

302 827

Nº 6
2º Eº



UNIVERSIDAD MOTOLINIA A. C.

**ESCUELA DE QUIMICA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS
A LA U.N.A.M.**

**CAMBIOS QUE SUFRE UN ACEITE
SOMETIDO A UN SISTEMA
DE FREIDO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A :

**MONICA CORTES HIGAREDA
CLARA GUERRERO SANTIAGO**

México, D. F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El secreto del triunfo es conocido por ellos que aún estan tratando de triunfar.

Nada de esto hubiera sido realizado, sin el apoyo y el amor que siempre me han brindado mis padres.

Por la alegría que siempre me transmitió mi hermana Gaby, por el apoyo de mis hermanos Fer y Ale, sobre todo porque toda mi familia siempre estuvo conmigo.

Nunca hubiera terminado la tesis, si no hubiera tenido la ayuda de la familia - Sosa Higareda y la familia Higareda Hoyos; así como mis abuelitos, todos mis tios, primos y amigos.

Mónica Cortés Higareda.

A ti Señor:

Porque me has permitido llegar a ser lo
que soy.

Porque te quiero y eres mi amigo.

Dedico a tí, mi vida profesional que -
ahora comienza.

Clara Guerrero Santiago

A mis Padres:

Por su amor, paciencia y confianza que han sido mi estímulo para alcanzar lo que ahora soy.

A mis hermanos:

Que con su apego y apoyo jugaron un papel importante.

A los Padres Asuncionistas por su valiosa ayuda, así como a mis compañeros y - amigos que de alguna manera colaboraron en la realización de esta tesis.

Clara Guerrero Santiago.

No podemos dejar de agradecer la gran ayuda y apoyo que nos ofreció el Ingeniero Ernesto Bautista Canela, así como también el Ingeniero Mendoza, la Maestra Sosa y la Maestra Eva y a todos los servicios que nos brindó la Universidad Motolinía.

INDICE

	Págs.
Capítulo I. Introducción	03
1.1. Planteamiento del Problema	04
1.2. Hipótesis	05
1.3. Objetivos	05
Capítulo II. Antecedentes	07
Capítulo III. Parte Experimental	18
3.1. Diagrama de Bloques	18
3.2. Material	19
3.2.1. Material de Laboratorio	19
3.2.2. Reactivos	20
3.3. Metodología	21
Capítulo IV. Resultados y Discusiones	24
4.1. Resultados	24
4.2. Discusiones	42
Capítulo V. Conclusiones	47
Apéndice A	49
Apéndice B	58
Bibliografía	62

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

1.1.-Planteamiento del Problema.

El consumo de grasas para la preparación de alimentos fritos en los últimos años, ha aumentado un 138.0% (Sector Alimentario en México, 1991, Cuadro N° 4.8). Esto ha traído como consecuencia un aumento en los estudios para conocer las alteraciones que experimentan las grasas durante el proceso, el definir las grasas más adecuadas para la fritura y establecer el momento en que tales grasas deben ser desechadas.(13).

El freído es uno de los métodos más importantes en la preparación de alimentos donde la grasa actúa como medio de transferencia de calor.

El intervalo de temperatura normal que se utiliza es de 172 -196° C y depende del tipo del alimento a freír y la grasa utilizada.(7).

Las causas principales de deterioro de las grasas son debidas a cambios químicos producidos por oxidación, hidrólisis y polimerización. La presencia de metales como cobre, hierro y níquel acelera la velocidad de reacción. El uso de detergentes para limpiar el recipiente contribuye a estos cambios y sobre todo el mantener la grasa a temperaturas de operación por períodos prolongados.

Debido a lo anterior y a la falta de control es fácil encontrar alimentos freídos con sabor a rancio. Durante la elaboración de estos productos se trata de aprovechar al máximo la vida útil del aceite dentro del proceso, sin tomar en cuenta los cambios que sufre el aceite, así como la formación de compuestos tóxicos producidos por el calentamiento prolongado por ejemplo la formación de monómeros.

Dentro de la industria alimentaria los aceites vegetales de mayor uso en el freído profundo son los poliinsaturados y con alto punto de ebullición encontrándose en México entre éstos, los aceites de girasol, algodón, maíz, palma, canola y cártamo.

1.2.- Hipótesis.

Si el tiempo y la temperatura no son controlados en un sistema de frío, entonces, algunos índices de calidad del aceite de frío se pueden modificar y sufrir cambios indeseables los cuales podrían ser disminuídos mediante el empleo de un antioxidante.

1.3.-Objetivos.

Medir la caracterización de un aceite en un sistema de frío profundo.

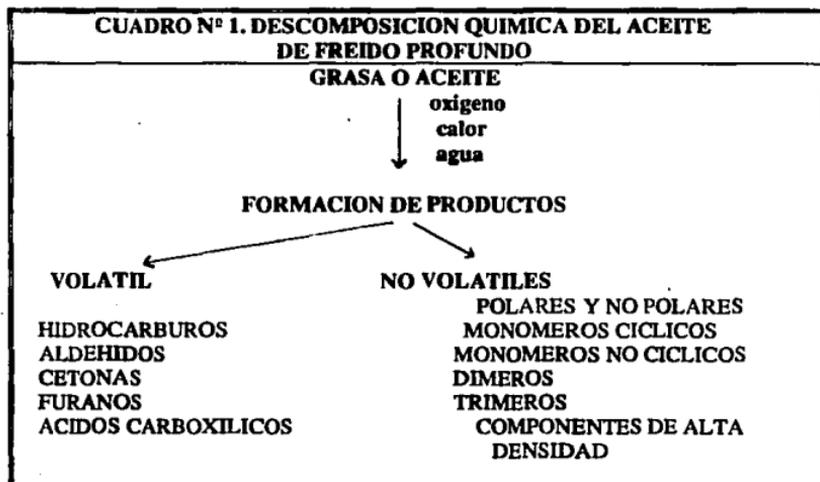
Medir la posible interrelación entre los análisis (con los que se caracterizara) y su deterioro.

Medir el efecto del antioxidante durante un sistema de frío profundo.

CAPITULO II

ANTECEDENTES.

Durante el proceso de freído, al mismo tiempo que se confiere al alimento características sensoriales deseables de sabor, color y textura, la grasa sufre un complejo proceso de degradación debido fundamentalmente a la acción de tres variables: humedad, temperatura y oxígeno que originan los cambios más drásticos en la estructura de la grasa (como se observa en el Cuadro Nº 1) además de reducir el valor nutricional de los alimentos como se explicará más adelante.



(19).

Es reconocida la necesidad de contar con métodos analíticos rápidos y sencillos que permitan reconocer el estado de la grasa durante su vida útil. (14).

Se puede decir que determinados compuestos de alteración como los peróxidos, oxiacidos y aldehídos que se encuentran en las grasas calentadas son potencialmente tóxicos cuando se ingieren en cantidades muy superiores a la de una dieta normal.

Los efectos perjudiciales no son fáciles de detectar (8), ya que existen compuestos

volátiles que imparten sabores y olores desagradables. Esto se debe a que los enlaces éster de los acilglicéridos son susceptibles a la hidrólisis química o enzimática, así como, los ácidos grasos insaturados son susceptibles a reacciones de oxidación.(5). El curso de la reacción tiene lugar como se observa en el Cuadro Nº 2, en tres etapas(10).

CUADRO No. 2 MECANISMO DE OXIDACION DE ACIDOS GRASOS.			
INICIACION	$RH \longrightarrow$	$R' + H'$	Radical libre
PROPAGACIO	$R' + O \longrightarrow$	ROO'	Radical Hidroperóxido
	$ROO' + RH \longrightarrow$	$R' + ROOH$	Hidroperóxido
TERMINACION	$R' + R' \longrightarrow$	RR	Compuestos muy estables
	$ROO' + ROO' \longrightarrow$	$ROOR$	
	$ROO' + ROOR \longrightarrow$	$ROOR + O$	
	$RO' + R' \longrightarrow$	$ROOR$	
	$2RO' + 2ROO' \longrightarrow$	$2ROOR + O$	

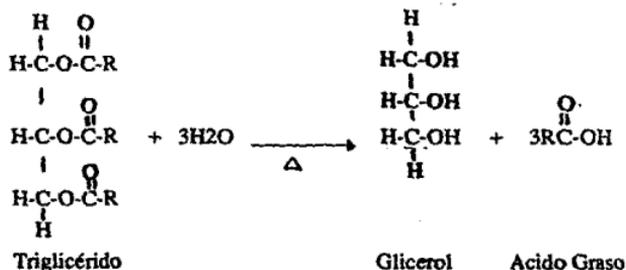
(5).

DETERIORO DE LA GRASA

La grasa puede deteriorarse por diferentes vías:

1.- **RANCIDEZ HIDROLITICA.** El triglicérido reacciona con agua y por cada molécula de agua se libera una molécula de ácido graso.

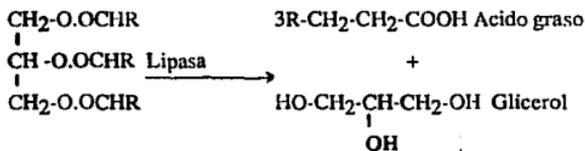
Cuando una molécula de grasa reacciona con tres moléculas de agua se forma glicerol y tres ácidos grasos como a continuación se señala:



El calor actúa como catalizador para esta reacción.

Las enzimas desdobladoras de grasas conocidas como lipasas cuando estan presentes en los

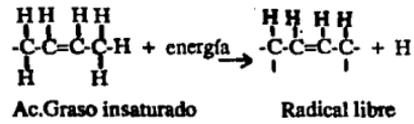
alimentos, actúan también como catalizadores para la hidrólisis de las grasas actuando sobre los enlaces éster de los triglicéridos de las grasas y en alimentos que contengan altas concentraciones de ácidos volátiles de cadena corta. Como aquí se señala:



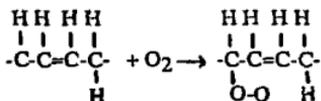
Los ácidos grasos libres que van desde el butírico hasta el ácido láurico contribuyen al desarrollo de olores y sabores rancios en las grasas, por lo tanto, en alimentos con un bajo contenido de ácidos grasos de cadena corta no se percibe la rancidez hidrolítica, aún cuando existe actividad enzimática de la lipasa.

