté libre de tendencias retragresivas, lo que pasa es que unos lo hacen hacia sabores u olores que la mayoría de los consumidores no los detectan o simplemente no son indeseables..".

Los términos empleados para describir los sabores de un aceite de soya (sin hidrogenar), que ha sufrido la retrogradación son:

SABOR MANTECOSO (BUTTERY)
 SABOR A HABA (BEANY)
 SABOR A HIERBA (GRASSY)
 SABOR A PINTURA (PAINTY)
 SABOR A PESCADO (FISHY)
 SABOR A HENO (HAY LIKE)

La retrogradación de sabor en el aceite de soya se ha reportado como el problema más importante, por lo cual se han hecho esfuerzos por identificar cuál o cuáles son los precursores de esos sabores indeseables.

Los aceites procesados contienen aproximadamente el 99.5 % de parte glicérida (saponificable) y 0.5 % de material

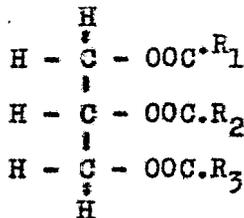
insaponificable (material colorante, vitaminas oleosolubles, esteroides, etc.).

Los tres aspectos desde los cuales se ha tratado de explicar el fenómeno de la retrogradación son:

- A.- Los ácidos poliinsaturados, principalmente el li-nolénico.
- B.- Los compuestos no glicéridos (probablemente los - compuestos con nitrógeno).
- C.- La interacción de ambos grupos (A y B)

FRACCION SAPONIFICABLE.

Dentro de la parte saponificable, vemos la preponderancia de los ácidos grasos en los triglicéridos que componen un aceite (Fig. No. 1) y por el hecho de que comprenden la parte activa de la molécula; la química de los aceites es una extensión de la de los ácidos grasos.



Mo : 41 Mo. : 650-970

FIG. No. 1 : REPRESENTACION DE UN TRIGLICERIDO

Así pues, considerando a la parte saponificable, responsable de la retrogradación, se han reportado^(5,6) que, agregando la otra fracción (la insaponificable) del aceite de soya a un aceite de algodón, no se presentaba el fenómeno. Posteriormente⁽⁴⁾ se evidenció que esta habilidad es una propiedad de los glicéridos, por experimentos en los cuales se demostraba que el aceite de soya revertía después de removerle su parte insaponificable.

Se señala a LURKEE⁽⁶⁾ como el primero en sugerir que el ACIDO LINOLENICO es el precursor de la retrogradación del sabor del aceite de soya. Existe mucha literatura^(4,6) que apoyan esta afirmación; sin embargo, en un trabajo presentado a la American Oil Chemistry Society⁽¹⁸⁾ sobre la separación de los compuestos volátiles de un aceite de soya "revertido", con un número de peróxido de 4.3 Meq/Kg (el cual se considera bajo para producirse la rancidez) se identificaron muchos compuestos que han sido producidos a partir de los ACIDOS OLEICO Y LINOLEICO, por lo que se dudaba que el linoléico fuera el único responsable de la retrogradación del sabor. Cuando estos compuestos fueron agregados a un aceite de maíz, fresco y deodorizado, todos los panelistas lo identificaban como un aceite de soya revertido.....

De los compuestos identificados⁽¹⁸⁾, dos son señalados como los de mayor interés:

1.- Un Decyne (un hidrocarburo): es el primer compuesto acetilénico reportado como producto de la auto-oxidación de ésteres de ácidos grasos insaturados que contienen únicamente dos dobles ligaduras (linoleico)

2.- 2-pentil-furano (un compuesto aromático) : imparte a un aceite, a una concentración de 5-10 ppm, un sa - bor a haba (beany) o a hierba (grassy) como el de un aceite de soya con retrogradación.

Debido a lo anterior, concluyen que dichos compuestos son predominantemente responsables de este fenómeno en el acei te de soya (particularmente cuando es expuesto a la luz) . Y - como se han reportado al 1-decyne y al 2-pentil-furano como - producto de la descomposición oxidativa de los ácidos oleico y linoleico respectivamente, se inclinan a considerar que el áci do linolénico actúa como catalizador en la iniciación de la - oxidación de aquellos ácidos.

Además, si se postula que el 2-pentil-furano proviene del ácido linoleico, por qué? (finalmente se preguntan), el a ceite de algodón (con aproximadamente igual cantidad de ácido linoleico) no sufre el mismo fenómeno de retrogradación. Proba blemente, el ácido linolénico no solo actúa como catalizador, sino que su presencia, altera la descomposición de los hidrope- róxidos de aquellos....

FRACCION INSAPONIFICABLE.

Por otro lado, se señala a MATTIL ⁽¹⁸⁾ el primero en - indicar que la fracción insaponificable no debe ser ajena al fe - nómeno de la retrogradación. BAILEYS ⁽⁷⁾ menciona que este fenó - meno se ha producido en el aceite de cacahuate, al cual se le ha ágregado la fracción insaponificable de soya y su tendencia a retrogradar se reduce gradualmente por agotamiento de dicho material.

A pesar de lo anterior, se reporta⁽⁶⁾ que el efecto de la adición del material insaponificable del aceite de soya a otros aceites son contradictorios..

Para explicar qué compuestos con nitrógeno de la parte insaponificable son los responsables de la retrogradación, la misma referencia⁽⁶⁾ menciona que el nitrógeno (de la caseína o la lecitina) puede reaccionar con aceites como el de lino y dar un sabor a pescado (fishy). Lo mismo ocurre calentando el aceite con óxido de trimetilamina. Por esas razones, y considerando que el aceite retiene el 30 % del N_2 total del aceite crudo, se supone que este nitrógeno reacciona con los ácidos oleico, linoleico y linolénico..

INTERACCION ENTRE GLICERIDOS Y NO GLICERIDOS.

Bailey's concluye que: " parece que ambas fracciones, glicéridos y no glicéridos son responsables del fenómeno, probablemente como resultado de una interacción de las dos partes, coincidiendo con una limitada oxidación. Así, puede ser que el fenómeno debido al calor esté asociado con la parte glicérida, mientras que a temperaturas ordinarias intervenga más la fracción insaponificable."

Los factores que influyen grandemente en la retrogradación son:

- 1.- La temperatura: A temperaturas de freído por inmersión (más de $100^{\circ}C$), el sabor indeseable surge casi instantáneamente y sus olores se caracterizan como olor a pescado o a pintura. Aceite fresco de soya, acabado

de deodorizar, presenta dicho problema, lo que no ocurre con el de cártamo, por ejemplo. Se estima que la velocidad de oxidación se duplica por cada 15°C en el rango de $20-60^{\circ}\text{C}$ (2).

2.- La luz : Todas las grasas y aceites comestibles se deterioran bajo los efectos de la luz, desde la de longitud de ondas cortas (ultravioleta) hasta las de ondas largas (infrarrojo), siendo importante la región visible, la cual produce un sabor a hierba o a haba (17)

3.- Metales: El fierro (Fe) y el cobre (Cu) son metales fuertemente prooxidantes para los aceites y se ha visto que para el de soya, son capaces de degradar su sabor aún a concentraciones de 0.01 p.p.m.; por es ta razón, es práctica común el empleo de sustancias secuestradoras de metales que se agregan después de la deodorización.

4.- Tiempo: En aceite se deteriora con el tiempo: esto se observa con todos los aceites de cocina cuando el consumo es lento y se va introduciendo aire a la bote lla cada vez que se abre para su consumo.

II.- RANCIDEZ OXIDATIVA.

La rancidez oxidativa produce el deterioro de un acei te, debido a la oxidación de las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados de la porción de la molécula triglicérida (es decir, un ataque del oxígeno a los ácidos grasos, sin nece sidad de que éstos sean liberados (HIDROLISIS) previamente, co mo ocurre en la rancidez hidrolítica).

Lo anterior, requiere de una mayor concentración de

oxígeno (el aceite de soya sólo empieza a enranciarse con un valor de 125-150 meq/Kg⁽¹¹⁾), que la necesaria para que se efectue la retrogradación del sabor (2-5 meq/Kg).

La oxidación de un aceite se supone que ocurre en dos períodos:

1.- Período de iniciación: Donde hay un pequeño cambio aparente en la composición, sabor u olor, pero en el que ocurre un aumento gradual en la concentración de HILOPEROXI - DOS (los cuales son inodoros e insípidos^(11,2)). Estos compuestos intermedios también son inestables⁽¹⁷⁾ a la luz e incremento de temperatura, quienes aceleran su descomposición, dando paso así, al segundo período. La duración de este primer período está relacionado con la resistencia de la grasa a la oxidación.

2.- Segundo período: En el que tiene lugar rápidamente la oxidación; se desarrolla la rancidez y los olores y sabores asociados con ella; es decir, a partir de este momento, se puede hablar ya de rancidez...

