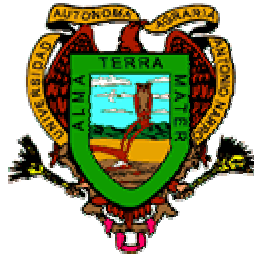


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



EVALUACIÓN QUÍMICA DEL PROCESO DEGRADATIVO DE LOS ACEITES
DE SOYA, MAÍZ Y GIRASOL EN LA INDUSTRIA DE LAS FRITURAS

por:
Nely Ignacia Avalos García

TESIS

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

EVALUACIÓN QUÍMICA DEL PROCESO DEGRADATIVO DE LOS ACEITES
DE SOYA, MAÍZ Y GIRASOL EN LA INDUSTRIA DE LAS FRITURAS.

POR:
Nely Ignacia Avalos García

TESIS

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:
Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

APROBADA

M.C. María Hernández González.
Presidente

M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Sinodal

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Caballero
Sinodal

Dra. Ma. de Lourdes Morales
Sinodal Suplente

M.C. Ramón García Castillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2003

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	iv
RESUMEN	v
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivos generales.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Lípidos.....	5
2.2 Usos de aceites en alimentos.....	5
2.3 Función nutricional del aceite.....	6
2.4 Química de los aceites y grasas.....	8
2.5 Reacciones químicas comunes en los aceites de fritura.....	13

2.5.1 Hidrólisis.....	13
2.5.2 Rancidez oxidativa.....	15
2.5.3 polimerización.....	20
2.6 Fuentes de aceites.....	21
2.6.1 Aceite de soya.....	21
2.6.2 Aceite de maíz.....	22
2.6.3 Aceite de girasol.....	23
2.6.4 Aceite de canola.....	24
2.6.5 Aceite de algodón.....	24
2.6.6 Aceite de oliva.....	25

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización.....	27
3.2 Material de laboratorio.....	27
3.3 Equipo de laboratorio.....	28
3.4 Reactivos.....	28
3.5 Materias primas.....	29
3.6 Métodos.....	31
3.6.1 Métodos para análisis de aceites.....	31
3.6.1.1 Índice de rancidez.....	31
3.6.1.2 Índice de peróxidos.....	32

3.6.1.3 Índice de yodo.....	33
3.6.1.4 Índice de acidez.....	34
3.6.1.5 Índice de saponificación.....	34
3.6.2 Métodos para la elaboración de Frituras.....	35
3.6.2.1 Fritura de maíz.....	35
3.6.2.2 Fritura de papa.....	36

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Etapa 1: Análisis químico de los aceites antes del proceso de freído.....	39
4.2 Etapa 2: Análisis químico de los aceites durante el proceso.....	40
4.2.1 Fritura de maíz.....	40
4.2.2 Fritura de papa.....	42
4.3 Etapa 3: Posibles causas del comportamiento de los aceites del proceso de fritura.....	45
4.4 Etapa 4: Determinación del aceite óptimo.....	46

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.....	47
--------------------------	-----------

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES.....	49
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	50
--------------------------	-----------

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me ayudaron a realizar este trabajo y a los que colaboraron en el mismo.

A todas ellas mil gracias.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con todo cariño, por ser las personas mas importantes en mi vida y haberme brindado todo su apoyo, además de impulsarme a seguir adelante para el bien propio y de la sociedad; a ustedes:

Mis padres: Felipe Avalos Rosas.

Margarita García González.

A mis hermanos; de quienes he recibido su apoyo, motivación, confianza, comprensión y buenos consejos:

Sandra Isabel

Edith Julissa

Lilia del Carmen

Luis Felipe

Raúl Alexandro

Israel

A Adrián

Con mucho cariño y amor por formar parte de mi y por recibir sus mejores consejos y sobretodo por estar siempre conmigo.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
No. 1.-Contenido de ácidos grasos esenciales o indispensables.	7
No. 2.- Ácidos grasos saturados	9
No. 3.- Ácidos grasos insaturados	11
No. 4.- Ácidos grasos importantes	12
No. 5.- Factores que influyen en la oxidación de lípidos	17
No. 6.- Análisis químico de los aceites antes del proceso de freído.	39
No. 7.- Análisis químico de los aceites durante el proceso de freído.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

No. 1.- Estructura del glicerol.	8
No. 2.-Representación de un triacilglicérido y su posterior hidrólisis	14
No. 3.-Oxidación de un ácido graso	15
No. 4.-Formación de compuestos responsables de olor y sabor a rancio en los productos fritos durante el periodo de propagación	19
No. 5.- Proceso de polimerización de los aceites	21

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.1.-Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de maíz.....	40
Gráfica No.2.-Análisis de rancidez de los aceites durante el proceso de fritura de maíz.....	41
Gráfica No.3.-Análisis de peróxidos de los aceites durante el proceso de fritura de maíz.....	42
Gráfica No.4.-Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de papa.....	43
Gráfica No.5.-Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de papa.....	44
Gráfica No.6.-Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de papa.....	44

RESUMEN

En la actualidad la industria de la fritura ha cobrado importancia, por lo que en este trabajo se propone un estudio de tres tipos de aceites: el de maíz, soya y girasol, los cuales pueden ser empleados en la elaboración de “snacks”, el análisis se basa en el deterioro de los mismos durante el proceso, ya que esto es la causa de enranciamiento y determinará la vida de anaquel del producto. La elección del aceite que permita prolongar el periodo de vida de dichos productos es de interés ya que esto repercutirá en las ganancias de la empresa dedicada a elaboración de frituras.

Se evaluaron químicamente los aceites antes y durante el proceso a diferentes intervalos de tiempo, en función de índices de acidez, rancidez, y peróxidos, en procesos para la obtención de frituras de maíz y papa, controlando la aireación.

Los resultados mostraron que el aceite que presenta mayor estabilidad para ambos procesos es el de soya, así como que el proceso de obtención de frituras de maíz deteriora mas rápidamente a los aceites empleados para su fabricación que el proceso de fritura de papa, esto debido a que la hojuela es menos compacta y es más susceptible a liberar residuos que se convierten en partículas carbonosas, las cuales son fuertes catalizadores para la degradación de aceites (deterioro oxidativo). En función a la humedad (deterioro hidrolítico) de las hojuelas, este factor fue menos significativo ya que aunque la humedad

de la hojuela de papa es mayor a la de la tortilla, los aceites utilizados para tratar el primer producto fueron menos dañados.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los aceites vegetales comestibles son considerados como una materia prima indispensable en la industria de la fritura, dicha materia prima tiene como finalidad la cocción, mejora de textura, coloración, aromas o simplemente resaltar los atributos del alimento para que sean más apetecibles al consumidor.

En la actualidad existe una gran variedad de aceites vegetales destinados al procesamiento de alimentos, algunos de ellos son el de soya, girasol, maíz, oliva, algodón, palma, entre otros, y los cuales presentan características que los hacen diferentes entre sí.

Algunos de los aceites tienden a degradarse rápidamente, resultando la aparición de aromas y sabores indeseables que traen como consecuencia un acortamiento en la vida de anaquel de los alimentos que en ellos se fríen.

La degradación sufrida por los aceites anteriormente citada puede deberse a tres factores principales que son: a) la captación de oxígeno, la cual se presenta en los aceites que están expuestos al aire y sometidos a altas temperaturas, esta es una de las reacciones que deteriora y afecta en forma mas importante la calidad del producto, b) la presencia de excesiva de cantidad de agua del alimento que se fríe conocido como deterioro hidrolítico

de las grasas, y c) la reacción de una grasa con ella misma a la que se le denomina proceso de polimerización o gumming.

El proceso de obtención de frituras conjunta los requerimientos para lograr la degradación de los aceites de maíz, soya y girasol. Por lo cual es de suma importancia evitar la incidencia de dichos fenómenos de degradación, así como el monitoreo continuo por métodos químicos a fin de trabajar con aceites bajo condiciones óptimas.

1.1 Justificación

La realización del presente trabajo surge por que el aceite empleado en los procesos de freído tiende a degradarse fácilmente en cortos períodos de tiempo, confiriendo a los alimentos una baja calidad en términos de vida de anaquel, sin contar los daños a la salud que el consumo de aceite degradado conlleva.

Esto a su vez se refleja en las utilidades de las empresas dedicadas a la producción de frituras, ya que al utilizar aceites que no cumplen con las características deseadas, dará como resultado productos con deficiencias, por el contrario si se utilizan materias primas de calidad, se obtendrán productos con las características deseadas, con mayor aceptación por parte de los consumidores.