2.- RANCIDEZ OXIDATIVA. Acción directa del oxígeno sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados, con la consecuente producción de hidroperóxidos. Consiste esencialmente en tres pasos: iniciación, propagación y terminación. Ver Cuadro N° 2.

Las moléculas de grasa que contienen radicales libres de ácidos grasos insaturados, están sujetas a la rancidez oxidativa. El olor desagradable de dichas grasas rancias se atribuye a la formación y rompimiento subsecuente de los hidropéroxidos. De acuerdo con la teoría aceptada hoy en día, un hidrógeno en un carbono adyacente a uno que porta un doble enlace se desplaza por un cuanto de energía para dar un radical libre.

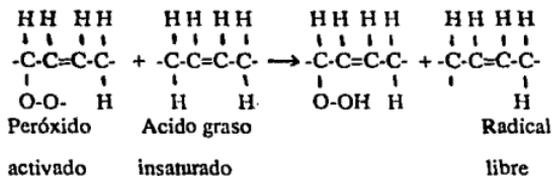


Tanto el calor como la luz son fuentes comunes de la energía las cuales permiten liberar los radicales. El oxígeno molecular se puede unir con el carbono que porta el radical libre para formar un peróxido activado, como sigue:



Radical libre Peróxido activado

La energía de este peróxido activado puede desplazar un hidrógeno de otro ác. graso insaturado y de esta forma activarlo. Este último se convierte en un radical libre. Un hidrógeno desplazado se une con el peróxido activado para formar un hidroperóxido:



Un hidroperóxido es muy inestable, descomponiéndose en compuestos con cadenas de carbono más cortas. Estos incluyen ácidos grasos, aldehídos y cetonas, los cuales son volátiles y contribuyen al olor desagradable de las grasas rancias.(7).

El paso final de las reacciones de oxidación se efectúa a través de reacciones de condensación terminando cuando ya no existen radicales libres activos.

Entre más insaturado sea el ácido graso, mayor es su susceptibilidad a la rancidez oxidativa. La hidrogenación hace a una grasa más estable en este aspecto.

3.- POLIMERIZACION. La polimerización es otro tipo de deterioro. Es esencialmente una combinación de moléculas de grasa insaturada dando productos de alto peso molecular.(5).

4.-Autoxidación. Este tipo de rancidez se presenta comúnmente en lípidos con un alto contenido de ácidos grasos insaturados.

La intensidad y la forma de oxidación y los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de oxidación (temperatura, presencia de catalizadores, estado de dispersión de la grasa, radiaciones electromagnéticas, tipo de ácido graso, distribuciones y geometría de la doble ligadura y cantidad de oxígeno disponible).

El efecto de la actividad del agua de los alimentos desempeña un papel muy importante en la velocidad de la oxidación de los ácidos grasos. El deterioro de las grasas a través de su oxidación se produce en alimentos deshidratados con una actividad de agua muy baja, y a medida que aumenta, se inducen las reacciones hidrolíticas enzimáticas, las de obscurecimiento no enzimático y se favorece el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras. Las temperaturas altas aceleran considerablemente la oxidación, especialmente por encima de los 60° C de manera que la velocidad de oxidación se duplica por cada 15 °C de aumento. Debido a que las reacciones de oxidación requieren niveles muy bajos de energía, la reducción de la temperatura no necesariamente las inhibe.

La contaminación por metales de transición como el cobre o el hierro son muy dañinos ya que se pueden iniciar las reacciones de oxidación por lo que se debe evitar todo contacto con recipientes fabricados con estos metales. El efecto catalítico de los metales es mayor por la presencia de ácidos grasos libres, que aumentan la solubilidad de los iones metálicos en la grasa o en el aceite.

Como ya se explicó anteriormente las grasas se pueden deteriorar durante su manipulación a través de diferentes caminos que dependen de la temperatura, aereación y el tiempo de calentamiento. El calentamiento de ácidos grasos insaturados produce compuestos policíclicos y aromáticos que son potencialmente cancerígenos, existe una relación directa entre el grado de insaturación de la grasa y la producción de dichos compuestos.

Actualmente se piensa que los peróxidos no son tan tóxicos como los productos secundarios provenientes de su degradación. Se han hecho muchos estudios sobre la toxicología de las grasas oxidadas usando animales de laboratorio, y como una extrapolación se ha llegado a la conclusión de que el consumo de grasas oxidadas por el humano puede ser muy dañino. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los estudios toxicológicos se hacen alimentando los animales con grandes cantidades de grasas oxidadas. Los animales de laboratorio sufren muchas alteraciones, como pérdida de peso y de apetito, diarrea y daños en el hígado y el

riñón; un consumo prolongado de grasas oxidadas causa la muerte de los animales.

Existen todavía muchas controversias sobre la verdadera toxicidad de las grasas oxidadas; esta discrepancia de opiniones se acentuó aún más, debido a que las grasas industriales utilizadas en el frefdo de los alimentos contienen bajas concentraciones de los agentes tóxicos. Es un hecho que las grasas altamente oxidadas son muy tóxicas para los animales cuando se suministran en grandes concentraciones; sin embargo, queda por aclararse el efecto en el humano ya que es de validez muy dudosa utilizar los resultados de pruebas con animales y extrapolarlos al hombre.

Otro problema que se presenta con los lípidos y sus productos de oxidación, es la alta reactividad que tienen para interaccionar con vitaminas y proteínas. Los peróxidos pueden destruir vitaminas como la A, la tiamina y otras, al igual que varios aminoácidos; la destrucción de lisina y de histidina se ha comprobado en sistemas modelo. Todo esto repercute indudablemente en una baja del valor nutritivo del alimento.(5).

Uno de los métodos más comunes para controlar la oxidación es mediante el uso de los diferentes antioxidantes comerciales. Los cuales han sido utilizados en Estados Unidos de América desde 1947 en la estabilización de grasas.

Este efecto inhibitor puede ser atribuido a la donación de protones a una grasa que contenga radicales libres y para la formación de complejos entre el antioxidante y la cadena de grasa (Stucky, 1972). (16).

Una molécula de un antioxidante funciona reemplazando un ácido graso insaturado como fuente del hidrógeno lábil para unirse a un radical libre o a un peróxido activado. La molécula del antioxidante se oxida en lugar de la del ácido graso. En el proceso, el antioxidante extrae la energía que de otra forma estaría disponible para la formación de un nuevo radical libre de ácido graso y lo que perpetuaría la reacción en cadena que se presenta en la autoxidación de las grasas.(7).

Para ser efectivos se deben adicionar lo más pronto posible en el proceso de manufactura o en la grasa terminada.

Los antioxidantes no pueden hacer reversible la reacción oxidativa de aceites, ni son efectivos en inhibir la rancidez hidrolítica.

La selección del antioxidante se determina por la compatibilidad, costo y los resultados efectivos en las grasas; ya sea grasa animal o vegetal.

Los antioxidantes son solubles en grasa o en la fase acuosa de los productos. Deben presentar buena dispersibilidad en todo el alimento y ésta estabilidad o "carry through" se mantiene después del proceso. Buck (1965), define "carry through" como un antioxidante capaz de ser adicionado como un componente del alimento y que perdura en todas las etapas del proceso como en el freído o en el horneado e imparten estabilidad en el producto terminado.(16).

Para prevenir la oxidación se adicionan varios inhibidores, estos inhibidores se clasifican en varios grupos de acuerdo a su mecanismo de acción que se presenta a continuación en el cuadro N°3.

CUADRO N° 3. CLASIFICACION DE INHIBIDORES DE LA OXIDACION DE LIPIDOS.	
TIPO DE INHIBIDORES	MECANISMO DE ACCION
Antioxidante.	Reaccionan con los radicales libres, interrumpiendo la fase de propagación de la reacción en cadena.
Sinergista.	Aumenta la actividad del antioxidante.
Retardadores.	Reducen la formación de hidropéroxidos
Secuestradores o Secuestrantes.	Inhiben la capacidad de los metales fuertes para catalizar la producción de radicales libres.
Liberación del par de electrones del oxígeno. "Singlet Oxygen Quenchers"	Desactiva la molécula de oxígeno, que puede iniciar la reacción en cadena de los radicales.

(15).

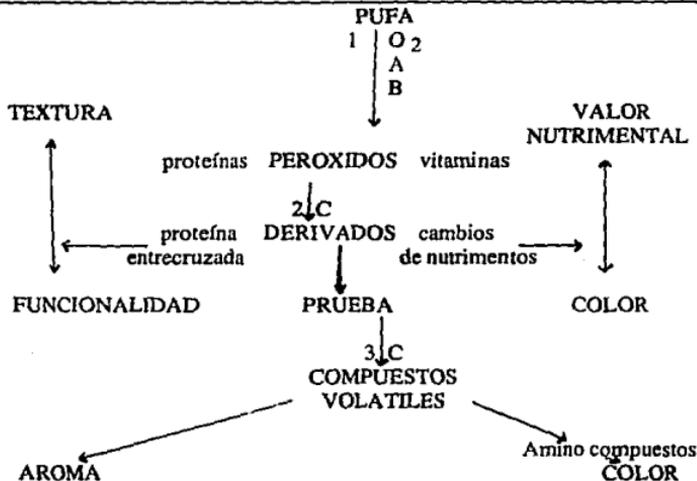
Es importante recordar que algunos constituyentes de los alimentos como los compuestos que le imparten sabor, color y olor, al igual que algunas vitaminas (A, C, D, E y K) también están propensos a las reacciones de oxidación como se puede ver en el Cuadro N° 4.

FALTA

PAGINA

14

CUADRO N° 4 PRODUCTOS DE REACCIONES CON ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (PUFA)



Productos de reacción con ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) presentando calidad cualitativa y los cambios en los alimentos. Los ejemplos de catalisis son designados con letras y los antioxidantes por números en el sitio de acción. Erickson (1982).

CATALIZADORES PROOXIDANTES

- 1.-Lipooxigenasas
- Hemoproteínas
- Trazas de metal
- Lípidos volátiles
- Productos de oxidación

ANTIOXIDANTES

- A.-Glucosa catalasa-oxidasa
- B.-Antioxidantes naturales
Ejem.tocoferoles,
flavonoides, compuestos
fenólico (ejem. especias
e hierbas).
- C.-Productos de la reacción
de Maillard (melanoidinas).