El término "rancidez" es usado en un sentido general para designar el desarrollo de un desagradable olor y sabor en grasas y aceites.

La rancidez es de considerable interés en el procesamiento, preparación y almacenamiento de muchos alimentos. Un producto que contiene grasa, aun en pequeñas cantidades, puede ser susceptible a este tipo de alteración: por ejemplo las galletas, cereales, leche en polvo, quesos frituras, etc. ...

MECANISMOS.

PRIMER PERIODO.

Parece ser que el mecanismo que implica la autooxidación primaria de los aceites, es bastante bien conocida⁽¹⁷⁾.

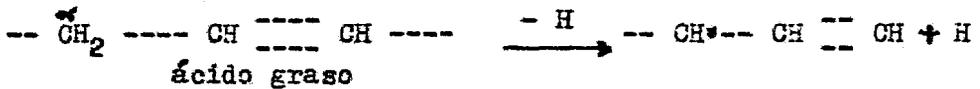
Se le nomra autooxidación, porque el primer producto de esta fase (hidrperóxidos), cataliza la reacción.

Antiguamente en la oxidación de las grasa, se establecía que se formaban "peróxidos" de cuatro anillos, pero hoy se cuenta con pruebas^(6,11,17) que en esta fase inicial, el oxígeno se une al carbono alfa del doble enlace de una cadena del ácido graso, con la formación de hidroperóxidos (hidroperóxidos purificados de grasa oxidadas han sido aislados)⁽¹⁷⁾.

Para la formación de los hidroperóxidos se ha propuesto una reacción en cadena por medio de radicales libres. Mucho de lo que se sabe al respecto, proviene de estudios de los Laboratorios de la BRITISH RUBBER PRODUCERS ASSOCIATION, realizados por BOLLAND, GEE, BATEMAN y otros.

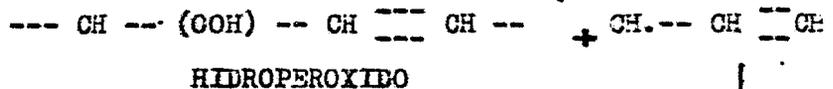
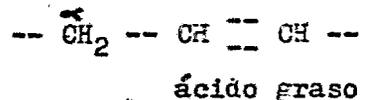
FIG. No. 2 : MECANISMO PROPUESTO⁽¹⁷⁾.

INICIACION:

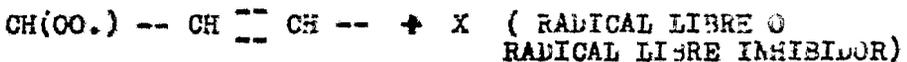


PROPAGACION

ETC.



TERMINACION :



PRODUCTO INACTIVO

Los hechos importantes de estas reacciones son :

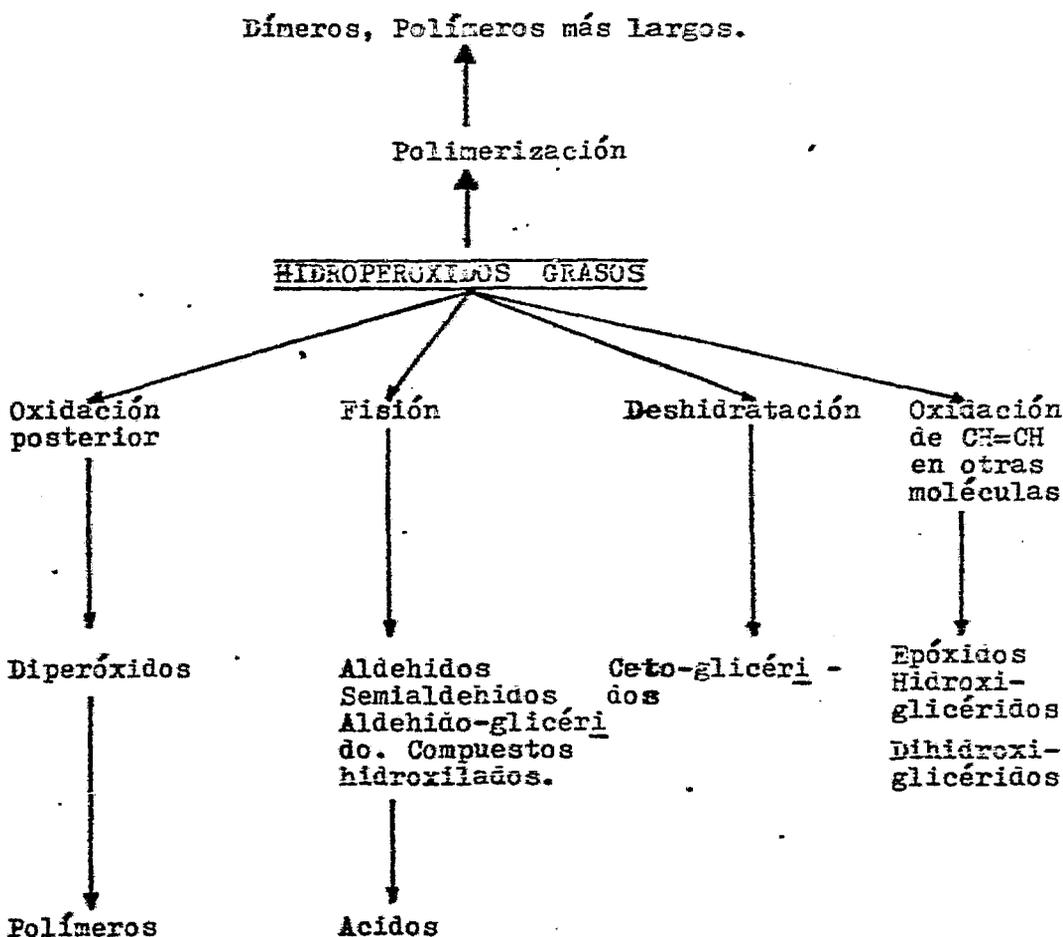
- 1.- La reacción implica la presencia de grupos insaturados.
- 2.- El grupo peróxido aparece en el átomo de carbono alfa, en relación a la doble ligadura de los ácidos.
- 3.- La velocidad depende del grado de insaturación de los ácidos grasos.
- 4.- La oxidación se influencia por la presencia de metales, todas las formas de radiaciones de luz, temperatura, etc..
- 5.- Los productos que se forman inicialmente son hidroperóxidos.
- 6.- Los olores y sabores indeseables no dependen de los hidroperóxidos..

SEGUNDO PERIODO.

La reacción secundaria y los productos de descomposición que resultan de una oxidación prolongada, incluyen^(11,9) muchos compuestos como perácidos, aldehídos, cetonas, diversas combinaciones de éstos y agua; evidentemente formados a partir de los hidroperóxidos.

La rancidez es detectada organolépticamente, así como por medio de pruebas químicas. Cuando ha progresado a un límite significativo, es aparente por el olor y sabor. Los expertos pueden detectar el desarrollo de la rancidez en sus primeras etapas. La determinación del valor peróxido, si se usa juiciosamente, puede ayudar a medir el grado de rancidez oxidativa de la grasa o el aceite.

LEA⁽⁹⁾ señala algunas de las rutas en que los hidroperóxidos pueden descomponerse:



LUNDBERG⁽⁹⁾, (1962) menciona que a baja concentración de hidroperóxidos, la relación de dímeros es alta y por lo cual se favorece la descomposición de monómeros de hidroperóxidos y viceversa (de acuerdo a estudios que se hicieron sobre la descomposición de los hidroperóxidos del metil-linoleato).

Aun cuando se han hecho muchos estudios sobre la oxidación de los aceites, esta segunda fase no ha quedado completamente explicada.

III.- RANCIDEZ HIDROLITICA

La hidrólisis de aceites da como resultado la liberación de ácidos grasos libres, mono- y di-glicéridos y glicerol. Este proceso puede realizarse por:

- 1.- La acción diastásica de las lipasas (como ocurre en el tracto digestivo).
- 2.- Medios químicos, principalmente por la acción de los álcalis (saponificación).

Los ácidos grasos tienen un sabor característico únicamente cuando la longitud de su cadena es menor de catorce carbonos (C_{14}). Por esto la rancidez hidrolítica es particularmente importante en aceite de coco, oliva, mantequilla y productos que contienen grasa de leche, debido a que la hidrólisis libera ácidos grasos BUTIRICO (C_4), CAPROICO (C_6), CAPRILICO (C_8) y CAPRICO (C_{10}), los cuales son volátiles a temperatura ambiente y los tres últimos, despiden olores desagradables...

Lo anterior, explica por qué los demás aceites vegetales (con C_{16} y C_{18} principalmente) no se detectan olores desagradables cuando son ligeramente hidrolizados (1-3 %) (4).