Con el presente trabajo se pretende analizar químicamente el comportamiento de diversos aceites vegetales comúnmente empleados en la industria de la fritura para así seleccionar el más adecuado lo cual repercutirá en un producto con mayor vida de anaquel eficientando así una mayor rentable a la industria.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Seguir químicamente el proceso degradativo de los aceites comúnmente empleados en la industria de la fritura de maíz y papa para la selección del óptimo, permitiendo así prolongar la vida de anaquel de dichos productos.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Analizar químicamente mediante determinaciones de acidez, rancidez, índices de yodo, peróxidos y saponificación los aceites de maíz, soya y girasol antes del proceso de freído.
2. Someter las hojuelas de papa y maíz a un proceso de freído, utilizando los aceites de maíz, soya y girasol, (con el fin de analizarlos, en diferentes etapas del proceso).
3. Analizar químicamente mediante determinaciones de acidez, rancidez y peróxidos los aceites de maíz, soya y girasol utilizados durante el proceso de freído.
4. Comparar los resultados obtenidos a partir del análisis químico para cada producto y analizar las posibles causas de dicho comportamiento.

5. Determinar el aceite óptimo para el proceso de freído en función al comportamiento químico.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Lípidos

El termino “grasa” se refiere generalmente sustancias sólidas o semisólidas a temperatura ambiente normal (21.1-23.9°C), sin embargo estos términos pueden usarse indistintamente. Los “aceites” son líquidos a estas temperaturas y a otras inferiores. Son ejemplos de “aceites” los de canola, germen de maíz, semilla de algodón, soya y girasol.

Actualmente las grasas y los aceites proporcionan alrededor del 38 % de las necesidades caloríficas de la población. (Instituto shortening, 1988).

2.2 Uso de aceites en alimentos

Los aceites se usan para elaborar diferentes alimentos y a la vez sirven, como transportadores de vitaminas, ácidos grasos específicos, antioxidantes e ingredientes nutricionales liposolubles que pueden fortificar los alimentos (Becerra, 1999)

Desde tiempos antiguos el aceite se ha utilizado para la fritura la cual es una operación unitaria destinada a modificar las características organolépticas del alimento. Un objetivo secundario de la fritura es el efecto conservador obtenido por destrucción térmica de los microorganismos y enzimas presentes en el alimento y por reducción de la actividad del agua de la superficie del mismo (o en toda su masa, en los alimentos cortados en rodajas finas).

La vida útil de los alimentos sometidos a fritura depende esencialmente de su contenido de agua residual (Fellows, 1994).

2.3 Función nutricional de aceites

Los aceites son importantes en la dieta, aportan un contenido calórico de 9 Kcal. por gramo y ácidos grasos esenciales que el cuerpo requiere, pero no pueden fabricarse por si mismos. Adicionalmente son transportadores de vitaminas solubles en grasas como la vitaminas A, D y E que no son solubles en sistemas líquidos acuosos.

Los ácidos grasos esenciales requeridos por el organismo son el ácido linoleico (ácido 9,12 octadecanoico o 18:2n-6) y el ácido linolenico (ácido 6,9,12octadecatrienoico o 18:3n-6). Los aceites vegetales comunes, tales como los de algodón, canola, cartamo, girasol, maíz y soya contienen ácido linoleico y los aceites de soya y canola, también contienen ácido linolenico.

Las normas existentes hacen mención de la composición de ácidos grasos de los aceites, pero no existe en la legislación sanitaria ningún señalamiento específico en cuanto al contenido de ácidos grasos esenciales y a la proporción relativa de la ingesta de ácidos grasos omega-6(linoleico) y ácidos grasos omega-3(linolenico). En algunos países se ha recomendado una ingesta relativa de 10:1 de ácidos grasos omega-6 y ácidos grasos omega-3(Becerra,1999)

Hace unos 40 años se advirtió que la dieta mediterránea se asociaba con prevalencia menor de aterosclerosis, ello se atribuyó inicialmente a su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) por lo que el consumo de fuentes de estos (aceites vegetales como los de maíz, soya y girasol) recibió una intensa promoción. Mas tarde en la década de los

“ochenta”, a varios investigadores les llamó la atención que los esquimales, cuya dieta es alta en lípidos, sufrían poco de infarto cardiaco, estudios revelaron que esto es debido a que su dieta es alta en consumo de pescado y el aceite proveniente del mismo, que contienen elevadas cantidades de AGPI n-3, en especial AEP (ácido eicosapentanoico) y ADH (ácido docosahexanoico), de ahí comenzó a surgir el concepto de que las familias n-3 y n-6 de AGPI compiten en su metabolismo y que su aporte en la dieta debe guardar cierto equilibrio el cual, además, podía ser manipulado para buscar ciertos efectos como reducir el proceso de inflamación y de trombosis que subyacen en el desarrollo del infarto y de otros padecimientos (Bourges,2000). Las grasas deben formar parte substancial de la dieta (20-25 %) para quienes están implicados en trabajos pesados se recomienda que este porcentaje se aumente a un 30 % para evitar el exceso de volumen en la dieta.

Las grasas vegetales son bastante regulares en su composición; la mayoría llevan ácido oleico unido al carbono 2 de la glicerina y ácidos grasos saturados en los carbonos 1 y 3.

En la cuadro 1 se muestra el contenido de ácidos grasos esenciales.

Grasas vegetales	Ácido linoleico	Ácido linolenico
Aceite de maíz	39	0
Aceite de palma	11	0
Aceite de soja	59	8
Aceite de girasol	68	0

Cuadro No. 1 contenido en ácidos grasos esenciales o indispensables

composición % estimada por análisis químico de H. J Deudel.

Los ácidos grasos en los niños son componentes indispensables de la dieta, ya que se ha señalado casos de eczema que responden bien al tratamiento con ácidos grasos esenciales. A un cuando es razonable suponer que tales ácidos son también indispensables para los adultos, ello no ha sido demostrado y realmente es difícil el imaginarse una dieta suficientemente sávida cuyo contenido graso sea tan bajo que no alcance los niveles de ácidos grasos indispensables requeridos (Bender,1973).

2.4 Química de los aceites y grasas.

Los aceites y grasas son mezclas de triglicéridos. A continuación se presenta la estructura química general de ellos.

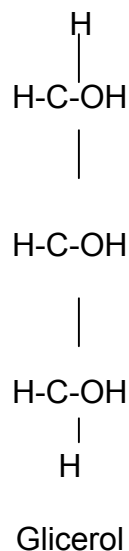


Fig.1 Estructura del glicerol.

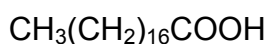
La molécula de glicerol tiene tres átomos de carbono, conjuntamente cinco átomos de hidrógeno y tres grupos de hidroxilo. Hay cuatro enlaces o uniones por cada uno de los tres átomos de carbono.

Cuando se combinan tres ácidos grasos, a cada una molécula de glicerol, se obtiene un triglicérido (Lawson, 1999).

El mayor o menor punto de fusión de la grasa viene determinado por una serie de características de estos ácidos grasos los cuales son:

- Grado de saturación
 - a). Ácidos grasos saturados

Contienen el número máximo de hidrogeniones que la cadena puede tener. Estos se encuentran principalmente en los productos de origen animal y en el aceite de palmera y de coco. A mayor saturación de la grasa, su consistencia es más sólida, la excepción es el aceite de coco. Ejemplo ácido esteárico



El cuadro 2 lista los ácidos grasos saturados.

Nombre común	Nombre de ginebra	Numero de atomos de carbono	formula
Acético	Etanoico	2	CH_3COOH
Butírico	Butanoico	4	$\text{CH}_3\text{H}_7\text{COOH}$
Caproico	Hexanoico	6	$\text{CH}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$
Caprilico	Octanoico	8	$\text{CH}_7\text{H}_{15}\text{COOH}$
Capricho	Decanoico	10	$\text{CH}_9\text{H}_{19}\text{COOH}$
Laurico	Dodecanoico	12	$\text{CH}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$
Mirístico	Tetradecanoico	14	$\text{CH}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$
Palmitico	Hexadecanoico	16	$\text{CH}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
Estearico	Octadecanoico	18	$\text{CH}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
Araquidónico	Eicosanoico	20	$\text{CH}_{19}\text{H}_{39}\text{COOH}$

Behenico	Docosanoico	22	CH ₂₁ H ₄₃ COOH
----------	-------------	----	---------------------------------------

Cuadro No.2 Ácidos grasos saturados

b).Ácidos grasos monoinsaturados(AGM)

Los mas importantes son el palmitoleico (C_{16,n-9}) y el oleico (C_{18,n-9}). Son indispensables en la dieta porque el organismo puede sintetizarlos a partir respectivamente de los ácidos palmítico y esteárico, desaturándolos en la posición n-9. Su función principal es estructural, formando parte de los fosfolipidos de la membrana celular. Se les ha atribuido efecto protector contra la aterosclerosis, particularmente al oleico, porque gracias al consumo de aceite de oliva, abundante en la dieta mediterránea, no se asocia con dicha enfermedad como lo hacen las dietas nórdicas pobres en AGMI (Aniame,1999)

c).Ácidos grasos poliinsaturados

Con dos o mas dobles enlaces en los cuales es posible adicionar mas hidrógenos. Ejemplo ácido linoleico (poliinsaturado) CH₃(CH₂)₄CH=CHCH₂CH=(CH₂)₇COOH.