CATALIZADORES MODIFICADORES

- 2.- Isómeros hidroperóxidos
- 3.- Liasa Hidroperóxido
- 4 -cis-3-trans-enal-isomerasa
- alcohol hidrogenasa.

En el siguiente cuadro se enlistan los antioxidantes más usados, su dosis máxima, así como

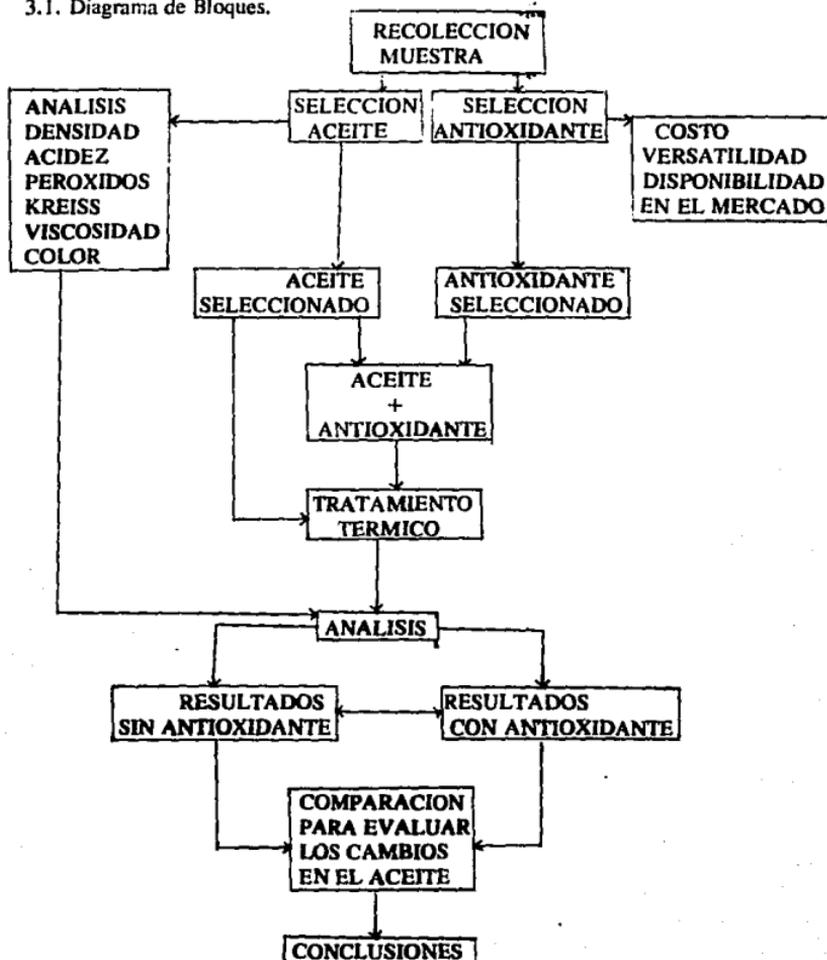
SUS USOS.

CUADRO Nº 5. CLASIFICACION DE ANTIOXIDANTES.		
NOMBRE	DOSES	USO
Butilhidroxianisol (BHA)	% MAX 0.02	Estabilización del aceite vegetal: grasa vegetal hidrogenada, margarina, mantequilla, manteca para cocido, sebos y grasas comestibles, aceites de hígado de pescado, vitaminas, aceites esenciales, aromas y esencias, formulación para perfumería, ceras y bases cosméticas, monoglicéridos.
Butilhidroxitolueno (BHT)	0.02	Aceites vegetales hidrogenados, grasas animales, mantequilla, sebos y grasas comestibles, harina de pescado y harina de carne, aceite de hígado de pescado, vitaminas, otros productos farmacéuticos, aceites esenciales, aromas y esencias, formulación para perfumería. Ceras y bases cosméticas. El BHT junto con el BHA presentan un efecto sinérgico. Es particularmente utilizado en la estabilidad de aceites insaturados.
Tertbutilhidroxiquinona (TBHQ)	0.02	Es particularmente utilizado en la estabilidad de aceites insaturados.
Propilgalato (PG)	0.01	Inhibe la oxidación en aceites y grasas animales. Siempre es utilizado como un quelato del Fe^{2+} para eliminar los iones de hierro y cobre catalíticos prooxidantes. Un buen sinérgico es obtenido con BHA y BHT, está prohibido utilizar PG con TBHQ.
Tocoferoles (extractos naturales)	0.03	La actividad satisfactoria es alcanzada cuando ellos son utilizados en combinación con sinérgicos como el ácido ascórbico, Fe^{2+} , y algunos aminoácidos, con varios agentes quelantes.
Oleoresina de romero	0.02-0.05	Como saborizante de las salsas, sopas y bocadillos (botanas).
AGENTES REDUCTORES		
Ac. Ascórbico y sus sales	0.02	Funciona como un scavenger de oxígeno. Protege la oxidación en vinos, cervezas, frutas, verduras, mantequilla, carne y productos de pescado.
Ascorbil palmitato	0.01	Aumenta la vida de anaquel de los aceites utilizado con otros antioxidantes estabilizando la grasa y alimentos fríos.
Ac. eritorbico y sus sales	0.02	Son agentes fuertemente reductores. Suprimen efectivamente el deterioro oxidativo en las frutas congeladas. Sus sales son utilizadas en la manufactura de cervezas, ale, vino blanco o rosado. Junto con agentes curantes es utilizado en productos cárnicos curados.
AGENTES QUELANTES		
Ac. cítrico	0.005	Combinado con otros antioxidantes previene la rancidez oxidativa. En la salchicha de cerdo fresca y carnes secas además como un estabilizante en uvas para vinos.
Polifosfatos	0.005	Son escavengers y junto con los antioxidantes protegen contra la rancidez oxidativa en grasas vegetales.
EDTA	0.02	Es altamente estable y actúa a altos valores de p.H. (6, 15, 16).

CAPITULO III.

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Diagrama de Bloques.



3.2. Material.

3.2.1. Material de laboratorio.

CANTIDAD	MATERIAL	CAPACIDAD
3	Matraz Erlenmeyer	500 ml
9	Matraz Erlenmeyer	250 ml
3	Matraz Erlenmeyer con tapón de vidrio	500 ml
1	Probeta	1,000 ml
1	Probeta	500 ml
1	Probeta	100 ml
3	Matraces volumétricos	100 ml
3	Matraces volumétricos	1,000 ml
3	Matraces de destilación	250 ml
3	Condensadores de agua	
2	Buretas	50 ml
3	Vasos de precipitado	250 ml
3	Vasos de precipitado	100 ml
2	Embudos de vidrio	
4	Pipetas	10 ml
2	Pipetas	0.5 ml
2	Pipetas	1 ml
3	Pipetas	5 ml
1	Pipeta volumétrica	50 ml
1	Pipeta volumétrica	25 ml
1	Termómetro	
3	Parrillas eléctricas	
3	Pinzas para refrigerante	
3	Pinzas para bureta	
5	Soportes	
2	Mecheros	
2	Tripies	

2	Telas de asbesto	
3	Cubas	
3	Picnómetros	25 ml
1	Baño de agua con control de temperatura	
3	Tapones	Nº 3
3	Tapones	Nº 5
3	Tapones	Nº 7
1	Tapón	Nº 9
100	Papel filtro Whatman (hojas)	Nº 1
10	Tubos de ensayo	Nº 10

3.2.2.Reactivos.

MARCA a utilizar REASOL

REACTIVO	CANTIDAD
Alcohol isopropílico R.A.	3,000 ml
Tolueno R.A.	3,000 ml
Hidróxido de potasio R.A.	80.0 g
Bifalato ácido de potasio R.A	20.5 g
Acido acético R.A.	3,000 ml
Cloroformo R.A.	500 ml
Almidón	10 g
Tisulfato de sodio R.A.	50 g
Dicromato de potasio R.A.	1 g
Alcohol etílico R.A.	4,500 ml
Fenofaleina R.A.	3 g
Acido clorhídrico R.A.	200 ml
Fluoroglucinol R.A.	10 ml
Heptano R.A.	1,000 ml

Tetracloruro de carbono R.A.	1,000 ml
Cloruro de metilo R.A.	1,000 ml
Sulfato de níquel R.A.	250 g
Tierra de diatomeas	5 g
Eter etílico R.A.	1,000 ml
Dioxano	500 ml
Hidróxido de sodio R.A.	30 g
Trietanolamina R.A.	1 g
Azul de bromotimol R.A.	0.250 mg
Alcohol bencílico R.A.	500 ml
n-Propanol R.A.	1,000 ml
Aceite de maíz "Gloria". Arancia.	10,000 ml
Yodo R.A.	9 g
Aceite de canola.	250 ml
Aceite de girasol.	250 ml
TBHQ, BHT, BHA. Fram-Química.	
Prodenol "B". Proband de México.	
Vexel Líquido. Industrias Químicas Nobel.	0.010 g
Herbalox Seasing tipo "O". Spectrum.	

EQUIPO.

- Viscosímetro de Brookfield Engineering. Laboratorios Inc. LV.
- Balanza granataria Ohaus. Capacidad 2610 g
- Balanza analítica Sartorius. Capacidad máx. 100 g, mínima 0.1 mg
- Parrilla eléctrica PCM - 35 Corning. 500 watts.
- Freidora Crolls/F2. Rango de temperatura 0 - 200°C.

3.3. METODOLOGIA.

1.- SELECCION DE ACEITE Y ANTIOXIDANTE.

- a) Recopilación bibliográfica de los diferentes tipos de aceites en la industria de freído profundo y para uso doméstico.

- b) Selección de aceites de diferentes fuentes de origen.
- c) Caracterización de los diferentes tipos de aceites de acuerdo a los análisis que se muestran en el diagrama de bloques comparando los resultados con las normas correspondientes.
- d) La selección del aceite se llevará a cabo de acuerdo al que presente mejor índice de calidad de acuerdo a las normas (NOM-F-030-1985, NOM-F-265-1985, NOM-F-475-1985).
- e) Recolectar muestras de diferentes antioxidantes.
- f) La selección del antioxidante se llevará a cabo de acuerdo al costo, versatilidad y disponibilidad en el mercado.

2.- ACEITE SOMETIDO A TRATAMIENTO TERMICO.