Por lo cual, en estos últimos aceites el fenómeno de rancidez hidrolítica no presenta gran importancia, porque las temperaturas de proceso destruyen cualquier lipasa presente y porque además, los ácidos grasos libres son altamente removidos en la refinación (hasta menos de 0.1%). Claro está que al menos que con esa mínima cantidad de ácidos grasos libres, ocurra sobre ellos también la oxidación.

2.- TEMPERATURA.

Aun cuando muchas grasas parecen resistir las condiciones normales de cocimiento, si se abusa de ello, sometiendo a altas temperaturas, estas grasas pueden sufrir cambios en el olor, sabor y calidad nutricional.

El estudio de las modificaciones que las materias grasas experimentan en las cocciones es de gran interés, tanto por las alteraciones químicas como por la elevada cantidad de grasa que son utilizadas para cocinar.

Las variaciones que experimentan las materias grasa dependen de muchos factores, tales como la naturaleza de la grasa o aceite (lo cual es diferente en manteca, margarina, aceite vegetal, manteca, etc.); el estado de conservación en el momento de su uso (acidez, valor peróxido, etc.); el modo, temperatura y tiempo de calentamiento (mayor o menor contacto con el aire por ejemplo); la naturaleza del alimento cocido en el aceite (por ejemplo el desarrollo de mucho vapor de agua, lo cual crea una capa de separación entre la materia grasa y el aire).

Así, si la grasa o aceite han sido calentados a altas temperaturas por largos períodos, pueden sufrir cambios físicos y químicos tales como:

a.- Un incremento en ácidos grasos libres, el cual se ha reportado que al deshidratarse se forma la "ACROALINA"⁽⁴⁾ la cual es volátil (químicamente es un aldehído de olor fuerte e irritante para la mucosa nasal y los ojos). Este fenómeno es común en los puestos de fritangas y las tacuérías.

b.- Saponificación: la cual es importante en productos de panadería, quesos, frituras, etc., en los que se siente un sabor jabonoso debido a la presencia de sales de los ácidos grasos (jabones).

c.- Un incremento en el índice de refracción.

d.- Un descenso del "punto de humo".

e.- Aumento en el contenido y descomposición de peróxidos.

f.- Un oscurecimiento del color.

g.- Un aumento en la viscosidad.

h.- Polimerización.

i.- Destrucción de vitaminas oleosolubles.

CAPITULO III

EVALUACION DE LA CALIDAD
DE UN ACEITE COMESTIBLE.

3.1.- PARAMETROS.

Para que un producto pueda venderse debe de resultar aceptable desde el punto de vista de los compradores en cali-dad y costo. El control sistemático de las variables de los - procesos de producción influyen en la excelencia del producto final. Las metas preferidas en el caso del fabricante de acei-tes comestibles son:

- 1.- Estabilidad más duradera.
- 2.- Mejoramiento de su calidad.
- 3.- Mejor aceptación por parte del consumidor.

Como medida de calidad, existen especificaciones ofi-ciales (1,12) para el aceite de soya. Por ejemplo:

ACEITE DE SOYA REFINADO (12)

a.- Requerimientos analíticos.

Color ----- 20 amarillo/ 2 rojo
 A.G.L. (como oleico)---- 0.005 % en peso.
 Valor peróxido ----- 2.0 Meq/Kg.
 Prueba de frío (mín.)--- 5.5 horas
 Estabilidad (A.O.M.) --- 8 horas/ 35 Meq/Kg (máx.)
 Humedad y mat. volátil - 0.1 % en peso (máx.)
 Conservadores ----- Si es que están presentes

b.- Requerimientos físicos:

El aceite deberá ser claro y brillante en su apariencia a 70-85°F.

El aceite estará libre de residuo de materia extraña de cualquier clase.

El aceite será suave y libre de cualquier olor a rancio, jabón, pescado, metálico o cualquier otro.

Para la valoración de la calidad de un aceite comestible existen técnicas químicas, instrumentales y evaluaciones sensoriales, las cuales se complementan en el desarrollo del producto y el control de calidad.

3.2.- PRUEBAS SUBJETIVAS.

Una evaluación final de todo producto comestible es sobre su olor y su sabor, los cuales, al igual que la textura y la apariencia, no pueden ser medidos por ningún procedimiento de laboratorio (instrumental).

Cuando se responde a los atributos de los alimentos por medio de éstos métodos, se hace dependiendo de los gustos humanos; por lo cual se utiliza a un grupo de personas para reducir el factor subjetivo (o sea la preferencia individual se reduce y se obtienen evaluaciones más representativas).

Existen varios tipos de métodos sensoriales que pueden ser usados para resolver problemas en la evaluación de productos comestibles.

MÉTODOS SENSORIALES⁽²⁾

A.- MÉTODOS AFECTIVOS:

- 1.- Método por aceptación
 - a.- Con grupo pequeño1
 - b.- Con grupo de consumidores (población grande)2
- 2.- Método por preferencia:
 - a.- Simple :A y B ¿Cuál prefiere?3
 - b.- Ordenación : Ordenar las muestras por orden de preferencia4
 - c.- Escala Hedónica: Escala de 0 a 9 adjetivos5

B.- MÉTODOS ANALÍTICOS:

- 1.- Método por escala.
 - a.- Descriptiva: Excelente, bueno, regular, malo.6
 - b.- Numérica: Calidad General: de 0 a 10 ó 100.7
 - c.- Compuesta: Cada factor olor: de 0 a 10 sabor: de 0 a 10.....8
- 2.- Método por diferencia.
 - a.- Triangular:A, B, A (muestras duplicadas).9
 - b.- Duo-Trio:A, R, B (una referencia R=A)..10

c.- Comparación pareada: A, B
(A: conocida).....11

d.- Comparación múltiple: B, C,
B, C, D (conocida).....12

3.- De estímulo único.

Se pide que se reconozca la
muestra..... 13

Una prueba sensorial muy común⁽⁸⁾ en la evaluación del sabor de los aceites comestibles; es una escala en la que se mezclan ambos grupos descritos: Los miembros de un grupo de prueba califican a los aceites en una escala numérica y también describen el sabor en términos específicos; la calificación numérica proporciona un resultado, mientras que las palabras descriptivas, una evaluación de su calidad.

La escala que se reporta para la evaluación de la calidad del aceite de soya es la siguiente:

<u>CALIFICACION</u>	<u>DESCRIPCION</u>
10	Muy bueno
8-9	Buena
6-7	Regular
4-5	Baja
2-3	Mala
1	Muy mala

3.3.- PRUEBAS OBJETIVAS.

Las pruebas físicas y químicas son más reproducibles y más rápidas que las pruebas sensoriales (en general).

Aun cuando se ha establecido que al final del análisis de rancidez en aceites debe hacerse por métodos organolépticos, existen esfuerzos para correlacionar éstas y varias pruebas químicas.

En virtud de la importancia de la estabilidad de los aceites comestibles, se han desarrollado un buen número de métodos para su determinación. Durante las primeras investigaciones⁽¹¹⁾, se intentaron relacionar los cambios en el contenido de ácidos grasos, índice de yodo, índice de saponificación, etc; con el contenido de grasa oxidada, para ver si podían servir como índice de rancidez. Aún cuando estos valores cambian^(6,10) son generalmente pequeños para ser medidos con exactitud en las fases primeras de la oxidación. En cambio, la determinación de PEROXIDOS (miliequivalente de oxígeno/ kilogramo de aceite) se ha instituido como el más ampliamente usado para la determinación de la calidad de un aceite o grasa, ya que, muestra una buena correlación con las pruebas organolépticas.

A.- METODOS QUIMICOS.

Algunos de los métodos desarrollados son los siguientes:

- 1.- El Ensayo Kreis.
- 2.- Método de reducción con permanganato de potasio.
- 3.- Métodos fotoquímicos.
- 4.- Valor hidroxilo.

- 5.- Valor acetilo.
- 6.- Valor carbonilo.
- 7.- Valor peróxido.

B.- METODOS ACELERADOS.

Los métodos sensoriales y métodos químicos pueden ser empleados en la determinación de la calidad de los aceites comestibles, como parte de la vigilancia de la elaboración del producto. También pueden usarse para evaluar la estabilidad de dicho producto, una vez que éste se encuentra en el mercado, correlacionando la evaluación del sabor con pruebas específicas que simulan las condiciones de almacenamiento real. Para ello se han desarrollado "métodos acelerados" que facilitan dicha evaluación. Entre ellos tenemos:

- 1.- Prueba de SCHAAL o Ensayo de la estufa.
- 2.- Método del Oxígeno Activo (A.O.M.) o Ensayo SWIFT de estabilidad.
- 3.- Prueba de la Bomba de Oxígeno (Se puede usar la Bomba A.S.T.M.).
- 4.- Análisis Térmico:
 - a.- DSC (Differential scanning calorimetry)
 - b.- TGA (Thermogravimetric analysis).

3.4.- DESCRIPCION DE ALGUNAS PRUEBAS.