Los ácidos grasos insaturados predominan sobre los saturados especialmente en las plantas superiores y en los animales que viven a temperaturas bajas (Moller,1990).

Un ácido graso con tres puntos de insaturación en su molécula reacciona muy pronto con hidrógeno u oxígeno (Lawson, 1999).

mayor numero de ácidos grasos con dobles enlaces (insaturados), menor punto de fusión en la grasa y mayor facilidad de alteración de la misma, puesto que los hidrógenos cercanos a los dobles enlaces tienen mas tendencia a reaccionar químicamente que los hidrógenos de enlaces saturados.

En el cuadro 3 se enlistan los ácidos grasos insaturados

Nombre común	Nombre de ginebra	Dobles enlaces átomos	Numero de de carbono	formula
Miristoleico	Tetradecenoico	1	14	$C_{13}H_{25}COOH$
Palmitoleico	Hexadecenoico	1	16	$C_{15}H_{29}COOH$
Oleico	Octadecenoico	1	18	$C_{17}H_{33}COOH$
Linoleico	Octadecadienoico	2	18	$C_{17}H_{33}COOH$
Linolenico	Octadecatrienoico	3	18	$C_{17}H_{29}COOH$
Araquidónico	Eicosatetraenoico	4	20	$C_{19}H_{31}COOH$
Erucico	Docosenoico	1	22	$C_{21}H_{41}COOH$

Cuadro No.3 ácidos grasos insaturados (Lawson, 1999)

- Longitud de cadena

a) Ácidos grasos de cadenas cortas o volátiles:

Tienen de uno a seis carbonos, la mayor parte de ellos como acetato, propionato y butirato. Formados primariamente en el tracto gastrointestinal de los mamíferos por la fermentación bacteriana de carbohidratos no digeribles. Se encuentran en cantidad limitada en la dieta. Entre sus diversas propiedades proveen de energía al organismo y son rápidamente absorbidos por la mucosa intestinal. El incremento luminal de los ácidos grasos de cadena corta, inhibe el trofismo yeyunal.

b) Ácidos grasos de cadena mediana:

Tienen entre 8 y 12 carbono, se absorben mas fácilmente que los de cadena larga, no se encuentran disponibles en los alimentos, se hallan principalmente en las grasas sintéticas.

c) Ácidos grasos de cadena larga:

Contienen mas de 14 átomos de carbono y son las grasas naturales que contienen principalmente el ácido esteárico, palmitico, araquidico, behenico, palmitoléico, linolenico, gadoleico, araquidonico y erucico (García, 1990) a mayor numero de ácidos grasos de cadena corta, menor punto de fusión de grasa. La tabla numero 4 muestra los ácidos grasos mas importantes.

La tabla numero 4 muestra los ácidos grasos mas importantes.	Átomos de carbono	Dobles enlaces	Punto de fusión		Aceites y grasas naturales en los que están mayoritariamente presentes
			°F	°C	
Butírico	4	0	18	-8	Mantequilla
Laurico	12	0	111	44	Aceite de coco
Mirístico	14	0	129	54	Aceite de coco, aceite de palma.
Palmitico	16	0	145	63	Aceite de palma y grasas animales
Esteárico	18	0	157	69	Sebo, manteca de cacao
Oleico	18	1	58	14	Oliva, cacahuate, maíz, semilla de colza y canola.
Linolenico	18	3	12	-11	Soja, canola
Linoleico	18	2	23	-5	Soya, cartamo, girasol, maíz y semilla de algodón
Gadoleico	20	1	-	-	Algunos aceites de pescado
Araquidonico	20	4	- 40	-40	Manteca de cerdo
Behenico	22	0	176	80	Cacahuate, semilla de colza

Cuadro No.4 ácidos grasos importantes (Lawson,1999)

2.5 Reacciones químicas comunes en los aceites de fritura.

Todos los procesos químicos y enzimáticos se aceleran al aumentar la temperatura. Se acepta que, dentro de unos límites, la velocidad de las reacciones se dobla al aumentar 10 °C la temperatura. Por este motivo es fácil comprender que una grasa calentada tiende a degradarse bastante rápidamente, en especial si en ella hay sustancias o residuos que actúan como catalizadores o potenciadores de la reacción.

Las principales reacciones químicas que se observan en los aceites calentados son:

2.5.1 Hidrólisis.

La rancidez hidrolítica o lipólisis se debe a la acción de las lipasas sobre los enlaces éster de los triglicéridos de las grasas, y es muy notable en alimentos que contengan altas concentraciones de ácidos volátiles de cadena corta (C₄-C₁₂). Los ácidos grasos libres, que van desde el butírico hasta el laurico, contribuyen al desarrollo de olores y sabores rancios de las grasas (Badui, 1988).

La hidrólisis es la reacción del agua con una sustancia, como las grasas. Esto se traduce en la separación de algunos de los ácidos grasos a partir del aceite o de la grasa, dando lugar a ácidos grasos libres. Se producen algunos monoglicéridos y diglicéridos, pero en las operaciones de fritura esto no es significativo.

Las pequeñas cantidades producidas se destilan a partir de la grasa caliente de fritura. Además en algunas situaciones esta hidrólisis parcial que da lugar a monoglicéridos y diglicéridos en ocasiones se lleva a cabo completamente, generando glicerol y cadenas de ácidos grasos libres.

La figura 2 muestra la representación de un triacilglicérido y su posterior hidrólisis

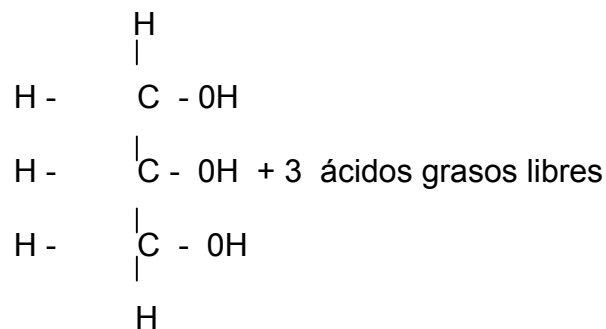
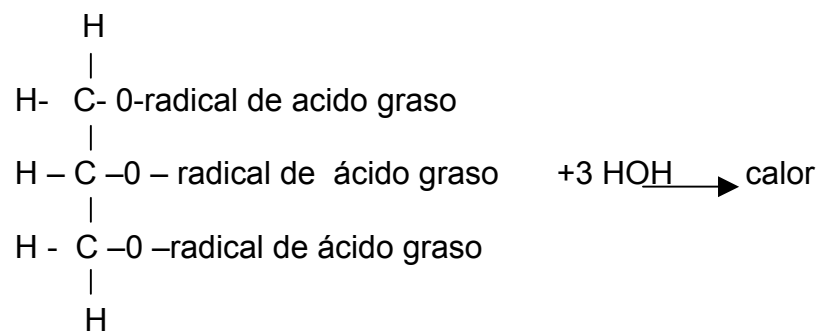


Figura No. 2 Representación de un triacilglicérido y su posterior hidrólisis

La hidrólisis es una reacción que tiene lugar en la unión entre los ácidos grasos y el glicerol. La hidrólisis resulta acelerada por altas temperaturas, presiones y una excesiva cantidad de agua.

Esta reacción es especialmente importante en la preparación de alimentos fritos en profundidad, donde la grasa de fritura puede estar a una temperatura de 176.6 °C y el alimento que se fríe tiene un alto contenido de agua. Un buen ejemplo de esta situaciones es el proceso de elaboración de papas fritas.

Las papas frescas tienen contenido en agua elevado, superior al 80 % de su peso antes del cocinado, y durante la fritura pueden generarse ácidos grasos libres a una velocidad bastante rápida (Lawson, 1999).

2.5.2 Rancidez oxidativa

Las reacciones de oxidación de lípidos tienen diversos orígenes; el principal es la acción directa del oxígeno sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados. Otro mecanismo es la acción enzimática de la lipoxigenasa y de la alcohol – dehidrogenasa (Badui, 1988).

Esta reacción tiene lugar en los dobles enlaces o puntos de insaturación.

La fig. 3 muestra el mecanismo de oxidación de un ácido graso.



Figura 3. Oxidación de un ácido graso.

Es la reacción de un aceite o grasa con el oxígeno del aire, y según el alimento es indeseable ya que la reacción afectara negativamente al sabor de la grasa y del alimento en el cual se usa esto. De hecho, se guarda un cuidado considerable durante la fabricación, almacenamiento y utilización para detener esta reacción una vez iniciada, o hacerla mas lenta tanto como sea posible.

Los productos que contienen una proporción mas elevada de ácidos grasos insaturados son más propensos a la oxidación que los que contienen cantidades mas bajas.