- a) Colocar 3 litros de aceite seleccionado en una freidora.
- b) Calentar el aceite a una temperatura de 172 - 196°C y mantenerla constante.
- c) Freir un papas de 0.5 cm de grosor durante 4 minutos a razón de 225 g / h.
- d) Realizar la determinación de los diferentes análisis (densidad, viscosidad, color, índice de acidez, índice de saponificación, índice de Kreis, índice de peróxido) cada dos horas hasta que el aceite presente cambios en los análisis al que fue sometido el aceite originalmente.
- e) Graficar los resultados.

3.- ACEITE SOMETIDO A TRATAMIENTO TERMICO CON ANTIOXIDANTE.

- a) Adicionar el antioxidante al aceite a razón de 0.02-0.05 % máximo.
- b) Repetir la misma metodología del paso 2.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Resultados.

En el Cuadro A se observa la caracterización de las diferentes muestras de aceite, así como sus límites recomendados en las normas. (Apéndice B).

El Cuadro B muestra todos los resultados de los diferentes análisis obtenidos en la parte experimental.

Observaciones.

El aceite sin antioxidante presentó a las 16 horas de tratamiento térmico un olor característico de aceite quemado y humo irritante.

El aceite con antioxidante presentó a las 18 horas de tratamiento térmico las mismas características anteriores.

Se observa en las primeras ocho gráficas los cambios que sufre el aceite durante el tratamiento térmico; los cuales a partir de las ocho horas empiezan a ser significativos en la mayoría de los análisis.

En las siguientes gráficas se observa si el aceite deteriorado puede ser reutilizado. Para lo cual se hicieron mezclas de aceite nuevo con diferentes porcentajes de aceite deteriorado.

CUADRO A

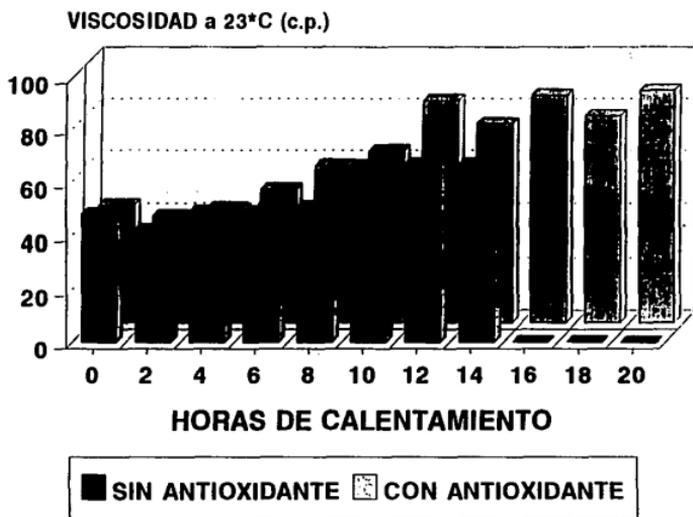
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS DIFERENTES ACEITES A SELECCIONAR			
ANÁLISIS	MAX.	MIN.	RESULTADOS
	CANOLA		
VISCOSIDAD (cp)			45.00
I. DE KREISS	negativo	negativo	rancidez incipiente
COLOR (Pavalov)		1	1
GRAVEDAD ESPECÍFICA (25°C)	0.914	0.920	0.9094
I. DE ACIDEZ (% AC. OLEICO)		0.05	0.025
I. DE PEROXIDO		2.00	196.00
I. DE IODO	105.00	130.00	22.53
I. DE SAPONIFICACION (mg KOH/g aceite)	189.00	192.00	91.105
	GIRASOL		
VISCOSIDAD (cp)			41.00
I. DE KREISS	negativo	negativo	rancidez incipiente
COLOR (Pavalov)		1	1
GRAVEDAD ESPECÍFICA (25°C)	0.918	0.923	0.9883
I. DE ACIDEZ (% AC. OLEICO)		0.05	0.012
I. DE PEROXIDO		2.00	196.00
I. DE IODO	124.00	138.00	24.60
I. DE SAPONIFICACION (mg KOH/g aceite)	188.00	194.00	87.51
	MAIZ		
VISCOSIDAD (cp)			48.00
I. DE KREISS	negativo	negativo	negativo
COLOR (Pavalov)		1	1
GRAVEDAD ESPECÍFICA (25°C)	(20°C) 0.917	0.925	0.9159
I. DE ACIDEZ (%AC. OLEICO)		0.05	0.044
I. DE PEROXIDOS		2.00	196.00
I. DE IODO	03.00	128.00	22.38
I. DE SAPONIFICACION (mg KOH/ g aceite)	7.00	197.00	94.92

CUADRO B RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION DEL ACEITE DE MAIZ SOMETIDO A TRATAMIENTO TERMICO											
TRATAMIENTO SIN ANTIOXIDANTE											
ANALISIS	Hrs. 0	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
VISCOSIDAD (cp)	48.0	42.0	48.8	48.8	50.6	66.0	66.0	66.8			
I. DE KREIS	n e g a t i v o			r. incipiente				rancidez			
COLOR (Perevalov)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	~ 2.00	2.00	3.00			
DENSIDAD (25°C)	0.9590	0.9591	0.9594	0.9597	0.9590	0.9592	0.9591	0.9592			
I. DE ACIDEZ (% Ac.Oleico)	0.04	0.06	0.08	0.12	0.15	0.19	0.20	0.25			
I. DE PEROXIDOS	196.0	198.0	404.0	474.0	440.0	490.0	360.0	250.0			
I. DE IODO	22.38	15.10	20.55	20.30	22.45	23.98	14.71	17.82			
I. DE SAPONIFICACION	94.92	89.08	94.58	90.65	91.32	87.51	90.88	96.04			
TRATAMIENTO TERMICO CON ANTIOXIDANTE											
VISCOSIDAD (cp)	44.0	44.0	43.0	50.0	59.0	64.4	84.0	75.0	86.0	78.0	88.0
I. DE KREIS	n e g a t i v o				rancidez incipiente			rancidez			
COLOR (Perevalov)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00
DENSIDAD (25°C)	0.9100	0.9100	0.9610	0.9105	0.9590	0.9105	0.9570	0.9110	0.9105	0.9595	0.9600
I. DE ACIDEZ (% Ac.Oleico)	0.06	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.22	0.18	0.18	0.22	0.29
I. DE PEROXIDOS	474.0	337.0	364.0	314.0	328.0	339.0	227.4	262.0	280.0	433.0	404.0
I. DE IODO	23.34	23.22	21.69	20.81	20.93	15.98	22.71	22.45	19.32	17.89	20.30
I. DE SAPONIFICACION	173.3	86.84	88.86	180.3	182.45	186.3	179.65	172.9	177.6	192.9	223.2

CUADRO C

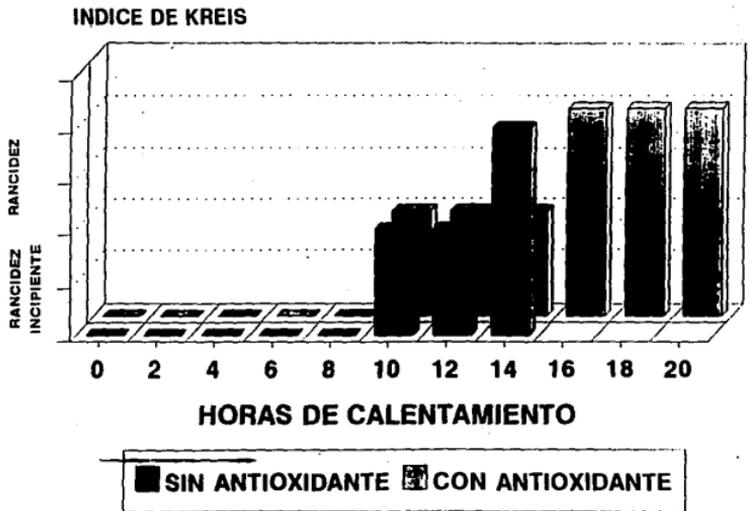
MEZCLA DE ACEITE NUEVO CON ACEITE DETERIORADO A DIFERENTES PORCENTAJES										
ANALISIS	SIN ANTIOXIDANTE					CON ANTIOXIDANTE				
	10%	20%	30%	40%	50%	10%	20%	30%	40%	50%
VISCOSIDAD (cp)	55.0	57.0	57.0	61.0	61.0	55.5	55.5	55.5	55.5	60.0
I. DE KREISS	r. incipiente		rancidez			rancidez incipiente		rancidez		
COLOR	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.9598	0.9590	0.9585	0.9590	0.9590	0.9590	0.9590	0.9590	0.9590	0.9590
I. DE ACIDEZ	0.17	0.20	0.27	0.32	0.40	0.17	0.23	0.30	0.35	0.42
I. DE PEROXIDOS	348.00	299.00	441.00	489.00	455.00	337.00	328.00	402.00	384.00	367.00

GRAFICA No. I VISCOSIDAD



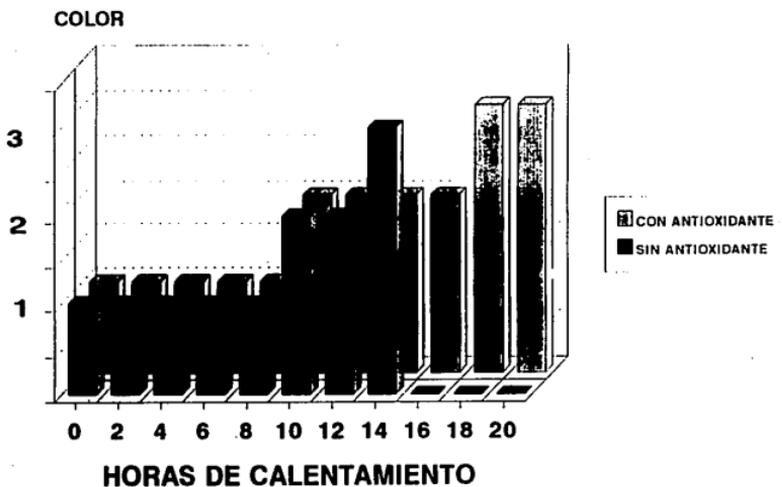
NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

GRAFICA No. II INDICE DE KREIS



NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

GRAFICA No. III (PRUEBA COLORIMETRICA DE PERVALOV MOD.)