De los métodos descritos anteriormente, mencionaremos

los más importantes: por ser el que más se usó en la práctica comercial (Ensayo Kreis); los que más se usan actualmente (Prueba de Schaal y Método del Oxígeno Activo); el que ha ganado cierta popularidad (Método de la Bomba de Oxígeno) y el que se propone⁽⁵⁾ puede llegar a desplazar a todos ellos (Análisis Térmico).

I.- ENSAYO KREIS.

Este Ensayo consiste en la medición del color desarrollado (Potómetro de Zeiss o Colorímetro de Lovibond) por reacción de una solución acidificada (ácido clorhídrico, sulfúrico o acético) de HEMOGLUCINA (en acetona, alcohol amílico o éter) con aldehídos presentes en la grasa. La intensidad del color - rosa o rojo (después de agitar) en la capa inferior, se supone que indica el grado de rancidez de la grasa.

La objeción más importante a esta prueba es que, muestras frescas de aceites y sin rancidez, dan reacción positiva, por lo que el desarrollo del color no es necesariamente paralelo al desarrollo de la rancidez^(11,6).

II.- PRUEBA DE SCHAAL O ENSAYO DE LA ESTUFA.

El Método de Schaal implica la colocación de 100 g de la muestra en un vaso y su permanencia en una estufa a 70°C, hasta que comience la rancidez. Las muestras se examinan a intervalos regulares (diariamente o semanalmente), según la calidad conservadora de la muestra. El punto final se determina - por una valoración organoléptica del olor de la grasa.

Como puede verse, este método adolece de desventajas tales como : un adecuado control de las condiciones en que ocurre la oxidación de la grasa: la naturaleza subjetiva para determinar el punto final (lo que requiere de un personal calificado).

EVANS, et. al., 1973: "Experiencias en subsecuentes evaluaciones indican que, 4 días de almacenamiento acelerado a 60°C, es equivalente a 3 meses de almacenamiento a temperatura ambiente".

III.- METODO DEL OXIGENO ACTIVO

En la industria de las grasas y aceites comestibles, el método de evaluación de la estabilidad oxidativa que se ha reportado como el de mayor uso, es el Método denominado: Ensayo de Aireación, Método del Oxígeno Activo (A.C.M.) o Ensayo Swift de Estabilidad: el cual está certificado por la American Oil Chemists Society (Method Cd 12-57).

Este método fué sugerido primeramente por C.H. LEA; D.H. WHEELER lo simplificó, haciéndolo más rápido y apropiado para altas temperaturas. Después fué modificado y normalizado por KING, ROSCHER e IRWIN⁽¹⁷⁾ y mide el tiempo (en horas) requerido para que una muestra de grasa o aceite obtenga un valor peróxido (Meq de O_2 / Kg de muestra) determinado, bajo las condiciones específicas de la prueba.

En sí el Método consiste en aplicar a la muestra una continua aireación (aire lavado) a 37.7°C , determinándose, por valoración periódica, el tiempo requerido para conseguir un Índice de Peróxido especificado, el cual se selecciona de tal forma que coincida, aproximadamente, con el punto en que empieza la rancidez. El tiempo requerido (la hora más próxima), se toma como índice de la resistencia de la grasa a la rancidez.

El aceite de soya sólo comienza a enranciarse ordinariamente, a valores entre 125-150 Meq/Kg,* por lo que algunos recomiendan suspender el ensayo al llegar a 100 Meq/Kg (11,17). (Él método adoptado por la American Oil Chemists Society especifica un sólo punto final de 100 me (índice de peróxido). Hay que recordar que el término índice de peróxido es una medida de la resistencia del aceite a la oxidación, y que precisamente cuando empieza la rancidez, ahí se debe de detener el ensayo. Aunque otros valores pueden ser considerados, dependen de la muestra y de las condiciones establecidas por el que hace el ensayo.

Las críticas a este método son : (A) Es altamente empírico, por lo que se debe poner atención a muchos detalles si se quieren resultados comparables; lo que hace difícil interpretar corridas de dos ensayistas; (B) Aún cuando se usan altas temperaturas, el ensayo es tardado. (C) Que depende de la medida de un producto de reacción del oxígeno con la grasa.

IV.- PRUEBA DE LA BOMBA DE OXIGENO.

Este método se señala como el segundo método más empleado para la valoración de la estabilidad de las grasas.

(*): El valor encontrado en el Ensayo fué de 125

Dicho procedimiento, que ha sido muy útil en la industria de grasas y aceites lubricantes, se basa en lo siguiente: (según una nomenclatura que comprende el uso de una bomba de oxígeno llamada A.S.T.M. (American Society for Testing and Material)) " 6 Gramos de grasa se esparcen sobre papel y se coloca en la bomba. Se introduce oxígeno a una presión de 5.5 Kg/cm^2 para grasas animales y 2.1 Kg/cm^2 para aceites vegetales. Tanto la bomba como su contenido, se mantienen a 48.9°C en un baño de agua hirviendo. El punto final se establece arbitrariamente como el punto medio de la primera hora en la que ocurre un descenso de presión de 0.14 Kg/cm^2 (debido al ataque del oxígeno). Un registrador de presión viene adaptado en el interior de la bomba y dibuja una curva continua de presión del oxígeno contra el tiempo" (5).

Se mencionan algunas ventajas sobre el método A.O.N. : (a) De ser más rápido; (b) La presión del oxígeno, incrementa la velocidad de la reacción; (c) Es más reproducible y puede ser usado no solamente en grasas y aceites, sino también en productos elaborados con ellos. Sin embargo, aún toma un tiempo considerable (5).

V.- ANALISIS TERMICO

El Análisis Térmico, es un término genérico para una serie de técnicas, las cuales, en general, miden algún cambio físico o químico en un material, como función de la temperatura. Estos cambios pueden ser: en el peso de la muestra, longitud, calor específico, etc.; los cuales son registrados por un traductor el cual convierte el cambio medido en una señal

eléctrica. Esta señal es amplificada y alimentada a un aparato que discuta en un eje de coordenadas, el cambio producido en la muestra (el calor en el DSC -"escalamiento diferencial" calórico" y el peso en el TGA -"análisis termogravimétrico-, que son las técnicas de interés en grasas y aceites comestibles(5).

El ensayo se lleva a cabo isotérmicamente y cuando aparece el cambio (se usa un calorímetro sensible y una microbalanza), se toma como el punto de estabilización de las muestras.

Los resultados son buenos y más rápidos, ya que ensayos que tardan 14 días vía O.A.M., con éstos fueron evaluados en meros de 4 horas....

CAPITULO IV

PARTE EXPERIMENTAL

4.1.- LA MUESTRA.

El aceite de soya utilizado para determinar su estabilidad oxidativa, fué una muestra proporcionada por Industrias Conasupo, S.A. de C.v. (Km. 33.5 Carretera México-Juérétaro), de uno de sus molinos de oleaginosas.

Las condiciones del proceso de obtención fueron las siguientes:

A.- SEMILLA: De frijol de soya, clase amarilla, procedente del estado de Tamaulipas.

B.- ANALISIS FISICOQUIMICOS:

% de materia extraña	1.0
% de humedad	12.0
% de aceite	18.0
% de proteínas	37.0
% de acidez	0.5

C.- METODO DE EXTRACCION : Con Hexano caliente.

Los granos de soya una vez que están limpios, se quiebran, se separa la cascarrilla y los metales; después se calientan las partículas (127°C) y se pasa a unos rodillos lisos que giran en sentido contrario de donde salen en forma de "hojuelas" de aproximadamente de 0.25 mm. de espesor. Estas hojuelas son transportadas a un extractor de canasta, donde son ro-

ciadas con hexano caliente. Este disuelve el aceite, formando las "miscelas", que pasan a un desolventizador, recuperándose el hexano que se vuelve a recircular.

D.- ACEITE CRUDO.

% de acidez	1.0
Color	70 A, 7 R (Lovib.)
% de Humedad	0.2

El aceite crudo contiene impurezas insolubles (fragmentos de semilla, humedad y ceras) las cuales son eliminadas en la filtración. Las impurezas solubles (ácidos grasos libres, fosfátidos, cuerpos colorantes, tocoferoles, fracciones de proteínas, hidrocarburos, etc.) son eliminados en gran parte durante los subsecuentes pasos.

El DESGOMALO (que consiste en hidratar los fosfátidos y material mucilaginoso, los cuales se hacen insolubles y pueden ser separados por decantación u otro proceso) no se llevó a cabo.

E.- ACEITE REFINADO.

% de acidez	0.05
Jabón (p.p.m.)	600
Color	3.4 R, 35 A

La refinación se hizo con solución de Hidróxido de Sodio de 18°Be' (15 % en peso). El objetivo de este paso es eliminar los ácidos grasos libres, fosfátidos y material mucilaginoso, material colorante y material insoluble.