La velocidad de oxidación crece con un incremento en la temperatura, con la exposición al oxígeno del aire, presencia de la luz y contacto con materiales que son considerados como pro-oxidantes. Un ejemplo excelente de pro-oxidante es el cobre metálico. Por lo tanto, se tendrá cuidado en eliminar el cobre, latón, bronce u otras aleaciones que contengan cobre de los sistemas de procesados de aceites y grasas y de sus envases. En la fritura en profundidad donde la temperatura del aceite es elevada, es importante desde el principio proteger a la grasa del contacto con el cobre, especialmente en la superficie, donde el aceite este también en contacto con el oxígeno del aire.

Los aceites y grasas naturales de origen vegetal contienen pequeñas cantidades de sustancias capaces de inhibir la oxidación en cierto grado. El alfa tocoferol es el antioxidante natural mas importante y su distribución es casi universal.

Los antioxidantes hidroxianisol butilado (BHA) y la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) son antioxidantes de bajas temperaturas que no proporcionan

protección a las grasas y aceites a temperaturas de fritura debido a su tendencia a eliminarse por destilación.

En la freidora tiene lugar otra reacción relacionada con la oxidación, el oscurecimiento del color de la grasa, elementos traza procedentes del alimento pueden reaccionar con una proporción de la grasa de fritura causando el oscurecimiento de la misma. Este puede tener un efecto adverso sobre el color y apariencia del alimento frito.

En investigaciones científicas, la medida del grado de oxidación se efectúa habitualmente mediante determinaciones de la cantidad de oxígeno absorbido o de los cambios del índice de peróxido en función al tiempo (Lawson, 1999)

El cuadro numero 5 muestra los factores que influyen en la oxidación de lípidos

Acelerado por	Inhibido por
Peróxidos de otras grasas rancias	Escaldado
Enzima lipoxidasa	Antioxidantes
Luz UV y azul	Envases opacos
Alta temperatura	Refrigeración
Matales (cobre, hierro, etc.)	Secuestrantes de iones metálicos
Radiaciones ionizantes	Exclusión de oxígeno
Catalizadores orgánicos de hierro (hemoglobina, etc.)	Secuestrantes de iones metálicos

Cuadro No. 5 Factores que influyen en la oxidación de lípidos (Badui, 1988)

La rancidez oxidativa es la más frecuente de los procesos de fritura, caracterizado por la oxidación de los ácidos grasos en presencia del oxígeno del aire, dando lugar a compuestos intermedios inestables denominados hidroperóxidos o peróxidos que dan lugar a la formación de unos radicales libres (Sonntag, 1982).

Este proceso se ve favorecido y potenciado por la incidencia de luz, que actúa como catalizador y por la presencia de sustancias fotosensibles, como la riboflavina y la eritrosina, en el medio (Halmilton, 1989). Los ácidos grasos insaturados son más sensibles a la oxidación que los saturados.

Las grasas que han sufrido un proceso de oxidación tienden a oscurecerse, aumentar la viscosidad, incrementar la formación de espuma y desarrollar sabores y olores anómalos.

Al tratarse de una reacción en cadena, es fácil comprender que la práctica común de desechar el 50 % de un aceite de fritura en punto en que se ha degradado notablemente y sustituirlo por aceite nuevo con el fin de alargar la vida del primero, no solo no es benéfico sino que acelera la alteración del aceite nuevo incorporado, (HALMILTON 1989).

Este proceso se lleva a cabo en tres fases:

a) Fase de iniciación o inducción.

b) Fase de propagación

c) Fase de terminación

a) Fase de iniciación:

Durante la fase de la oxidación, los cambios son relativamente pequeños y ocurren a una velocidad más o menos uniforme. Esta fase se denomina periodo de inducción. Después de haber tenido lugar un cierto grado de oxidación esta reacción alcanza una segunda fase en la cual la oxidación puede tener lugar a una velocidad mas rápida, mientras que las grasas y aceites desarrollan olores y sabores rancios.

Se debe señalar que la medida del índice de peróxidos tiene un valor muy limitado en la determinación del estado de una grasa de fritura. A las temperaturas de fritura (alrededor de 176° C), estos peróxidos son totalmente volátiles y se eliminan continuamente por destilación.

b) Fase de propagación:

La figura 4 muestra la fase de propagación de oxidación.

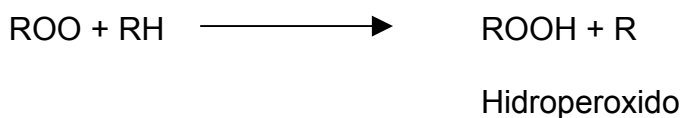
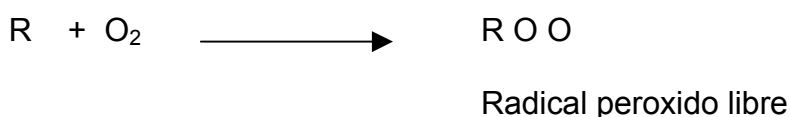


Figura 4 Formación de compuestos responsables del olor y sabor a rancio en los productos fritos durante el periodo de propagación.

La descomposición de los hidroperóxidos dan lugar a la formación de una amplia variedad de aldehídos, peptonas o hidrocarburos. Estos compuestos son responsables de los olores y sabores rancios.

c) Fase de terminación:

Tiene lugar si los radicales libres son desactivados o destruidos. Los antioxidantes de aceites y grasas como los tocoferoles pueden reaccionar con los radicales iniciadores y propagadores para dar productos inocuos (Lawson, 1999)

2.5.4 Polimerización

Es la reacción de una grasa con ella misma, por la cual se combinan moléculas relativamente pequeñas de aceite o grasa para formar moléculas más grandes. La polimerización puede tener lugar en los puntos de insaturación de las cadenas de los ácidos grasos (precedida por oxidación) o en la unión del ácido graso y la molécula de glicerol (Lawson, 1999).

Los radicales libres tienden a combinarse entre ellos o con otros ácidos grasos y forman compuestos lineales, más o menos largos y ramificados, o compuestos cíclicos, especialmente en caso de que existan dobles enlaces. Estos polímeros, al ser de mayor tamaño y peso molecular, tienden a aumentar la viscosidad del aceite lo que por un lado favorece la formación de espuma y, por lo tanto la oxidación, y por otro producen un arrastre mayor de aceite por parte del producto frito debido a que gotea con más dificultad. Los polímeros

forman en la superficie del aceite y en los laterales de la freidora una capa muy adherente y difícil de eliminar de consistencia plástica (Sonntag, 1985).

Desde el punto de vista nutricional parece ser que los polímeros de alto peso molecular son indigeribles, por lo que tienen poca importancia respecto a la nutrición y salud; pero los compuestos más cortos, monómeros y dímeros, son absorbidos por la pared intestinal, repercutiendo en la salud del consumidor, (Hageman, 1990) Muchas de estas sustancias están reconocidas como tóxicas o potencialmente cancerígenas, (Zhang, 1990) como el caso del benzopireno producido por ciclación del colesterol.

La figura 5 muestra el proceso de polimerización de los aceites

Reacción de polimerización:

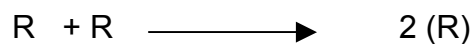


Figura 5 Proceso de polimerización de los aceites. (Lawson, 1999)

2.6 Fuentes de aceites

2.6.1 Aceite de soya.

Según la legislación española se considera aceite de soya aquel que es procedente de las semillas de soya "Glycine soja, sieb et zucc" (soja hispida, unch, Dolichos Soja, L.), que haya sido sometida a una refinación completa y que reúne además las siguientes características generales:

Calentado a 130°C durante 15 minutos, conservara su sabor agradable.

Ha pasado de ser un aceite sin importancia antes de la segunda Guerra Mundial hasta convertirse en el aceite vegetal mas importante producido en los Estados Unidos (Gupta,1993). Representa arriba del 65 % del aceite vegetal usado en el mundo.

Los usos mas importantes son en la elaboración de fritura, aceite para cocina y ensaladas, entre otros.

La soya crece fácilmente en una amplia variedad de suelos y condiciones climáticas (Lawson, 1999)

2.6.2 Aceite de maíz (Zea mays L.)

La mayor parte del aceite de maíz producido es un subproducto de la obtención del almidón de maíz.

Una de las principales atracciones es su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados (alrededor del 55 %)(Lawson,1999).

El aceite de maíz posee un excelente sabor, es una fuente concentrada de energía y ácidos grasos esenciales, posee vitamina E y al tener un alto porcentaje de ácidos grasos polinsaturados contribuye a controlar los niveles de colesterol en sangre y a disminuir la presión arterial (Badui, 1997).