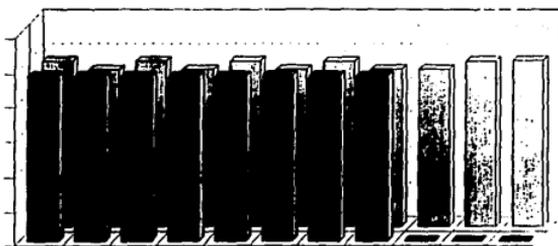
30

NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

EL COLOR ESTA DIRECTAMENTE RELACIONADO CON EL ESTADO DE OXIDACION DE LA GRASA.

GRAFICA No.IV GRAVEDAD ESPECIFICA

DENSIDAD(g/cm)



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

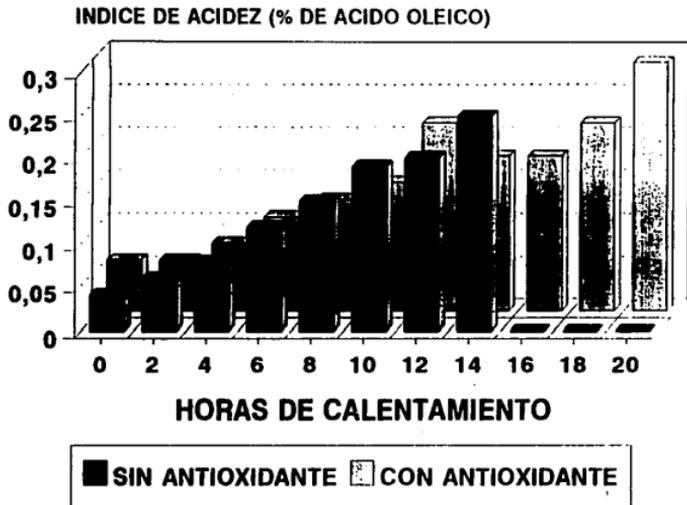
CON ANTIOXIDANTE	0,959	0,91	0,961	0,910	0,959	0,910	0,957	0,911	0,910	0,959	0,96
SIN ANTIOXIDANTE	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0	0	0

HORAS DE CALENTAMIENTO

SIN ANTIOXIDANTE
 CON ANTIOXIDANTE

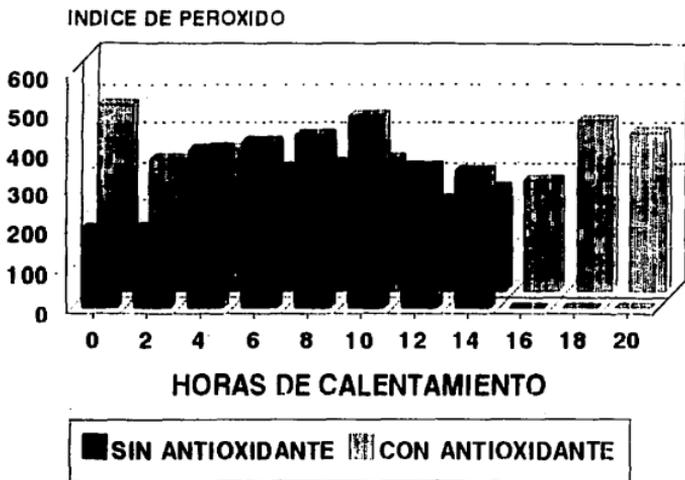
**NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)**

GRAFICA No. V INDICE DE ACIDEZ



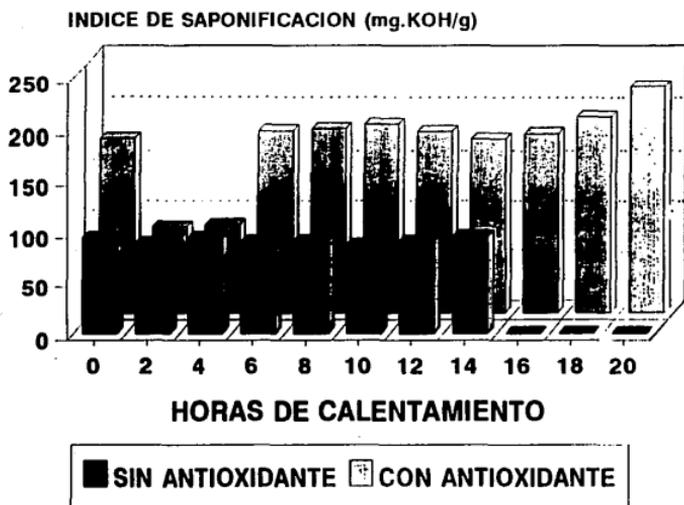
NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

GRAFICA No. VI
INDICE DE PEROXIDO
(mEq DE PEROXIDO /1000g. DE MUESTRA)



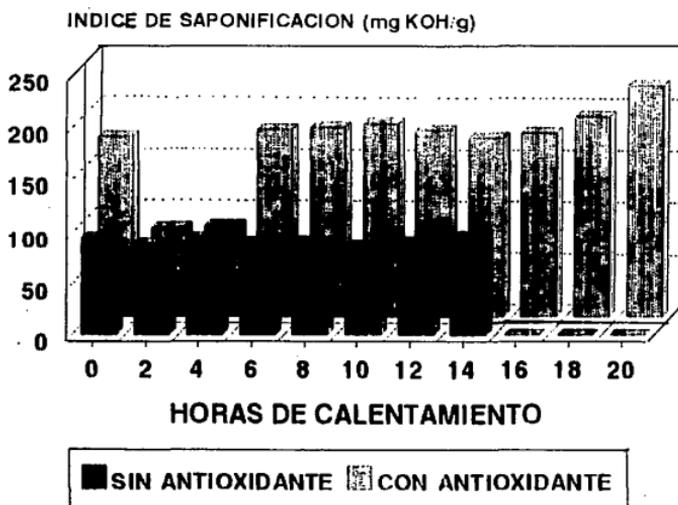
NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
 A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

GRAFICA No.VII INDICE DE SAPONIFICACION



NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

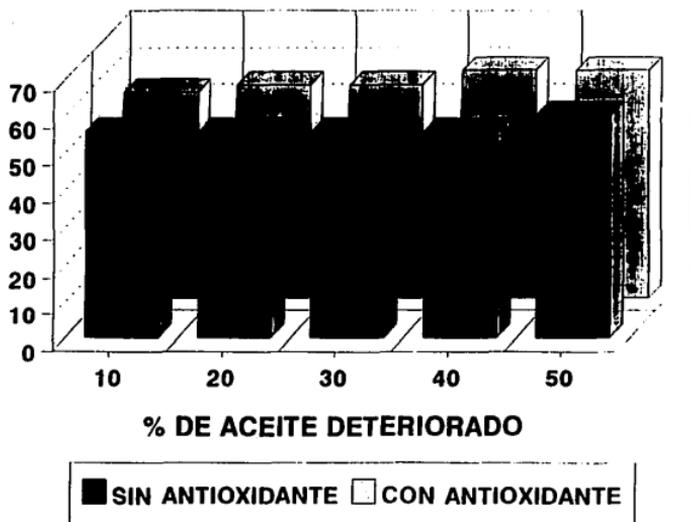
GRAFICA No.VIII INDICE DE SAPONIFICACION



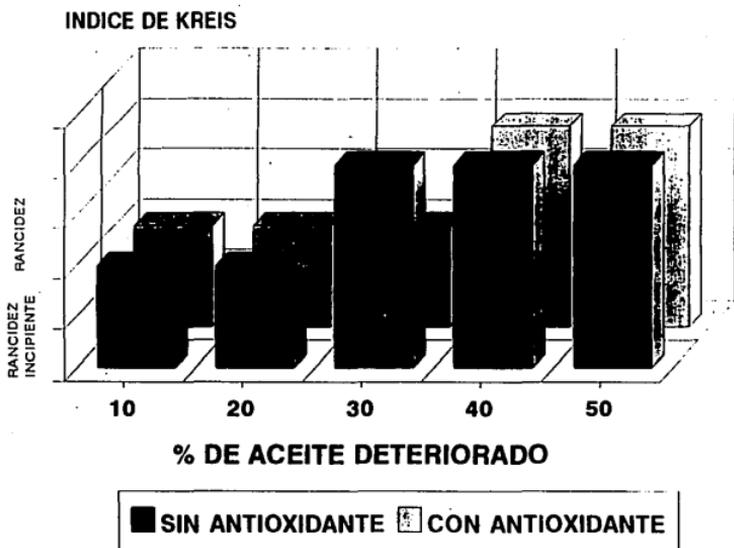
NOTA: LAS HORAS DE CALENTAMIENTO SON
A TEMPERATURA CONSTANTE (172°C-196°C)

GRAFICA No.IX VISCOSIDAD

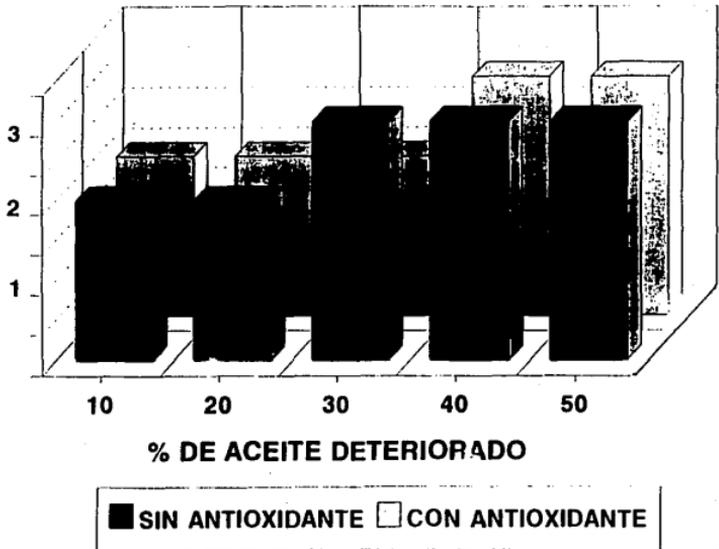
VISCOSIDAD a 23°C (c.p.)