El aceite crudo se trata continuamente con la solución cáustica a 38°C y cuando se forma el jabón ("Soap stock"), producto de la reacción de la sosa con los ácidos grasos libres, se incrementa la temperatura a 82°C y la mezcla aceite-jabón se pasa a una centrífuga, separándose, junto con el jabón, el material insoluble en aceite, el resto de sosa cáustica, fosfátidos y pequeñas cantidades de aceite neutro (que junto con el que se hidroliza, se le nombra "pérdida por refinación").

La fase ligera consiste de aceite neutro y cantidades pequeñas de agua y jabón.

F.- ACEITE LAVADO.

% de acidez	0.015
Jabón (p.p.m.)	20.0

El aceite refinado saliendo de la centrífuga en el paso anterior, es calentado a 88°C y mezclado con un 10-20 % de agua blanda caliente (93°C). La mezcla aceite-agua se envía a un mezclador de alta velocidad y después a una segunda centrífuga, donde las dos fases se separan. Se logra retirar así hasta el 90% del jabón y la humedad a menos del 0.1%.

El aceite lavado aún contiene pigmentos, compuestos aromáticos, etc.

G.- ACEITE BLANQUEADO.

% de acidez	0.1
Jabón (p.p.m.)	6.0
Color	0.5 R, 10 A

Este proceso consiste en filtrar el aceite por medio de tierra diatomácea (0.5%) por 20 minutos a 92°C. El material colorante es retenido así como metales prooxidantes.

H. ACEITE DEODORIZADO.

% de humedad	0.0
% de acidez	0.05
color	0.4 R, 10 A
Punto "flash" (Residuo de hexano)...	negativo
Índice de peróxido	0.0
Índice de yodo	110
Apariencia:	Translúcido, ligeramente amarillo.
Olor:	Neutro, fresco.
Sabor:	Neutro, fresco, no rancio.

La deodorización, es el último paso para obtener un aceite comestible con agradable sabor, olor y estabilidad oxidativa, procurando retirar las sustancias volátiles indeseables.

El aceite crudo tiene un sabor y olor a "haba" y un tinte verduoso. El refinado aún contiene el sabor y olor de la soya. El aceite blanqueado da un olor mohoso o a tierra.

Los materiales que se remueven en la deodorización son: ácidos grasos libres, compuestos aromáticos como aldehídos, cetonas, alcoholes e hidrocarburos, producto de descomposición de peróxidos y pigmentos.

En sí la deodorización es una destilación a vacío. En deodorizadores continuos, el aceite pasa a través de 7 compartimentos (platos); en unos se calienta a 266°C durante 30 minutos, una presión absoluta de 3 mm de Hg. En el último plato del deodorizador el aceite se enfría a 66°C y es cuando se le agrega el antioxidante (de Laboratorios Griffiths) el cual contiene:

- a.- Aceite de ajonjolí.
- b.- Monoleato de glicerol.
- c.- 6.5% de Galato de propilo.
- d.- Acido cítrico.
- e.- Propilén glicol.
- f.- 1% de BHT (Butilen hidroxí-tolueno)

De esta mezcla se recomienda usar 500 g/1000 kg de aceite.

El aceite de ajonjolí, el Monoleato de glicerol y el propilén glicol sirven para que los ingredientes activos (ácido cítrico, galato de propilo y BHT) se disuelvan mejor, ya que se había encontrado que el BHT lo hacía difícil con solo propilén glicol como vehículo⁽²⁰⁾.

El Galato de propilo prolonga el tiempo de almacenamiento del aceite. El ácido cítrico actúa como sinergista y desactivador de metales (como Fe y Cu). El BHT (también el BHA) prolonga la protección en productos cocidos (MEHLER-BACHER)⁽¹¹⁾

I.- ENVASADO.

El aceite enfriado a temperatura ambiente es enviado a la línea de envasado y las botellas son puestas en cajas de cartón corrugado y éstas son llevadas al almacén de producto terminado.

Una vez que el aceite ha sido envasado se requiere - conocer qué tiempo tarda en condiciones de comercialización, libre de defectos

4.2.- ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SOYA. MÉTODO DEL OXÍGENO ACTIVO.

Se ha establecido (2,8,11,18) que la estabilidad de los aceites y grasas comestibles dependen, fundamentalmente, de la concentración del oxígeno atmosférico, la temperatura y la luz.

FUNDAMENTO

La prueba que utilicé para determinar la estabilidad oxidativa de la muestra de aceite de soya, fué una modificación del Método del Oxígeno Activo, de la American Oil Chemists Society (Method Cd 12-57), complementado con pruebas organolépticas.

El Método original se fundamenta en la reacción de las dobles y triples ligaduras de los ácidos grasos de los triglicéridos que componen el aceite, con el oxígeno del aire, para producir hidroperóxidos, los cuales son determinados al ser tratados con yoduro potásico: estos hidroperóxidos (inestables) se descomponen por efecto de la luz y la temperatura, produciendo compuestos (aldenidos, cetonas y ácidos) que por análisis organoléptico, se detectan por los olores y sabores que provocan, punto en el cual empieza lo que se denomina como rancidez y que debe coincidir, aproximadamente, con un índice de peróxido pre-determinado.

La prueba implica el someter a la muestra a condiciones de calentamiento y aireación (97.7°C, burbujeándole aire la vado). El índice de peróxido se determina y se denomina Índice de Peróxido A.O.M. de tiempo determinado (la hora más próxima - en que haya aparecido la rancidez).

El ensayo implica también, el empleo de un tren de ai reacción, diseñado en tal forma que proporciona un volúmen cons tante de aire lavado a las muestras y un baño termostáticamen te controlado.

Los puntos principales de control de la prueba son:

- a.- La temperatura de la muestra (a más e menos 0.1°C .
- b.- El caudal de aire a través de la muestra puede va riar; aunque se recomienda 2.33 c.c. por minuto.
- c.- El contenido de humedad del aire para aireación de la grasa, se reduce a lo que se logra por la inserción de un condensador refrigerado por agua.
- d.- El punto final de la prueba debe ser el Índice de peróxido (100 Meq/Kg).
- e.- El empleo de una solución detergente es efectiva como agente de limpieza.
- f.- Todos los materiales y recipientes empleados debe rán estar escrupulosamente limpios.
- g.- Mantener las muestras a la temperatura especifica da e inspeccionar que el aire fluya en forma debida.
- h.- Es conveniente continuar el calentamiento hasta el punto final; si por alguna causa no se puede, se reco mienda retirar las muestras y ponerlas en un baño frío y permanecerlas así hasta que se prosiga con la prueba.

4.3.- MATERIAL UTILIZADO.

A.- En el calentamiento y la aireación.

- 1.- 2 Mecheros de Bunsen.
- 2.- Una olla de peltre de 2 litros.
- 3.- Agua con sal (solución saturada).
- 4.- Tubos Pyrex de 25 mm por 200 mm.
- 5.- Tapones de neopreno No. 2, bihoradados.
- 6.- Tubos de vidrio de 5 mm de diámetro interior.
- 7.- Termómetro con escala de -20 a 110°C .
- 8.- Bomba de aireación "REMA" (para acuerics).
- 9.- Torre de desecación (rellena de Sílica-Gel).

La siguiente figura, ilustra el dispositivo que se montó para efectuar el experimento :

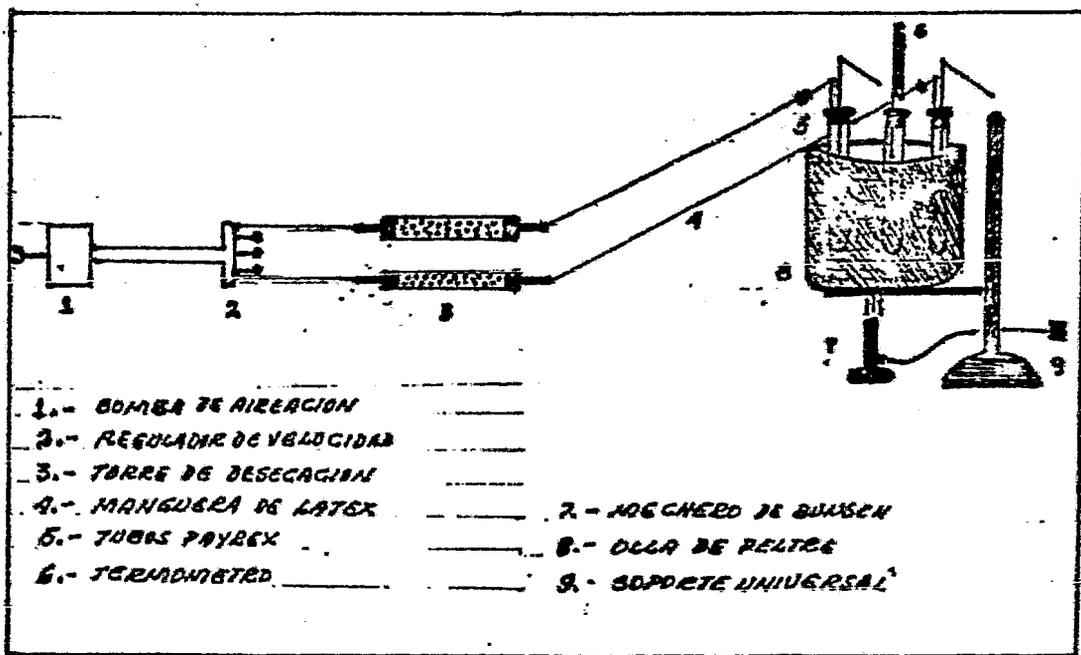


FIG. No. 3 : DISPOSITIVO PARA EFECTUAR EL METODO DEL OXIGENO ACTIVO.