El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11 por ciento y el 2 por ciento, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24 por ciento. Sólo se han encontrado cantidades reducidísimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz

es relativamente estable, por contener únicamente pequeñas cantidades de ácido linolénico (0,7 por ciento) y niveles elevados de antioxidantes naturales. El aceite de maíz goza de gran reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácidos oleicos y linoleico. A ese respecto, quienes consumen maíz desgerminado obtienen menos aceite y ácidos grasos que quienes consumen el grano entero.(FAO,1993).

Todos los tipos de maíz que se producen en México tienen composición bioquímica similar, de grasas o lípidos contiene aproximadamente 4 % independientemente de la clase o variedad (REYES, 1980).

2.6.3 Aceite de girasol (*Helianthus annus L.*)

Es una planta de cultivo relativamente sencilla, pero el aceite resultante tiene propiedades diferentes dependiendo de las condiciones climáticas.

Su sabor tiene una buena estabilidad contiene alrededor del 90% de ácidos grasos insaturados. Esto es debido al hecho de que el aceite de girasol contiene menores cantidades de ácido linoleico (55-60 %) frente a 75-80 %) y alrededor del doble de ácido oleico (aproximadamente 30 % frente a un 15 %)(Lawson,1999).

El aceite de girasol tiene un elevado porcentaje de ácidos grasos insaturados, que incluyen un 55-60 % de polinsaturados como linoleico y alrededor de un 30 % de monoinsaturados como el ácido oleico.

La semilla de girasol contiene 20 % y mas de aceite de excelente calidad para la alimentación humana pues está entre los mejores de origen vegetal, desde el punto de vista de la asimilación por el organismo y su valor nutritivo (SEP, 1999).

El aceite de girasol constituye el principal producto del girasol. Representa, en términos económicos, un 80 % del valor de las semillas. El aceite de girasol es considerado, dietéticamente entre los mejores aceites vegetales por su valor calórico (Alba y Llanos, 1990).

2.6.4 Aceite de canola (*Brassica napus*)

Se denomina canola al aceite obtenido a partir de una variedad relativamente nueva de colza. Proviene del mismo tipo de planta que el aceite de colza, como se comporta mejor en los climas mas fríos, ha sido el aceite mas importante en países como Canadá, Rusia y Finlandia(Lawson, 1999). Otro factor limitante del aceite de colza original, ha sido el elevado contenido de ácido erucico, variando del 22 al 45 % (Datsun, 1999). Algunas investigaciones mostraban que cuando se alimentaban animales de experimentación con cantidades sustanciales de este ácido, causaba algunos cambios desfavorables en el tejido cardiaco de algunos de estos animales (Lawson, 1999).

El aceite de canola se utiliza en la fabricación de aceite de mesa y cocina, y en la industria de alimentos preparados.

Cuando el aceite se purifica, no tiene ningún olor. La semilla de colza contiene aproximadamente 48.5 % de aceite (SEP, 1999).

2.6.5 Semilla de algodón (*Gossypium hitsatum* L.)

El aceite de semilla de algodón bruto tiene un sabor y olor fuerte y un color oscuro marrón-rojizo. Se procesa para obtener un sabor mas suave y un color relativamente claro (Swern, 1979). Sin embargo, el aceite de semilla de algodón no puede ser procesado hasta obtener un color tan claro como el del aceite de soya sin destruir gran parte de su carácter antioxidante natural.

El aceite de semilla de algodón se utiliza en la preparación de algunos shortenings (habitualmente una proporción muy minoritaria)(Lawson,1999).

El 20 % de la producción total de este aceite se origina de la semilla de algodón (Robles, 1985).

2.6.6 Aceite de oliva (*Olea europea*)

El aceite de oliva es muy importante en el cocinado.

El aceite de oliva virgen es un aceite que no ha sido desodorizado para eliminar los elementos naturales del aroma del aceite de oliva, los cuales son considerados deseables por los que usan este aceite.

El aceite de oliva contiene alrededor del 71 % de ácido oleico (octadecanoico monoinsaturado) y, así, fundamentalmente su reivindicación en los aspectos de la salud y la nutrición.

El aceite de oliva está compuesto por glicéridos de ácidos grasos que consisten en la unión de glicerina y ácidos grasos. Son las auténticas moléculas combustibles, consideradas como depósitos de energía

altamente concentrada, ya que suministran hasta el 40% de las necesidades totales de energía en una dieta normal.

El aceite de oliva, a diferencia de las grasas animales, está constituido sobre todo por ácidos grasos insaturados. En la composición del aceite de oliva están presentes los tres tipos de ácidos grasos:

- Saturados (palmítico)
- Monoinsaturados (oleico)
- Poliinsaturados (linoleico y linolénico)

Si comparamos el aceite de oliva con otras grasas vegetales, tiene un mayor porcentaje de ácido oleico, monoinsaturado, (muy beneficioso para la salud) y menor porcentaje de ácidos poliinsaturados que se deben ingerir en la proporción justa para que sean benéficos y esta proporción la tiene el aceite de oliva.

La producción mundial es de aproximadamente 7 millones de toneladas métricas de aceituna. Italia y España producen más de la mitad de esa cantidad. El resto la producen Francia, Portugal, Grecia, China y Estados Unidos. El olivo también se cultiva, en menor escala en otras regiones subtropicales calidas, generalmente en zonas áridas con suelos bien drenados (SEP, 1999)

El rendimiento de aceituna de oliva varia considerablemente de acuerdo a la variedad, condiciones climáticas y practicas agro técnicas, siendo el promedio de 200 kg de aceite por tonelada de aceituna (Desrosier, 1997)

Durante la maduración de la fruta el tamaño de las gotas de aceite dentro de la aceituna aumentan, elevando la extractibilidad del aceite desde 20 % a principios del otoño hasta como el 90 % en la fruta madura a mediados del invierno (SEP, 1999).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El presente trabajo se realizó en dos áreas, la primera parte consistente en la producción de la fritura se llevó a cabo en la empresa Alimentos Industrializados San Fernando S.A. de C.V. ubicada en Acuña 1004, Saltillo, Coah, La segunda parte consistente en la evaluación química de los aceites obtenidos del proceso de elaboración de las frituras se realizó en las instalaciones del laboratorio de Nutrición y Alimentos, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 8 km. al sur de la ciudad de Saltillo, presentando una latitud Norte de 25 ° 23', a una longitud Oeste de 101° 02' y una altura de 1743 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Material de laboratorio

Para la realización de la presente investigación se utilizó el siguiente material de laboratorio:

- Probetas de 50 y 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 200 ml. Con tapón
- Vasos de precipitado de 50 y 250 ml.
- Vasos verzelius
- Pipetas de 1 ml.
- Pesetas

- Matraz bola de 250 ml.
- Matraces de aforación de 250 ml.
- Bureta con capacidad de 25 ml.
- Termómetro de 400 °C
- Papel aluminio.

3.3 Equipo de laboratorio

- Balanza Analítica
- Balanza granataria marca Sauter
- Aparato de Reflujo.
- Estufa de gas
- Freidora marca Taurus.
- Pela papas de acero inoxidable.
- Rebanadora de papas.

3.4 Reactivos

- Yoduro de potasio pulverizado, 5 %
- Acido acetico glacial
- Cloroformo
- Algodon.
- Agua
- Tiosulfato de sodio 0.002M.
- Almidon.
- Alcohol

- Eter
- Sol. Alcohólica de hidróxido de potasio 0.5 N.
- Fenolftaleína 1 %
- Hidróxido de potasio
- Ácido clorhídrico
- Eter dietílico
- Hidróxido de sodio 0.1 M.
- Tetracloruro de carbono
- Solución de Wigs
- Tiosulfato 0.1 M.

3.5 Materias primas

-Las papas que se utilizaron fueron variedad alfa de la región de Navidad, Coah, compradas en la ciudad de Saltillo; la cantidad utilizada durante la investigación fue de 30 Kg.

-El maíz que se utilizó fue el amarillo criollo de la región de Saltillo, Coah., ya que es más conveniente que el blanco porque da una mejor presentación del producto final, sin necesidad de colorantes artificiales

-El aceite utilizado fue de marcas comerciales:

Aceite puro de girasol “cristal”.

Contenido nutrimental:

Tamaño por porción 14 g

Grasa total 14 g

Del cual:

Grasa saturada 1.5g

Grasa poliinsaturada 9g

Grasa monoinsaturada 4 g

Aceite puro de maíz “la gloria”.

Ingredientes: Aceite comestible puro de maíz y 0.02 % máx. de butil hidroxitolueno como antioxidante.