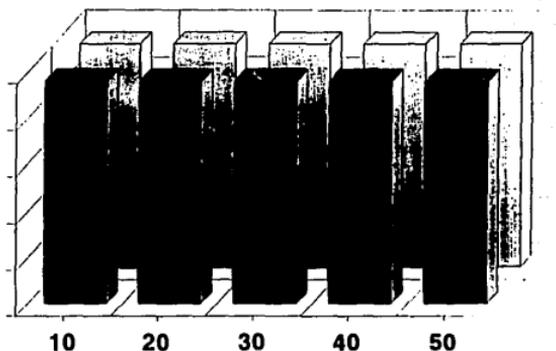
GRAFICA No. X INDICE DE KREIS



GRAFICA No.XI
COLOR



**GRAFICA No. XII
GRAVEDAD ESPECIFICA**



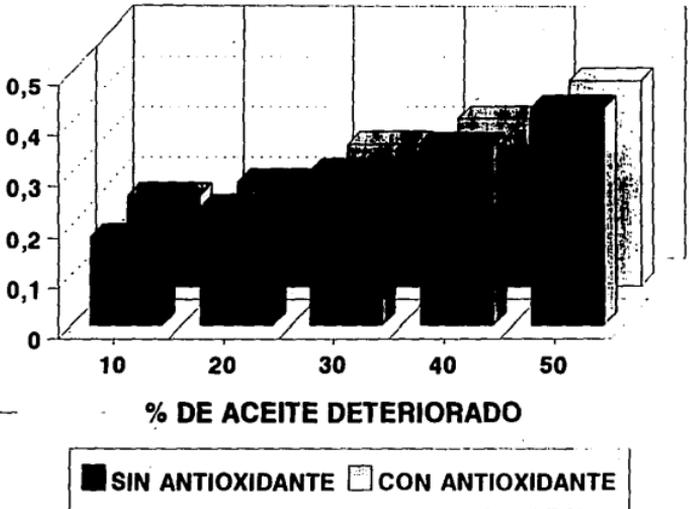
CON ANTIOXIDANTE	0,9595	0,959	0,959	0,959	0,959
SIN ANTIOXIDANTE	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959

% DE ACEITE DETERIORADO

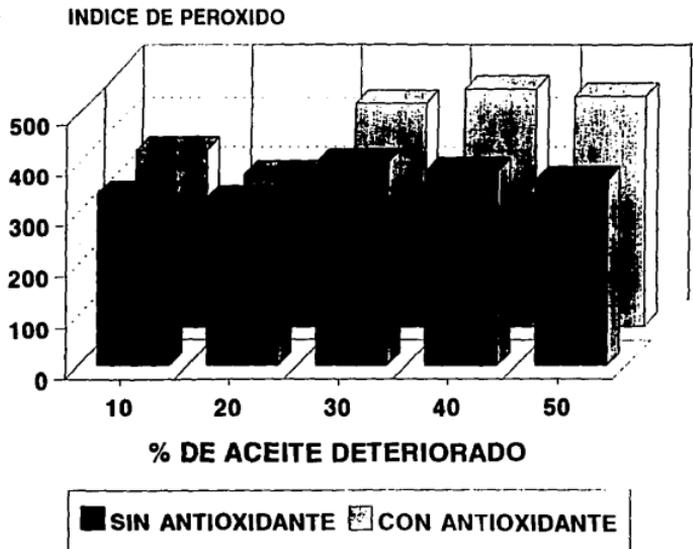
SIN ANTIOXIDANTE
 CON ANTIOXIDANTE

GRAFICA No.XIII INDICE DE ACIDEZ

INDICE DE ACIDEZ (% DE ACIDO OLEICO)



GRAFICA No.XIV INDICE DE PEROXIDO



4.2. Discusiones.

De los aceites utilizados en el freído profundo se eligieron los de girasol, maíz y canola de los cuales el que se apegó más a la norma (Apéndice B) fue el aceite de maíz como se observa en el Cuadro A.

Se eligió como antioxidante al VEXEL LIQUIDO ya que contiene:

BHT(Butilhidroxitolueno) y BHA(Butilhidroxianisol) que juntos forman un efecto sinergista, lecitina de soya (quelato), monoestearato de glicerilo (emulsificante) y ácido fosfórico (secuestrador). Ya que además de utilizarse en frituras y productos horneados también se utiliza en la industria cárnica y láctea.

En la Gráfica N° I. se observa un aumento de la *viscosidad* la cual puede ser debido a la formación de polímeros. El aceite sometido a tratamiento térmico sin antioxidante presenta un incremento significativo a las 10 horas (manteniéndose estable hasta las 14 horas; mientras que el aceite sometido a tratamiento térmico con antioxidante presenta un incremento significativo hasta las 12 horas de tratamiento térmico, manteniéndose inestable hasta las 20 horas.

El *Índice de Kreis* nos indica de una manera cualitativa el grado de deterioro del aceite.

Durante las primeras ocho horas de tratamiento térmico sin antioxidante el Índice de Kreis fue negativo, presentando rancidez incipiente a las 10 horas manteniéndose así hasta las 12 horas y presentando rancidez a las 14 horas de tratamiento térmico. En tanto que, el aceite con antioxidante se comportó de igual manera durante las primeras ocho horas presentando rancidez incipiente de las 10 a las 16 horas y rancidez a partir de las 18 horas.

La *Prueba Colorimétrica de Perevalov modificada* está directamente relacionada con el estado de oxidación de la grasa, ya que un resultado negativo del Índice de Kreis corresponde a un valor de 1 de la prueba colorimétrica de Perevalov modificada, así como la presencia de rancidez incipiente en el Índice de Kreis corresponde a un valor de 2 en la

prueba colorimétrica de Perevalov modificada y por último la presencia de rancidez en el Índice de Kreis corresponde a un valor 3 en la prueba colorimétrica modificada.

La *Gravedad Específica* en el aceite sin antioxidante no muestra cambios significativos durante el tratamiento térmico. El aceite con antioxidante no se comporta de manera homogénea presentando pequeños cambios durante el tratamiento térmico.

El *Índice de Acidez* aumenta debido a las reacciones de hidrólisis de la grasa. El aceite sometido a tratamiento térmico sin antioxidante manifiesta un incremento gradual de las 0 a las 14 horas. En cambio, el aceite sometido a tratamiento térmico con antioxidante presenta un valor mayor de acidez a las 0 horas y valores menores a partir de las 8 horas que el aceite sin antioxidante, manteniendo un incremento gradual durante el tratamiento.

El *Índice de Peróxido* tiende primero a aumentar debido a la formación de hidropéroxidos y posteriormente disminuye debido a la descomposición de estos para dar lugar a productos secundarios de degradación observándose esto en el tratamiento térmico sin antioxidante. Por otro lado, el aceite sometido a tratamiento térmico con antioxidante presenta un comportamiento inestable debido posiblemente a la acción del antioxidante.

El *Índice de Iodo* en el aceite sometido a tratamiento térmico sin antioxidante muestra una disminución representativa a las 2 horas y a las 12 horas, en tanto que, en el aceite con antioxidante disminuye significativamente a las 10 horas y a las 18 horas. Esta disminución puede ser debido a que se van eliminando dobles enlaces en las distintas reacciones de polimerización, ciclación, etc.

El *Índice de Saponificación* en el aceite con tratamiento térmico sin antioxidante manifiesta un comportamiento homogéneo, en cambio, el aceite con antioxidante inicia con un valor

alto disminuyendo considerablemente en las próximas 4 horas, manifestando un incremento significativo a las 6 horas de tratamiento térmico comportándose homogéneamente en las próximas horas.

Las mezclas de aceite nuevo con diferente porcentaje de aceite deteriorado se hicieron con el objeto de interpolar los resultados con las gráficas anteriores y de esta manera ver si puede ser reutilizado el aceite deteriorado sin afectar las características del aceite nuevo.

CUADRO D**CUADRO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES MEZCLAS DE ACEITE.****SIN ANTIOXIDANTE****EQUIVALENCIA EN HORAS DE TRATAMIENTO TERMICO**

PORCENTAJE	VISCOSIDAD	KREIS	COLOR	GRAVEDAD ESPECIFICA	ACIDEZ
10 %	8 - 10	10	10	8	8-10
20 %	8 - 10	10	10	8	12-14
30 %	8 - 10	14	14	8	14
40 %	8 - 10	14	14	8	14
50 %	8 - 10	14	14	8	14

CON ANTIOXIDANTE

10 %	6 - 8	10	10	0	10-12
20 %	6 - 8	10	10	0	10-12
30 %	6 - 8	10	10	0	18-20
40 %	8 - 10	16	16	0	más de 20
50 %	8 - 10	16	16	0	más de 20

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir:

- 1.- El aceite de maíz seleccionado antes del tratamiento térmico de acuerdo a los análisis al que fue sometido cumple con el Índice de Kreis, Gravedad Específica y el Índice de Acidez según las especificaciones de la norma (Apéndice B).
- 2.- De acuerdo a las gráficas de viscosidad, Índice de Kreis, Prueba Colorimétrica de Perevalov modificada e Índice de Acidez el aceite sin antioxidante comienza su deterioro a partir de las 10 horas de tratamiento térmico manifestando un incremento significativo a las 14 horas. Aunque el aceite con antioxidante comienza su deterioro a las 10 horas de tratamiento térmico el incremento representativo aparece hasta las 18 horas lo que representa un aumento de 22.22% de la vida útil del aceite.
- 3.- Cuando la muestra de aceite sin antioxidante presenta un valor de rancidez en el Índice de Kreis y un valor de 3 en la Prueba Colorimétrica de Perevalov modificada, el Índice de Acidez incrementa su valor 6.25 veces (un 58.56% más que el aceite con antioxidante) mientras que el aceite con antioxidante incrementa su valor 3.66 veces. Con esto queda comprobado el efecto del antioxidante.
- 4.- En el Índice de Kreis, Prueba Colorimétrica de Perevalov modificada e Índice de Acidez el aceite con antioxidante prolonga su vida útil 4 horas más que el aceite sin antioxidante.
Las mezclas muestran que el aceite deteriorado no puede ser reutilizado ya que se estaría contaminando el aceite nuevo y con ésto disminuyendo su vida útil.
- 5.- La adición de un antioxidante es indispensable en aceites sometidos a tratamiento

térmico.

Así como contar con métodos rápidos y sencillos como son el Índice de Kreis, Prueba Colorimétrica de Perevalov modificada e Índice de Acidez

Evitando de esta manera la ingestión de alimentos fritos con alto contenido de compuestos de degradación de ácidos grasos, los cuales son tóxicos para el organismo.

Quedando este trabajo como base para futuras investigaciones para conocer la toxicidad de los compuestos que se forman durante el tratamiento térmico.