B.- En la preparación de soluciones:

- 1.- Balanza analítica.
- 2.- Matraces volumétricos.
- 3.- Vasos de precipitado.

C.- Determinación de peróxidos:

- 1.- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- 2.- Probetas de 50 ml.
- 3.- Pipetas de 1 ml.
- 4.- Espátula de acero inoxidable.

D.- Reactivos:

- 1.- Mezcla de Acido Acético-Cloroformo (3:2 v/v)
- 2.- Soluciones acuosas de Tiosulfato de Sodio (0.1 y 0.01 N).
- 3.- Solución acuosa de almidón al 1%.
- 4.- Solución acuosa saturada de Yoduro de Potasio
- 5.- Solución acuosa de Yodato de Potasio (3.567g/l)
- 6.- Solución acuosa de Yoduro de Potasio al 10%.
- 7.- Solución acuosa de Acido Sulfúrico 1 N.

4.4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

El aceite de soya refinado, lavado, blanqueado y deodorizado, fué puesto en botellas de vidrio transparente, dejando un espacio de 2 cm. de aire; se almacenaron 18 botellas (6 de cártamo, 6 de girasol y 6 de soya) a temperatura ambiente, por espacio de 4 meses. Durante dicho período, se les determinaron índice de peróxido y evaluaciones organolépticas.

Otra porción de la muestra, 24 horas después de su procesamiento en la planta, sirvió para aplicarle el método del Oxígeno Activo (modificado):

1.- Se colocaron 3 tubos pyrex (Fig. No. 3); uno para obtener un índice de peróxido mayor que el esperado, otro para el valor aproximado esperado, y el tercero para control de la temperatura.

2.- Se pusieron 20 ml. de muestra en cada tubo de ensaye (uno de ellos se mantuvo en un baño de hielo hasta ser utilizado). Después de una hora, el tercer tubo también se colocó a 97.7°C .

3.- Se prendió la bomba de aireación, la cual operó con regularidad.

4.- El calentamiento y la aireación se hicieron sin interrupción hasta el punto final.

5.- La toma de muestra para el análisis, se hizo con una espátula de acero inoxidable y se ponía en un matraz limpio.

6.- Determinación de peróxidos:

a.- Se pesó 5 gramos de muestra, aproximadamente, en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. (cuando el valor estaba dentro de los límites esperado). Al inicio se empezaba con un gramo de muestra.

b.- Se disuelve la muestra tomada con 30 ml. de la solución de ácido acético-cloroformo.

c.- Se agregó 0.5 ml de sol. saturada de Yoduro de potasio; se agitó levemente y se guardó en un lugar obscuro.

d.- Después de 2 minutos, se agregaba 30 ml. de agua destilada.

e.- Se valoraba con sol. de tiosulfato de sodio 0.1 N o 0.01 N, hasta casi la desaparición del color amarillo.

f.-Entonces, se agregaban 2 ml. de sol. de almidón ; se agitaba a fondo y se terminaba de titular hasta la desaparición del color azul.

g.- El punto final se establecía cuando el valor peróxido se disparaba hasta una concentración en la cual se suponía empezaba su degradación, lo que se corroboraba con análisis organolépticos a la salida del aire de los tubos.

7.- CALCULOS.

$$I.P. : \frac{ml. \times N \times 1000}{m}$$

Donde:

I.P. : Índice de Peróxido (Meq de O_2 / Kg de muestra)

ml. : mililitros de sol. de Tiosulfato de Sodio.

N : Normalidad de la sol. de Tiosulfato de Sodio.

m : Peso de la muestra.

8.- EVALUACIONES ORGANOLEPTICAS.

a.- Sobre la muestra sometida al método A.O.M.: El dispositivo montado permitía constantemente percibir el olor de las muestras. Después de cada determinación de peróxido, se agnaba dicho olor, limpiando con un algodón y alcohol la parte superior e interna del tubo de ensaye, para eliminar el olor a -

receptor del tacho (Cuadro No. 9).

b.- Sobre las muestras almacenadas por 4 meses: Mensualmente, a cada muestra de aceite se les determinaba índice de peróxido y se les evaluaba su olor: el sabor se les investigaba al emplear una pequeña parte (50 ml.) como medio de transferencia de calor en el freído de algún alimento a una temperatura de -100°C (carne, huevos, etc.). Los resultados se pueden ver en el cuadro No. 10.

Para las pruebas organolépticas, me auxilié de 5 personas que a través de métodos descriptivos y numéricos (pág. 45) externaban sus opiniones.

Los problemas en que se les pedía que se centraran los probadores eran sobre el olor y sabor, sin sugerirles ni comentarles nada. Aún cuando al principio se dificultó, se logró el interés deseado y sus reacciones como "panelistas" fueron satisfactorias.

CAPITULO V

RESULTADOS OBTENIDOS
Y DISCUSION.

5.1.- RESULTADOS.

A continuación, presento los resultados obtenidos en la medición de la estabilidad del aceite de soya, a través de la determinación de los índice de peróxido y las evaluaciones organolépticas.

La formación de peróxidos, es una señal del grado de oxidación de las muestras: para el examen organoléptico, se relacionó con otras muestras de aceites (cártamo y girasol), viendo sus comportamiento en el freído por inmersión, después de cierto período de almacenamiento.

Los datos obtenidos de la muestra que se le aplicó el Método del Oxígeno Activo (modificado), se relacionan en la misma gráfica, con los resultados de la otra que se almacenó durante 4 meses a temperatura ambiente.

Dado que los niveles de oxidación del aceite de soya, después de su almacenamiento son bajos, y dichos valores no se consideran dentro de la rancidez que aparece en el procedimiento del Método del Oxígeno Activo, se tuvo la necesidad de comparar el resultado del almacenamiento, teniendo como referencia a otros tipos de aceite.

Finalmente, muestras frescas de aceite de soya y otros, fueron probadas para comprobar que el fenómeno de retrogradación es verdaderamente un problema en el de soya.

TIEMPO DE COCCIÓN HIEMPO Y ALIBACION (HORAS)	I.P. (Meq/Kg)	OLOR
6	10	-
8	15	-
10	26	-
12	60	-
14	72	-
16	135	RANCIO/PESCADO
18	320	PESCADO/PISTURA
20	185	PESCADO

CUADRO No. 9: ACEITE DE SOYA SOMETIDO AL PROCEDIMIENTO O.A.M.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (MESES)	I.P. (Meq/Kg)	SABOR/OLOR (AL REIR)
1	1.0	HIERBA/PESCADO
2	1.3	HIERBA/PESCADO
3	2.0	HIERBA/PESCADO
4	4.5	HIERBA/PESCADO

CUADRO No. 10: ACEITE DE SOYA ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE.

SEMILLAS	INDICE DE PUNTAJE			I.P. (Mac/Vol)		
	CARTEÑO	MIRASOL	SOYA	CARTAMO	MIRASOL	SOYA
	1	10	9.5	8	-	-
2	10	9.5	7.5	-	-	-
3	10	9.5	7.5	-	-	-
4	10	9.5	7	-	-	1.0
5	9.5	9.2	7	-	-	-
6	9.5	9.2	6	-	-	-
7	9.5	9.2	6	-	-	-
8	9.5	9.0	5	0.9	1.0	1.3
9	9	8.5	5	-	-	-
10	9	8.5	4	-	-	-
11	9	8.5	3	-	-	-
12	9	8.5	2	2.2	2.5	2.0
13	9	8.5	2	-	-	-
14	9	8.5	2	-	-	-
15	9	8.5	2	-	-	-
16	9	8.5	2	3.0	3.0	4.5

CUADRO No. 11: AVALUACIONES ORGANOLEPTICAS E INDICES DE PEROXIDO EN ACEITES VEGETALES ALMACENADAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

PRUEBA (A)		PRUEBA (B)		PRUEBA (C)	
HORAS	I.P.	HORAS	I.P.	HORAS	I.P.
2	-	2	-	2	-
4	-	4	-	4	-
6	-	6	-	6	-
8	-	8	64.0	7	4.0
10	28.8	10	108.0	8	6.4
12	56.0	11	142.4	9	-
13	73.6	13	350.4	11	-
15	195.2	13:30	416.0	12	-
17	332.8	15	604	13	20.8
19	-	17	979.7	15	38.8