Contenido nutrimental:

Cantidad por porción 14 g

Grasa (lípidos) 14 g

Del cual:

Grasa saturada 2 g

Grasa poliinsaturada 8 g

Total omega-6 7.93 g

Grasa monoinsaturada 4 g

Omega-3 0.15 g

Aceite comestible puro de soya “Oltus”

Ingredientes: aceite vegetal de soya y 0.01 % de antioxidante (TBHQ)

Contenido nutrimental:

Cantidad por porción 13.4 ml

Grasa total 14 g

Del cual:

Poliinsaturada 8.5 g

Monoinsaturada 3.4 g

Saturada 2.1 g

3.6 Métodos

3.6.1 Métodos para análisis de aceites

3.6.1.1 Índice de rancidez

Procedimiento.-

Mezclar 25 ml. de éter dietílico con 25 ml de alcohol y 1 ml de sol. de fenoftaleina (1 %) y neutralizar cuidadosamente con hidróxido de sodio 0.1 M. agitando constantemente hasta que el color rosa persista durante 15 segundos preferente la titulación no debe necesitar mas de 10 ml de otra forma se pueden separar las dos fases.

Cálculos:

$$\text{I.R} = \frac{\text{Titulación (ml)} * 5.61}{\text{Peso de la muestra.}}$$

3.6.1.2 índice de peróxidos

Procedimiento:

La prueba debe efectuarse preferentemente a la luz del día difusa.

Pesar un gramo(o menos) del aceite o de la grasa en un tubo de ebullición limpio y seco y mientras permanece líquida, adicionar un gramo de yoduro de potasio pulverizado y 20 ml de la mezcla disolvente (2 vol. de ácido acético glacial + un vol. de cloroformo). Colocar el tubo en baño maría de modo que el líquido hierva 30 segundos y dejarlo hervir vigorosamente por no mas de 30 segundos. Verterlo rápidamente en un matraz que contiene 20 ml de solución de yoduro de potasio (5 %), lavar el tubo 2 veces con 25 ml de agua y titular con solución de tiosulfato de sodio 0.002M usando almidón. Al mismo tiempo se debe correr una prueba en blanco. El índice de peróxidos se da con frecuencia como el número de ml de tiosulfato de sodio 0.002 N (M) por 1 gramo de muestra.

3.6.1.3 índice de yodo

Procedimiento:

Pesar un gramo de la muestra, en un matraz erlenmeyer de 250 ml de capacidad **con** tapón. Adicionar 10 ml de tetracloruro de carbono al aceite o a la grasa fundida y disolver.

Adicionar 20 ml de la solución de Wigs, colocar el tapón (previamente humedecido con la solución de yoduro de potasio) y dejar reposar en la oscuridad durante 30 min. Adicionar 15 ml de solución de yoduro de potasio (10 % y 100 ml de agua, mezclar y titular con solución 0.1 M de tiosulfato, usando almidón como indicador justo antes del punto final (titulacion = a ml).

Llevar a efecto una prueba en blanco al mismo tiempo con 10 ml de tetracloruro de carbono (titulacion = b ml)

$$IY = \frac{(b-a) * 1.269}{\text{Peso (gr) de muestra.}}$$

Peso (gr) de muestra.

Si a (b-a) es mayor que b/2 la prueba se debe repetir usando una cantidad menor de muestra.

3.6.1.4 Índice de Acidez:

Procedimiento:

Disolver 10 gramos de muestra seca en 150 ml de la mezcla de alcohol – éter. Agitar y titular con la solución alcohólica de hidróxido de potasio 0.5 N usando fenoftaleina 1 % como indicador.

Cálculos:

$$IA = \frac{n * 56.108}{m}$$

n = ml gastados en la titulación

m = peso de la muestra

3.6.1.5 índice de saponificación.

Procedimiento:

Pesar de uno a dos gramos de muestra y pasarla a un matraz de bola de 250 ml añadir, 25 ml de la solución de hidróxido de potasio medidas con bureta y poner a reflujo de 30 a 60 min. Con agitación ocasional. Titular en caliente con la solución de ácido clorhídrico y fenoftaleina como indicador. Simultáneamente correr un blanco o testigo.

Cálculos:

$$IS = \frac{(C1-C2) 28.05}{M}$$

C1= ml de ácido clorhídrico 0.5 N empleados en la titulación del probl.

M = masa en gramos de la muestra.

3.6.2 Métodos para elaboración de frituras

3.6.2.1. Frituras de maíz

- Cocción del maíz

Para esta operación se utilizo el maíz, cal y agua para en conjunto someterlos a cocimiento a una temperatura de 90 °C.

-Tiempo de reposo

El tiempo de reposo al que se sometió el nixtamal fue de 12 horas.

- Molienda

La molienda del nixtamal se llevo a cabo en un molino de piedras a una separación de 0.015 pulgadas.

-Tortillado

Se realizo con una tortilladora manual. Se obtuvieron hojuelas de 0.047 pulgadas de grosor.

-Precocido

El precocido se llevo a cabo en un horno de 200 °C por un tiempo de 7 segundos. La humedad de las hojuelas obtenidas fue de 34 %.

-Freído

Se realizo en una freidora marca "Taurus" con capacidad de 2 litros de aceite. Y una temperatura de hasta 180°C.

Se tomaron muestras de cada uno de los aceites obtenidos durante el proceso de freído de tres horas, con intervalos de tiempo de cada media hora, para posteriormente analizarlos químicamente, empleando las técnicas anteriormente citadas.

6.2.1 Fritura de papa.

-Selección

Se seleccionaron las papas que no estuvieran golpeadas, podridas, verdes, con hijos, con hongos, es decir las de mejor calidad. Con tamaños de 6 cm.

-Lavado

Se realizo por inmersión y aspersion.

-Pelado

El pelado se realizo manualmente con un pelapapas casero.

-Rebanado

Se llevo a cabo en forma manual, obteniendo hojuelas con un grosor de 1.5 mm.

-Espreado

Las hojuelas obtenidas se sometieron a un espreado a presión con agua hasta eliminar el exceso de almidón.

-Ecurrido

Este se llevo a cabo en mallas.

-Freído

Se realizo en una freidora marca "Taurus" con capacidad de 2 litros de aceite. Y una temperatura de hasta 180 °C

Se tomaron muestras de cada uno de los aceites obtenidos durante el proceso de freído de tres horas, tomando muestras cada media hora,

para posteriormente analizarlos químicamente, empleando las técnicas citadas anteriormente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

El presente trabajo se realizó en 4 etapas

4.1 Etapa 1 Análisis químico de los aceites antes del proceso de freído

Índices	Aceite de maíz	Aceite de soya	Aceite de girasol
Saponificación	68.40	61.10	70.00
Yodo	28.70	28.50	30.10
Acidez	0.20	0.10	0.21
Rancidez	2.10	1.50	1.80
Peróxidos	0.18	0.10	0.30

Cuadro No. 6 Análisis químico de los aceites antes del proceso de freído.

Los datos del cuadro 6 muestran que el aceite de soya empleado en el presente trabajo, posee índices de acidez aptos, ya que no supera a los establecidos por las “Normas y Asistencia Técnica Industrial” (1962) que mencionan que un aceite vegetal refinado debe presentar un índice de acidez de entre 0.05% y 0.15% como máximo, y los de maíz y girasol pueden ser aceptables, ya que se encuentran ligeramente por arriba de dicha especificación, lo que puede mostrar manejo inadecuado del producto durante su almacenamiento, posterior al proceso de refinamiento.

En cuanto al índice de peróxidos, saponificación y yodo los tres aceites se encuentran dentro del rango establecido por las Normas y Asistencias Técnicas Industriales (1962).

4.2 Etapa 2 Análisis químico de los aceites durante el proceso

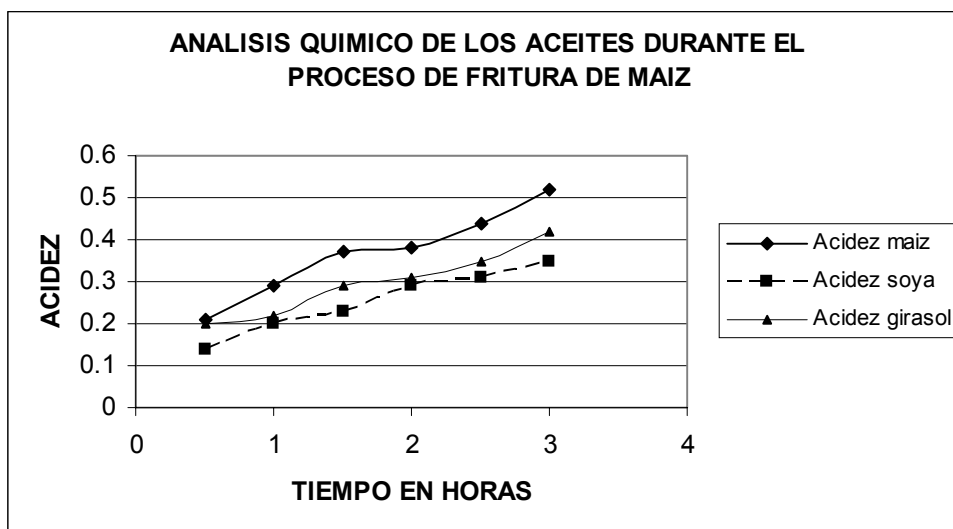
4.2.1 Fritura de maíz

Los aceites fueron sometidos a evaluación de su comportamiento mediante las técnicas de determinación de índices de acidez, rancidez y peróxidos durante el proceso para la obtención de frituras de maíz a temperatura de 180°C y con una humedad de la tortilla introducida del 34%, una carga de 30 hojuelas por freído y aireación controlada.