APENDICE A.

1.-INDICE DE KREISS.

-Sol. de Fluoroglucinol al 0.1 % en éter.

a) Agitar vigorosamente 10 ml de aceite o de grasa fundida con 10 ml de la solución fluoroglucinol y 10 ml de ácido clorhídrico concentrado durante 20 segundos.

b) Un color rosa indica rancidez incipiente.(9).

2.-INDICE DE IODO

-Sol. de Wijs. Disolver 8 g de tetracloruro de carbono en 200 ml de ácido acético glacial y mezclar con 9 g de iodo disueltos en 400 ml de ácido acético glacial, diluir a 1,000 ml con ácido acético glacial.

-Sol. de KI al 10 %

-Sol. de tiosulfato de sodio 0.1 M

-Sol. de almidón

a) Pesar 0.1 - 0.6 g de muestra en un matraz Erlenmeyer con tapón de vidrio de 250 ml de capacidad y añadir 10 ml de tetracloruro de carbono.

b) Añadir 25 ml de la sol. de Wijs y dejar en un lugar oscuro durante 30 minutos. El tapón debe humedecerse con la sol. de KI.

c) Añadir 15 ml de solución de KI y 100 ml de agua destilada.

d) Titular con tiosulfato de sodio 0.1M añadiendo como indicador solución de almidón, recién preparada cuando se aproxime al punto final.(título S).

e) Realizar una determinación en blanco omitiendo la grasa (título W).

CALCULOS:

$$\text{Indice de Iodo} = (W - S) \times 0.01269 \times 100 / \text{Peso de la muestra}$$

Donde:

W = ml de sol. de tiosulfato de sodio gastados por el blanco.

S = ml de sol. de tiosulfato de sodio gastados por la muestra.

Cuando mayor sea el índice de Iodo, tanto mayor es el grado de insaturación de la grasa.(11).

3.-VISCOSIDAD.

a)Se instala el viscosímetro.

b)Se nivela el viscosímetro hasta que la burbuja de nivel se encuentre dentro del círculo.

c)Se presiona el embrague y se prende el interruptor del motor del viscosímetro.

El embrague se mantiene presionado para prevenir el uso innecesario; después liberar el embrague y dejar el disco rotar hasta que se estabilice el indicador en una posición fija del disco.

d)La viscosidad de la muestra se puede obtener fácilmente consultando el suplemento "BROOKFIELD FACTOR FINDER" multiplicando el factor que muestra el visor de acuerdo al número de eje usado y las revoluciones empleadas, por el valor de lectura dado por el aparato.(11).

4.-PRUEBA COLORIMETRICA DE PEREVALOV MODIFICADA.

- Mezcla al 2 % de NaOH en alcohol bencílico y n- propanol

(1:3).

- Solución al 0.1 % de azul de bromotimol en dioxano que contiene un 1 % de cantidades equimolares de trietanolamina y ácido acético glacial.

	Trietanolamina	Ac. Acético
PM = 149.19g	+	PM = 60.05g = 209.24g
209.24g - 149.19g		209.24g - 60.05g
1.00g - X		1.00g - X
X = 0.7130g (0.6342 ml)		X = 0.2552g (0.2552 ml)

- a) Se disuelven 1.5 ml de grasa en 35 ml de una mezcla al 2 % de NaOH en alcohol y n-propanol. agitando ligeramente la mezcla.
- b) Se añaden a continuación 0.11 ml de una solución al 0.1 % de azul de bromotimol en dioxano.
- c) Agitar y valorar la coloración que aparece en los primeros dos minutos. (3)

LA EVALUACION DEL COLOR. Azul (1)

- Azul verdoso (2)
 Verde azulado (3)
 Verde (4)
 Verde olivo (5)
 Oliva (6)
 Oliva marrón (7)
 Marrón rojizo (8)

-El color esta directamente relacionado con el estado de oxidación de la grasa y permite tener una impresión rápida del nivel de alteración de la muestra. (14).

5.-GRAVEDAD ESPECIFICA.

Calibración de los picnómetros.

- a) Limpiar y secar completamente los picnómetros. Llenar con agua destilada hervida y enfriada a 20°-30° C. Llenar a derrame para prevenir el atrape de burbujas de aire.
- b) Colocar la tapa y sumergirlo en un baño de agua a 25° C + -0.1° C. Cuidar que el bulbo entero este completamente cubierto con agua y retener a la temperatura especificada por 30 minutos.
- c) Sacar y quitar el agua que ha escapado.
- d) Pesar el picnómetro y el contenido.
- e) Calcular el peso del agua en el picnómetro por diferencia del peso del picnómetro vacío con el picnómetro con agua.

Gravedad Especifica a 25/25° C.

- a) Enfriar la muestra a 20° - 23° C. y llenar el picnómetro a derrame para

prevenir el atrape de burbujas de aire.

c) Cerrar y sumergir en un baño de agua a $25^{\circ} \text{C} \pm 0.1^{\circ} \text{C}$. Cuidar que el bulbo entero este completamente cubierto con agua y mantener la temperatura especificada por 30 minutos.

d) Quitar cuidadosamente cualquier cantidad de aceite que halla escapado.

e) Sacar y secar completamente.

f) Pesarse el picnómetro y el contenido y calcular la gravedad especificada como se indica a continuación.

CALCULOS.

GRAVEDAD ESPECIFICA A 25/25°C:

$$C = \frac{(A - B)}{C}$$

Donde:

A = Peso del picnómetro con aceite.

B = Peso del picnómetro vacío.

C = Peso del agua a 25°C

6.-INDICE DE ACIDEZ.

-Hidróxido de potasio 0.1N valorada. Adicionar 6 g de KOH a un litro de agua en un matraz Erlenmeyer de 2,000 ml. Hervir durante 10 minutos con agitación, adicionar 2 g de hidróxido de bario, hervir durante 5 - 10 minutos más, enfriar, tapar el matraz y dejarlo reposar por varias horas. Filtrar directamente en un embudo de vidrio y colocarlo en un frasco resistente al alcali y protegido del CO_2 . Valorar por titulación utilizando como estándar biftalato ácido de potasio utilizando fenoftaleína como indicador.

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{g de } \text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4}{\text{ml de KOH} \times 0.20444}$$

- Mezcla de disolventes, la cual consiste en volúmenes por partes iguales de alcohol isopropílico y tolueno 1:1.

-Indicador de fenoftaleína, 1 % en alcohol isopropílico.

PROCEDIMIENTO.

a) Adicionar la solución indicadora para la cantidad requerida de disolvente a razón de 2ml para 125 ml Y neutralizar con alcali hasta un débil pero permanente color rosa.

b)- Determinar el tamaño de la muestra de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 1 . TAMANO DE MUESTRA PARA EL INDICE DE ACIDEZ.		
INDICE DE ACIDEZ	PESO DE LA MUESTRA	PESO EXACTO
0 - 1	(10 %) g	(g)
1 - 4	20	0.05
4 - 15	10	0.02
15 - 75	2.5	0.01
75 - adelante	0.5	0.001
	0.1	0.0002

c) Pesar la cantidad de muestra.

d) Adicionar 125 ml de la mezcla de solventes neutralizado con alcali hasta un color rosa suave. Asegúrese de que la muestra este completamente disuelta antes de la titulación con álcali estándar, el color debe persistir por 30 segundos.

e) Para la titulación en blanco se utilizan 125 ml de la mezcla de disolventes.

Cálculos:

Indice de acidez, mg de KOH/g de muestra $= (A - b) \times n \times 56.1 / PM$

Donde:

A = ml de alcali valorado utilizado en la titulación.

B = ml de alcali estandarizado utilizado en la titulación del blanco.

N = normalidad de la solución alcali estándar.

PM = gramos de muestra.

Expresar en términos de ácidos grasos libres como % de ácido oleico, láurico o palmítico, dividiendo el índice de acidez entre 1.99, 2.81 ó 2.19 respectivamente. (3).

7.-INDICE DE PEROXIDOS.

- Solución clorofórmica de ácido acético, 3:2 v/v, mezclar 3 volúmenes de ácido acético glacial reactivo con dos volúmenes de cloroformo.

- Solución saturada de yoduro de potasio. preparar el mismo día del análisis. Se disuelve un exceso de KI en agua destilada recién hervida. Guardar en un lugar oscuro cuando no se utilice. Para probar la solución saturada de KI se adicionan dos gotas de una solución de almidón para 0.05 ml de la sol. de KI en 30 ml de la solución clorofórmica de ácido acético. Si la coloración azul formada requiere más de una gota de tiosulfato de sodio 0.1N para remover el color se descarta la solución de KI y se prepara una solución fresca.

Tiosulfato de sodio 0.1N valorada con dicromato de potasio.

a) Tiosulfato de sodio 0.1N: disolver 24.9 g de tiosulfato de sodio en agua destilada y diluir a un litro.

b) Pesar de 0.16 a 0.22g de dicromato de potasio previamente secado a 105°C por dos horas y enfriado en un desecador, y adicionarlo a un matraz de 500 ml. Disolver en 25 ml adicionar 5 ml de HCl concentrado, 20 ml de la sol. de KI y mezclar. Dejar reposar otros 5 minutos y adicionar 100 ml de agua destilada. Titular el dicromato con tiosulfato de sodio hasta que casi desaparezca el color amarillo. Adicionar de 1 a 2 ml de indicador de almidón y continuar la titulación hasta que el color azul desaparezca. La concentración de la solución de tiosulfato de sodio se expresa en términos de esta normalidad:

$$\text{Normalidad} = \frac{20.394 \times \text{Peso de dicromato de potasio}}{\text{ml. de sol. de tiosulfato de sodio}}$$

c) Solución indicadora de almidón. Preparar una pasta con un gramo de almidón y una pequeña cantidad de agua destilada fría. Adicionar mientras se agita 200 ml de agua hervida y hervir por unos segundos. Pasar inmediatamente de calor a frío. El ácido salicílico (25 g/litro), puede ser adicionado para conservar el indicador. Si se requiere un almacenamiento

largo la sol. debe estar en refrigeración a $4 - 10^{\circ} \text{C}$ el indicador debe ser añadido cuando el punto final de la titulación se aproxima. Si se almacena en refrigeración la solución de almidón es estable de dos a tres semanas.