(-) : No se determinó. I.P. : Índice de Peróxido

PRUEBA (D)		PRUEBA (E)		PRUEBA (F)	
HORAS	I.P.	HORAS	I.P.	HORAS	I.P.
6	8	6	8	6	10
8	11	8	15	8	15
10	20	10	30	10	26
12	56	12	62	12	60
14	65	14	79	14	72
16	120	16	115	16	135
18	350	18	390	18	320.5
20	136	20	102.7	20	185

CUADRO No. 12: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL METODO DEL OXIGENO ACTIVO (ACEITE DE SOYA A 97.7°C)

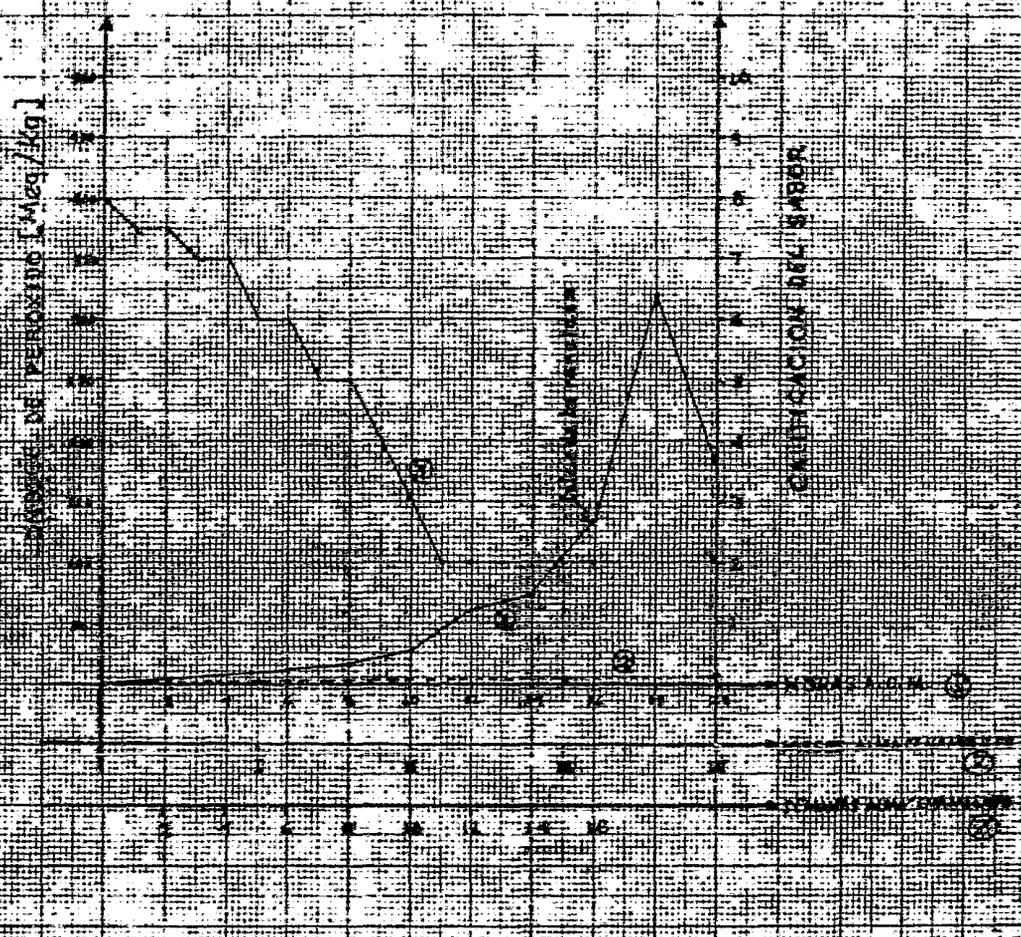
ACEITE	OLOR / SABOR (INICIAL)	OLOR/SABOR (DESPUÉS DE SERVIDO A 100° F)
* ALGOLON	NORMAL	NORMAL
* AJONJOLI	NORMAL	NORMAL
* CANTARO	NORMAL	NORMAL
* GIRASOL	NORMAL	NORMAL
* MAIZ	NORMAL	NORMAL
** SOYA	PASTO/HIERBA	PESCALO/HIERBA

CUADRO No. 13 : MUESTRAS FRESCAS SIN ALMACENAR.
EVALUACION ORGANOLÉPTICA.

- *: Muestras conseguidas en un supermercado (no se pudo precisar el día de haber sido obtenidas).
- ** : 3 Horas después de haber sido envasado (por cortesía de -
Industria Conasupo, S.A. de C.V., Planta Tultitlán, Edo.
de México.)

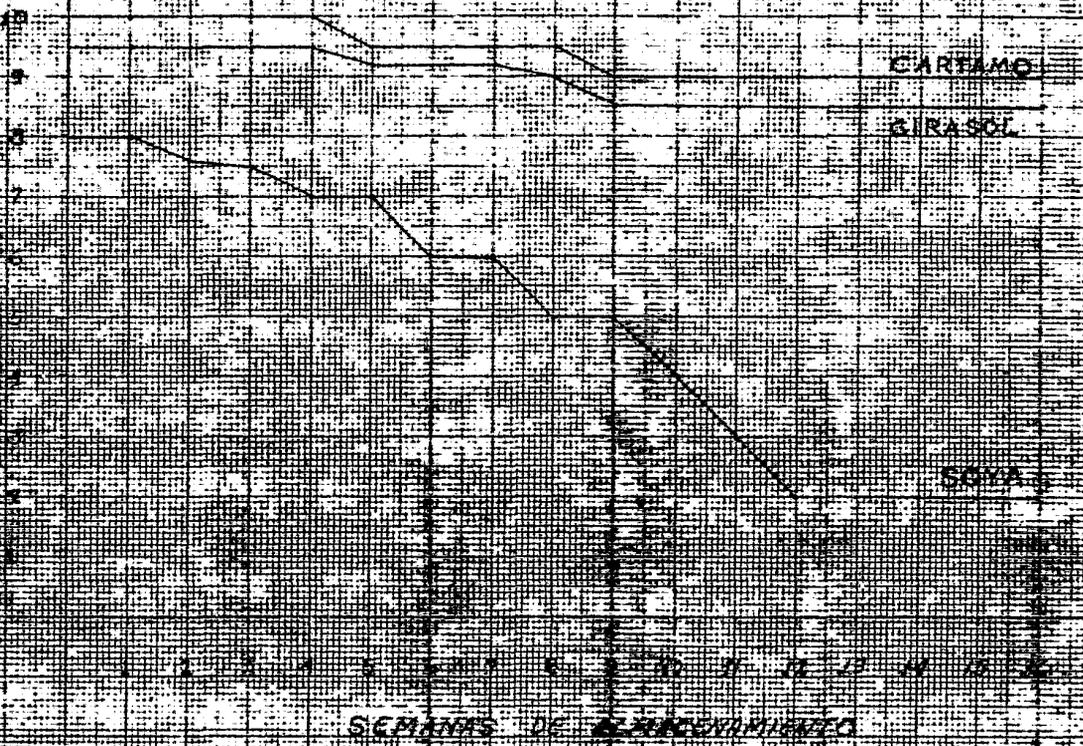
"SARITA" ACEITE DE SOJA.

- ① CURVA DE OXIDACION POR EL METODO DEL DISEÑO ACQUINO (A.D. 74) (C.M.)
- ② CURVA DE OXIDACION, MUESTRA ALMACENADA A TEMPERATURA AMBIENTE
- ③ CURVA DE CALIFICACION DEL SABOR, MUESTRA ALMACENADA A TEMPERATURA AMBIENTE



GRAFICA No. 3 : DESARROLLO DE PERIJDOS Y SU COMPARACION CON MUESTRAS ALMACENADAS COMERCIALMENTE.

EVOLUCION DEL SABOR



GRAFICA N.º 1 EVOLUCION DEL TIEMPO DE VENTAJA DEL PRODUCTO DE TERCERO EN EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

5.2.- DISCUSIÓN.

Esta investigación, se dirigió principalmente, al estudio de determinar cuánto tiempo tarda el aceite de soya en el rancioso, sin que aparezcan defectos en su olor y/o sabor; y a la consecución de información necesaria para este problema de la Tecnología de Alimentos, ya que es innegable que existen serias objeciones para su consumo.

La determinación de la vida de anaquel se hizo a través de una modificación del Método del Oxígeno Activo (A.O.M.) ; las principales modificaciones fueron (Fig. No. 3):

1.- No usar el tren de aireación que calibra el volumen constante de aire a través de la muestra. En vez de ello, se utilizó un regulador manual de aire (desconociéndose el volumen por unidad de tiempo).

2.- No usar el baño termostático que controla la temperatura de la muestra, lo cual se hizo con un mechero de Bunsen, el que se retiraba y juntaba constantemente.