Los resultados del proceso se presentan en el cuadro # 7:

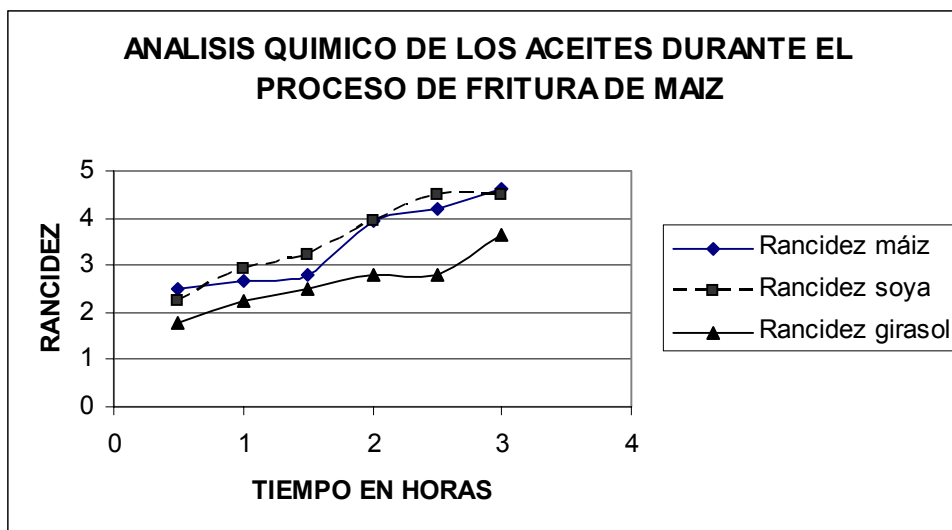
Tiem por Hrs.	<u>Aceite de Maíz</u>			<u>Aceite de soya</u>			<u>Aceite de girasol</u>		
	Acidez	Rancidez	Peróxidos	Acidez	Rancidez	Peróxidos	Acidez	Rancidez	peróxidos
0.5	0.21	2.52	0.20	0.14	2.24	0.23	0.20	1.78	0.35
1.0	0.29	2.66	0.28	0.20	2.94	0.35	0.22	2.24	0.36
1.5	0.37	2.80	0.41	0.23	3.22	0.43	0.29	2.52	0.66
2.0	0.38	3.92	0.63	0.29	3.92	0.76	0.31	2.80	1.08
2.5	0.44	4.20	1.01	0.31	4.48	0.83	0.35	2.80	1.30
3.0	0.52	4.62	1.21	0.35	4.48	0.90	0.42	3.64	1.51

Cuadro No. 7 Análisis químico de los aceites durante el proceso de freído papa.



Grafica No. 1 Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de maíz.

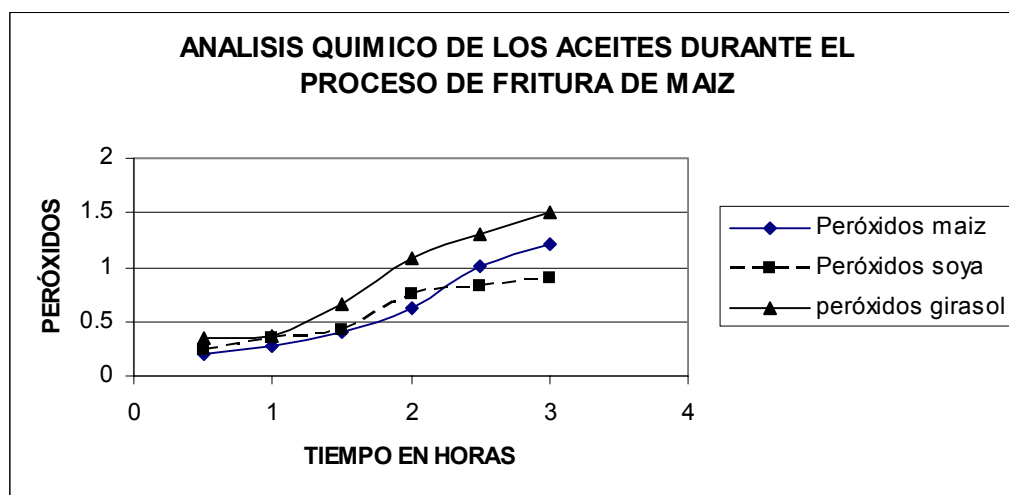
Tanto en el cuadro 7 como en la grafica numero 1 se puede observar claramente que el aceite de soya es el que presenta un menor índice de acidez, tanto al inicio del proceso así como en el deterioro sufrido durante el proceso degradativo, a diferencia del aceite de maíz, el cual es más elevado, al inicio y presenta incrementos más significativos durante el proceso, en cuanto al aceite de girasol se aprecia un comportamiento intermedio.



Grafica No.2 Análisis de Rancidez de los aceites durante el proceso de fritura de maíz.

De el cuadro 7 y la grafica 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico de los aceites durante el proceso de fritura de maíz, en la cual se observa que los aceites de maíz y soya presentan un

comportamiento similar, a diferencia del aceite de girasol que cuyo índice de rancidez es mas bajo.



Grafica No. 3 Análisis de peróxidos de los aceites durante el proceso de fritura de maíz

En cuadro 7 y la grafica 3 es posible apreciar el que el índice de formación de peróxidos en los primeros 90 minutos presenta un comportamiento similar para los 3 tipos de aceites analizados, posteriormente se existe un marcado incremento en los aceites de girasol y maíz, siendo el aceite de soya el que tiene una mayor estabilidad en función a este proceso.

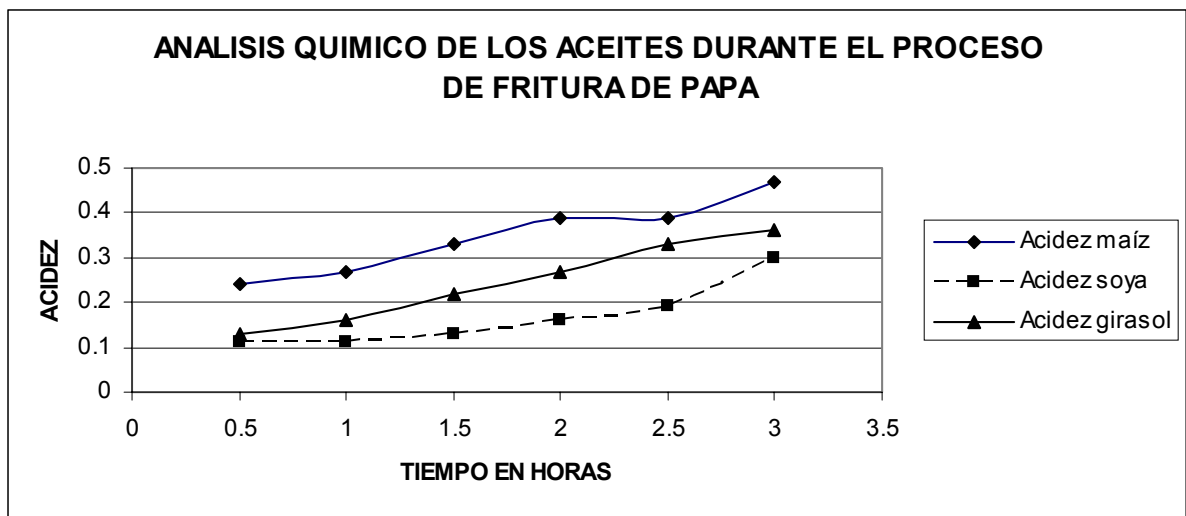
4.2.2 Fritura de papa

Los aceites fueron sometidos a evaluación de su comportamiento mediante las técnicas de determinación de índices de acidez, rancidez y peróxidos durante el proceso para la obtención de frituras de papa a temperatura de 180°C. y con una humedad de hojuela introducida del 52 %, una carga de 40 hojuelas por freído y aireación controlada.