Prueba de sensibilidad. Colocar 5 ml de solución de almidón en 100 ml de agua y adicionar 0.05 ml de solución de yoduro de potasio 0.1N. El color azul debe permanecer al adicionar 0.05 ml de tiosulfato de sodio 0.1N.

PROCEDIMIENTO.

- a) Pesar 5 g + - 0.05 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de cristal y adicionar 30 ml de una solución ácido acético - cloroformo 3:2. Agitar para que se disuelva la muestra. Adicionar 0.05 ml de la solución saturada de KI.
- b) Dejar la solución en reposo por un minuto exacto e inmediatamente adicionar 30 ml de agua destilada.
- c) Titular con tiosulfato de sodio 0.1N, adicionar gradualmente y con agitación constante. Continúe la titulación hasta que la coloración amarilla de iodo casi desaparezca. Adicionar alrededor de 0.5 ml de la solución indicadora de almidón. Continúe con la titulación, con agitación constante, especialmente cuando el punto final este cercano para liberar todo el iodo de la capa del disolvente. Adicionar la sol. de tiosulfato hasta que el color azul desaparezca.
- d) Determinación del blanco de los reactivos. La titulación del blanco no debe exceder de 0.1 ml de la solución de tiosulfato de sodio.

CALCULOS.

Indice de Peróxido(meq de Peróxido/1000 gr de muestra) = $\frac{(S-B) \times N \times 1000}{PM}$

PM

Donde:

B = ml gastados en la titulación del blanco.

S = ml gastados en la titulación de la muestra.

N = normalidad del tiosulfato de sodio (4).

8.- INDICE DE SAPONIFICACION.

- Acido clorhídrico 0.5N valorada.

- Solución alcohólica de hidróxido de potasio . Colocar de 5 a 10g de lentejas de KOH en un matraz de 2000 ml y adicionar de 1000 a 1500 ml de alcohol etílico al 95% y poner a reflujo en un baño de agua durante 30 - 60 minutos. Destilar y recolectar el alcohol en un recipiente de vidrio, limpio y con tapón.

Disolver 40g de hidróxido de potasio en un litro de alcohol destilado, y mantener la temperatura por debajo de 15 °C mediante un baño de hielo.

- Sol. Indicadora de fenofaleína al 10% en alcohol etílico (95%).

PROCEDIMIENTO.

- a) Pesar de 4 a 5g de muestra. Adicionar 50 ml de KOH alcohólica.
- b) Preparar y conducir la determinación del blanco simultáneamente con la muestra.
- c) Instalar el condensador a ebullición suave pero constante, hasta que la muestra este completamente saponificada. Esto usualmente requiere de una hora. Calentar a flama suave para evitar que el vapor llegue a la parte superior del condensador ya que puede haber pérdida.
- d) Después el matraz y el condensador pueden enfriarse un poco, pero no lo suficiente para formar un gel, lavar el interior del condensador con poca agua destilada. Desconectar el condensador, adicionar alrededor de 1 ml de fenofaleína y titular con ác. clorhídrico 0.5N hasta que la coloración rosa no desaparezca. Apuntar el volumen de HCl requerido para la titulación.

CALCULOS.

$$\text{Indice de Saponificación} = \frac{(B-S) \times (N) \times 56.1}{PM}$$

Donde:

B= ml de HCl 0.5N requerido para la titulación del blanco.

S= ml de HCl 0.5N requeridos para la titulación de la muestra.

N= normalidad de la sol. de HCl.

PM= peso de la muestra (2).

APENDICE B

NOM - F - 265 - 1985. Alimentos - Aceite Comestible puro de Girasol.

ANALISIS	MIN.	MAX.
Acidez (como ác. oleico)%		0.050
Peso Especifico. 25/25 °C.	0.918	0.923
Indice de Refracción. 25 °C.	1.472	1.474
Indice de iodo.	124.000	138.000
Materia insaponificable. %		1.200
Humedad y materia volátil		0.050
Color (Escala Lovibond)		1R
	10A	
Indice de peróxido ppm		2.000
Indice de Reichert Meisel. %		0.050
Indice de Polenske. %		0.050
Impurezas insolubles. %		0.020
Prueba fría. 0°C (horas.	5:30	
Horas (AOM) sin antioxidante.	10:00	
Prueba caliente s/olores desagradables. °C	240°C.	
Indice de saponificación. mgKOH/g aceite	188.000	194.000
Punto de solidificación de los acidos grasos	16.000	18.000
Reacciones de Baudouin y Villavechia Fabris		
(presencia de aceite de ajonjolí)	negativo	trazas
Reacción de Halphen (presencia de aceite de algodón).	negativo	trazas
Reacción de Kreis (rancidez)	negativo	negativo
Reacción de Twitahell (presencia de aceite de nabo).	negativo	trazas

Reacción de Renard y Evers (presencia de aceite de cacahuete).	negativo trazas
Aceite mineral	negativo
Olor y sabor	característico del producto y exento de olores y sabores extraños o rancios.
Antioxidantes %.(principio activo)	0.02

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

NOM - F - 030 - 1985. Alimentos - Aceite Comestible de Maiz.

ANALISIS	MIN	MAX.
Acidez (como ác. oleico)%		0.050
Peso específico. 20/20°C.	0.917	0.925
Índice de refracción. 40°C	1.465	1.468
Índice de iodo.(Wijs)	103.00	128.00
Materia insaponificable. %.		1.00
Humedad y materia volátil. %.		0.05
Color(Escala Lovibond)		4.5R
	35.0A	
Índice de peróxidos. meq/Kg		2.00
Impurezas insolubles. %.		0.02
Prueba fría.0°C.(horas)	15:00	
Horas (AOM) s/antioxidante	20:00	
Prueba caliente s/olores desagradables°C.	220.00	
Índice de saponificación. mgKOH/g aceite	187.00	197.00
Punto de solidificación de los ácidos grasos °C (Titer).	14.00	20.00
Reacción de Badouin y Villavechia Fabris (presencia de aceite de ajonjolí).	negativo	trazas
Reacción de Halphen (presencia de aceite de algodón).	negativo	trazas
Reacción de Renard y Evers (presencia de aceite de cacahuate).	negativo	trazas
Reacción de Twitchell (presencia de aceite de nabo).	negativo	trazas
Aceite mineral	negativo	

Antioxidante, %(principio activo) 0.02

NOM - F - 475 - 1985. Alimentos - Aceite comestible puro de canola.

ANALISIS	MIN.	MAX.
Acidez (ácido oleico) %.		0.05
Peso específico (20°C/H ₂ O 20°C).	0.914	0.920
Índice de refracción (40°C).	1.465	1.467
Índice de iodo (Wiji)	105.00	130.00
Humedad y materia volátil. %.		0.05
Materia insaponificable. %.		1.0
Impureza insolubles		0.02
Color (escala Lovibound)		2.0R
	20.0R	
Prueba fría (0°C) (hrs)	5:50	
Índice de peróxidos meq/kg		2.0
Punto de humo (°C)	220.00	
Horas (AOM) s/antioxidante	10:00	
Prueba caliente s/olores desagradables (°C)	220.00	
Índice de saponificación mg KOH/g aceite	189.00	192.00
Punto de solidificación de ác. grasos (°C)(Titer)	11.00	15.00
Reacción de Baudouin y Villareacchia Fabris		
Presencia de aceite de ajonjolí)		trazas
Reacción de Kreis (rancidez)		negativo
Reacción Renard y Evers (presencia de aceite de cacahuete)		trazas
Aceite mineral		negativo
Reacción de Halhen (presencia de aceite de algodón)		trazas
Antioxidante % (principio activo)		0.02

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- American Oil Chemist's Society.(A.O.C.S) Official Method Cc 10a - 25.1989.
- 2.- A.O.C.S. Official Method Cd 3-25. 1989.
- 3.- A.O.C.S. Official Method Cd 3a-63. 1989.
- 4.- A.O.C.S. Official Method Cd 8-53. 1989.
- 5.- Badui S. "QUIMICA DE LOS ALIMENTOS".EDITOTIAL Alahambra. Cuarta reimpression. México.1989.
- 6.- Blenford, D. "Preventig Oxidation". Food, August. 25-27. 1987.
- 7.-Charley,H. "TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS:PROCESOS QUIMICOS Y FISICOS EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS". Editorial Limusa. Segunda reimpression. 324-333. México. 1989.
- 8.-García, D."Aspectos Generales de las grasas calentadas". Grasas y Aceites. 31(6): 417-422. 1980.
- 9.-H,Egan. R.Kirk. R,Sawyer. "ANALISIS QUIMICO DE ALIMENTOS DE PEARSON". Editorial CECSA. Tercera Impresión. 548. Mexico,D.F. 1988.
- 10.-R.Guillen. M,Guzmán. "Reactividad del Acido 2-Tiobarbitúrico (ATB) con Compuestos Carbonílicos. Su Importancia en la Rancidez Oxidativa y en el Perfil del Sabor de los Alimentos". Grasas y Aceites. 39(3):185-189. 1988.
11. Lees R. "ANALISIS DE LOS ALIMENTOS. METODOS ANALITICOS DE CONTROL DE CALIDAD". Editorial Acribia. 2a. Edición. Zaragoza, España. 1990.
- 12.-Manual De Operación del viscosímetro de Brookfield.
- 13.-C,Pérez. G,Márquez. Doborganes. "Alteración de Grasas Usadas en Fritura I." Comportamiento de Aceites de Oliva y Girasol en Freidores Domésticos. Grasas y Aceites. 38(5): 307-312. 1987.

Usadas en Fritura III. Correlación Entre Índices Analíticos y Métodos de Evaluación Directa de Compuestos de Degradación". Grasas y Aceites. 39(2): 72-76. 1988.

- 15.- Pokorn'y, J. "Natural Antioxidants for Food Use". Trends in Food Science and Tech. 223-226. 1991.
- 16.- Preservatives: Antioxidants. The Ultimate Answer to Oxidation". Food Tech. 45(9): 94-102. 1991.
- 17.- C, Walter. G, Serbia. "Safety Aspects of Frying Fats and Oils". Food Tech. 45(2): 84-89. 1991.
- 18.- Weiss, T.J. "Food Oils and Theirs Uses". The AVI Publishing Co. INC, West Port Coon. 1970.
- 19.- White, P. "Methods for Measuring Changes in Deep-FatFrying Oil". Food Tech. 45(2): 75-79. 1991.