3.- El empleo de torres de desecación empacada de Silica-Gel (SiO_2) en lugar del refrigerante de agua.

Se acostumbra en la aplicación del Método A.O.M., en el estudio de la estabilidad de aceites vegetales y grasas animales, expresar el Índice de Peróxido a determinada unidad de tiempo (en horas) en que empieza la rancidez. Lo que se pretendía aquí, era que ese índice obtenido en la prueba, se relacionara con el índice obtenido en la muestra mantenida a temperatura ambiente; dicho punto de intersección en una gráfica, nos po

dría predecir el tiempo en que el aceite duraría en condiciones de comercialización, libre de olores y sabores indeseables.

Sin embargo, el aceite de soya presenta el problema de estabilidad, desde los ángulos siguientes:

- a.- La oxidación a temperatura ambiente.
- b.- La oxidación debida a la luz.
- c.- La oxidación a altas temperaturas (como en el freído por inmersión).
- d.- La oxidación después de haber transcurrido un tiempo de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en la aplicación del Método O.A.M. (aireación y temperatura) se muestran en el cuadro No. 9. Previamente a esta corrida, se hicieron otras 5, en las cuales, al inicio existían valores discordantes debido a que era el inicio de la experimentación y a la falta del manejo de la técnica (Cuadro No. 12). De los tres primeros ensayos (A,B,C), se detectó que, antes de las 5 horas, no había reacción positiva; después en las (D) y (E), se normalizaron los resultados, y para la última prueba, con más confianza en el manejo del ensayo (se obtuvieron los datos finales (F) que son los que se presentan en el cuadro No. 9 (pág. 67).

En dicho cuadro, se puede observar que hay un gradual incremento de hidroperóxidos, hasta que llega un punto en el cual (16 horas) el índice de peróxido es elevado y al mismo tiempo se empiezan a descomponer, lo que se corrobora a la salida del tubo de aireación. Después de 20 horas se vió que el índice disminuía.

Por lo anterior, se reporta para este ensayo, un valor Peróxido 16 horas A.O.F. de 135 Meq O_2/Kg .

A las muestras almacenadas a temperatura ambiente, se les determinó sus valor peróxido y los resultados se encuentran en el cuadro No. 10. Como puede verse, los valores son muy bajos como para relacionarlos con los del procedimiento O.A.A.

Aun cuando esos valores eran bajos (1,1.3,2.0,4.5), hubo una clara pérdida de calidad en el sabor y olor, tal como se indica en el mismo cuadro.

Lo anterior, nos enseña que la estabilidad del aceite de soya no se debe de juzgar desde el punto de vista de rancidez propiamente, sino más bien de su grado de RETROGRADACION (pág. 29).

Como complemento, las evaluaciones organolépticas que se muestran en el cuadro No. 11, se relacionan con las calificaciones de otros aceites.

Para esas evaluaciones, se emplearon técnicas descriptivas (excelente, bueno, regular y malo) y numéricas (del 0 al 10)

Por lo tanto, el aceite de soya es demasiado inestable bajo las condiciones actuales de comercialización, pudiendo se afirmar que, bajo efectos de la luz, el fenómeno de retrogradación se manifiesta a pocas horas de haber sido procesado (olor a hierba, principalmente), mientras que a altas temperaturas, el sabor a pescado es acentuado (Cuadro No. 13).

CAPITULO VI

RESUMEN

En el estudio de la vida de anaquel del aceite de soya, se tratan los siguientes puntos:

I.- Generalidades.

Donde se intenta despertar interés por el problema de estabilidad de este aceite.

II.- Introducción.

Parte desde hacer notar que los aceites y las grasas forman parte de nuestras costumbres culinarias y su posible intervención en enfermedades, hasta los cambios que pueden sufrir durante el procesamiento, manejo y empleo.

III.- Evaluación de la calidad de un aceite comestible.

Se explican algunas técnicas que se utilizan en el estudio de la estabilidad de los aceites. Independientemente de las pruebas instrumentales, se hace notar la importancia de las pruebas sensoriales, ya que, la última medida de calidad, se hace sobre el olor y el sabor.

IV.- Parte experimental.

Se presenta la naturaleza de la muestra, las diferentes etapas en el proceso de obtención y los controles a que se somete.

Se menciona el Método O.A.M. para el ensayo de la estabilidad (las modificaciones para su adaptación al presente ensayo se señalan en la discusión). El procedimiento seguido

y el material utilizado se describen paso a paso.

V.- Resultados y Discusión.

Los resultados obtenidos de la muestra sometida al procedimiento O.A.M., se les compara con las que permanecieron a temperatura ambiente.

Se discute las diferencias de valores peróxido encontrados y la necesidad de observar el problema de estabilidad de este aceite desde el punto de vista de su retrogradación.

CAPÍTULO VI

C O N C L U S I O N E S.

1.- El Valor Peróxido de 16 Horas O.A.A. de 135 meq/Kg encontrado, no posee un significado directo para predecir el tiempo en que permanecerá el aceite en el mercado, libre de olores y sabores indeseables.

2.- La vida de anaquel del aceite de soya es muy pebre ya que, usándolo a pocas horas (3) de haber sido procesado, cuando se le ocupa en el freído por inmersión, despide olor a pescado y un sabor a "hierba".

3.- Los aceites vegetales mantenidos a temperatura ambiente por un tiempo de 4 meses, arrojan valores peróxido bajos.

4.- Hay una clara pérdida de calidad del aceite de soya cuando se mantiene a temperatura ambiente, lo que nos indica que el mayor problema de estabilidad es su RETROGRALACION, relacionado con la luz.

5.- El aceite de soya, debería procesarse en forma diferente a los demás, empacándolo bajo una atmósfera libre de O_2 , en botellas de color ambar para protegerlo de la luz ; ya que si los otros aceites no presentan estos problemas de estabilidad, parece justificarse que su contenido de ACIDO LINOLENICO (una diferencia muy importante respecto a ellos) , más aún, deberá eliminarse mediante la hidrogenación.

B I B L I O G R A F I A.

- 1.- Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos
13 ava. Edición.
Editorial Porrúa, S.A.; México, 1977.
- 2.- David R. Erickson, Everett H. Pryce, Ordean L.
Brekke, Timothy L. Mounts y Richard A. Dalb.
"Handbook Soybean Oil Processing"
American Soybean Association and American Oil Che-
mistry Society; 1980.
- 3.- Harold A. Harper.
"Manual de Química Fisiológica"
Editorial El Manual Moderno, S.A.
México, 1976.
- 4.- Harold A. Wooster Jr. and Frea C. Blanck
"Nutritional Leta"
HJ. Heinz Company. Pensilvania, 1950
- 5.- Jean C. Cheftel.
"Introduction a la Biochimie et a la Technologie
des Aliments".
Vol. I. Entreprise Moderne d'Édition.
Francia, 1976.
- 6.- Klare S. Markley.
"Soybean and Soybean Products"
Interscience Publishers, Inc.
New York, 1950.

- 7.- Irschenko, H.G.
"Fats and Oils" 2nd. Ed.
Reinhold Pub. Corp., New York, 1960.
- 8.- Laboratorio de Aceites Comestibles.
Centro de Investigación Regional del Norte.
1815 N. University.
Peoria, Illinois 61.604.
- 9.- Lundberg, W.O.
"Oxidative Rancidez in Food Fats and its preven-
tion".
Interscience Publisher, New York, 1962.
- 10.- Martinenghi, G.B.
"Química y Tecnología de los Aceites, Grasas y
Derivados". 2da. Edición.
Editorial Distribuidora: Científico-Médico.
Barcelona, 1950.
- 11.- Mehlenbacher, V.C.
"Análisis de Grasas y Aceites"
Enciclopedia de la Química Industrial, Tomo 6
Ediciones URNO. España, 1970.
- 12.- National Soybean Processors Association.
"Normas comerciales para la compra y venta del
Aceite de Soya".
1800 "M" Street N.W.
Washington, D.C. 20036.
- 13.- Official And Tentative Methods
The Association of Official Analytical Chemist
(AOAC), 1975.

- 14.- Bethy Jisner y Arnold H. Jisner.
"Valor Nutritivo de los Alimentos"
Edit. LITUSA, 1976.
- 15.- Publio Viola.
"Las Grasas en la Alimentación Humana"
Industrias Asenga. Madrid, 1969.
- 16.- Schults, H.S., E.A. Lay y R.O. Sinnhuber.
"Symposium on Foods" Lipids and Their Oxidation.
AVI. Westport (Conn.), 1962.
- 17.- Thomas H. S. and Stephan S. Ch.
"A Sistemetic Characterization of the Reversión
Flavor of Soybean Oil".
J. Am. Oil Chemists Soc. 509-514, 1967.
- 18.- Williams K.A.
"Oils Fats and Fatty Foods"
4a. Edición J. & Churchill Ltd.
Gloucester Place. London, 1966.