Los resultados de la cinética se presentan en el cuadro # 8

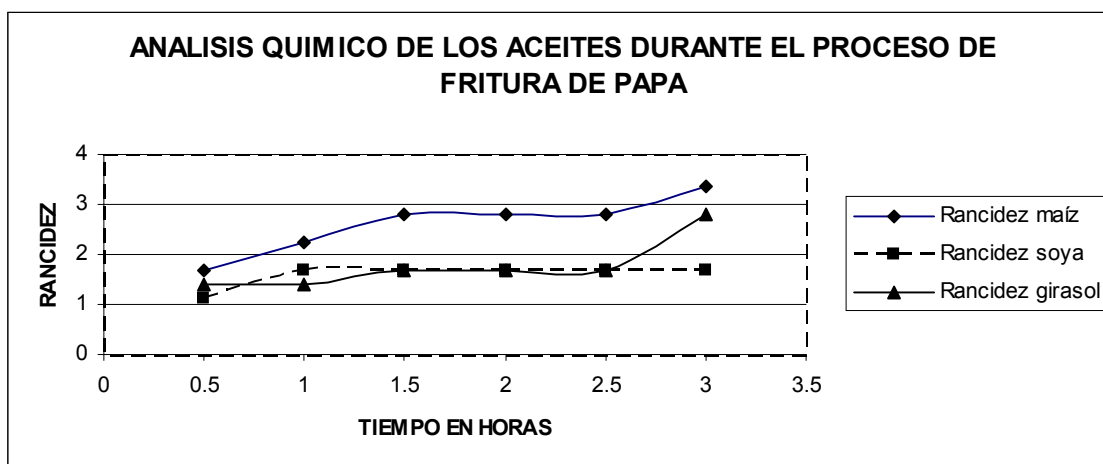
Tiem po Hrs.	<u>Aceite de Maíz</u>			<u>Aceite de soya</u>			<u>Aceite de girasol</u>		
	Acidez	Rancidez	Peróxidos	Acidez	Rancidez	Peróxidos	Acidez	Rancidez	peróxidos
0.5	0.24	1.68	0.10	0.11	1.12	0.10	0.13	1.40	0.12
1.0	0.27	2.24	0.12	0.11	1.68	0.17	0.16	1.40	0.20
1.5	0.33	2.80	0.15	0.13	1.68	0.35	0.22	1.68	0.23
2.0	0.39	2.80	0.42	0.16	1.68	0.37	0.27	1.68	0.40
2.5	0.39	2.80	0.60	0.19	1.68	0.47	0.33	1.68	0.52
3.0	0.47	3.36	0.82	0.30	1.68	0.65	0.36	2.80	0.77

Cuadro 8.- Análisis químico de los aceites en durante el proceso de frituras de papa.



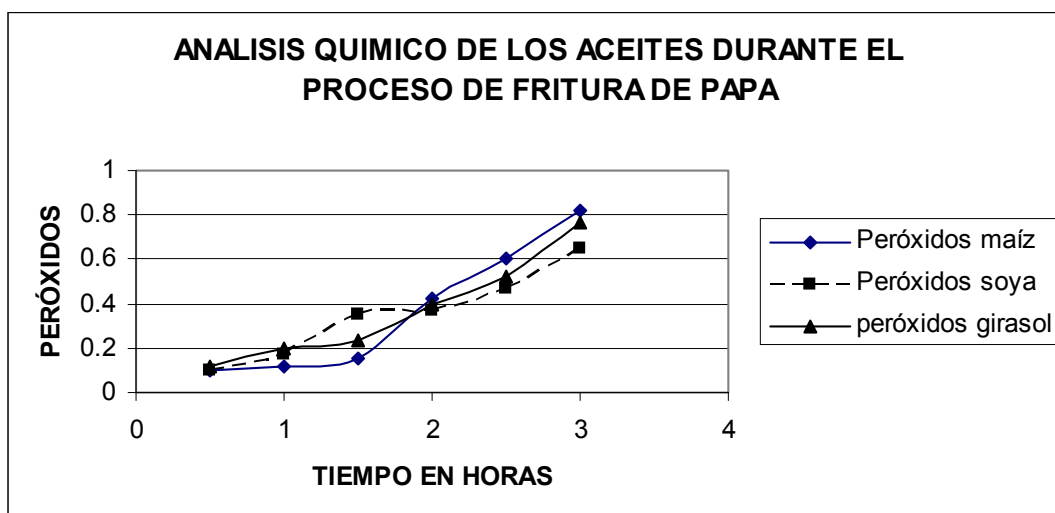
Grafica No 4. Análisis de acidez de los aceites durante el proceso de fritura de papa.

En la grafica numero 4 y el cuadro 8 se observa una diferencia significativa en cuanto al comportamiento de los diferentes aceites, el aceite de soya presenta un menor índice de acidez, seguido por el de girasol, y el de maíz es el que presenta mayor deterioro en función a dicho parámetro.



Grafica No 5 Análisis de rancidez de los aceites durante el proceso de fritura de papa.

En cuadro 8 y la grafica número 5 es posible observar que el aceite de soya posee una mayor estabilidad en cuanto a la rancidez, con valores máximos de 1.68 a diferencia del aceite de maíz, que presentó valores de 3.36, que corresponden al doble; en cuanto al aceite de girasol se observa un comportamiento intermedio.



Grafica No 6 Análisis de peróxidos de los aceites durante el proceso de fritura de papa.

En el cuadro 8 y la grafica 6 se muestra el comportamiento de los aceites en función a la formación de peróxidos observándose que al inicio de dicho el los diferentes aceites muestran índices de peróxidos muy similares incrementándose constantemente durante todo el proceso en los tres sistemas.

4.3 Etapa: 3 Posibles causas del comportamiento de los aceites de los proceso de fritura.

En el cuadro numero 7 se aprecian diferencias marcadas en el comportamiento de los aceites durante el proceso de fritura de maíz y papa, esto debido a que en el proceso de fritura de maíz afectan considerablemente las partículas carbonosas que se desprenden de la hojuela durante el freído, dichas partículas se acumulan en el fondo de la freidora, acelerando la degradación de los aceites.

Por otro lado la excesiva humedad de las hojuelas y la alta temperatura provocan cambios en la unión entre los ácidos grasos y el glicerol que da como resultado la hidrólisis, y esto a su vez se ve reflejado en el cuadro 7 con incrementos en los índices de acidez, rancidez, los cuales son mas elevados en el proceso de fritura de maíz que en el de papa.

4.4 Etapa: 4 Determinación del Aceite optimo.

Durante los procesos de fritura de maíz y papa se observa el comportamiento que presentan los aceites de maíz, soya y girasol. En los cuadros 6, 7,8 y en las graficas 1 a 6 se presentan los comportamientos de cada uno de los aceites, así como la comparación entre ellos y hace posible enunciar que el aceite de soya es el que presenta un mayor estabilidad en su comportamiento, ya que es el que se mantiene con menores cambios durante todo el proceso de degradación, presentando índices de acidez, rancidez y formación de peróxidos menor que los otros aceites analizados. Lo anterior se presenta tanto en el proceso de fritura de maíz como en el de papa.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación se concluye que el aceite mas adecuado para los procesos de fritura de maíz y papa es el de soya, ya que este presenta una mayor estabilidad química durante el proceso de fritura.

La mayor estabilidad presentada por el aceite de soya se puede deber principalmente a su composición química ya que es ligeramente mas rico en ácidos grasos de tipo saturados (2.1 contra 1.5 de los otros aceites), así como de un menor contenido de ácidos grasos de tipo poliinsaturados, mas susceptibles a la degradación (8.5 contra 9.0) ya que en lo que a presencia de antioxidantes se refiere los tres tipos de aceites contienen el mismo antioxidante y en las mismas proporciones.

En los cuadros No. 7 y No.8 se muestran los resultados obtenidos durante los procesos de fritura de maíz y papa de donde es posible mencionar que en los procesos de fritura de maíz, el aceite es mas sensible a degradarse, ya que tienden a desprenderse partículas de la tortilla que a su vez generarán las sustancias carbonosas de las hojuelas la cuales tienden la capacidad de acelerar la degradación de los aceites durante el proceso. A diferencia de los procesos de fritura de papa en el cual los aceites se degradan menos rápido debido a que la hojuela es mas compacta y no es tan susceptible a liberar fragmentos capaces de realizar el proceso antes mencionado, por lo cual hay que considerar

estos puntos al llevar a cabo el proceso de elaboración de frituras de maíz.

RECOMENDACIONES

Es conveniente realizar pruebas de evaluación sensorial que permitan evaluar si los consumidores aceptan el sabor propio que el aceite de soya puede conferir a los alimentos elaborados a partir de este, ya que a diferencia de otros aceites, este es más sávido.

Otro punto a evaluar es el empleo de los empaques utilizados ya que estos juegan un papel primordial en la frescura de los productos en cuestión, no solo en función a los posibles deterioros por rancidez, sino por hidratación del mismo, que pueda influir en la textura crujiente del producto, que es otra de sus características distintivas.

BIBLIOGRAFIA:

Achayak, T.et al. (1997).Grasas y Aceites en la Nutrición Humana. Consulta FAO/OMS. OMS, Roma.

Alba, O. A; LLanos, C.M. (1990).El Cultivo del Girasol. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.

Almeida, M.E. y Nogueira, J.N. (1995). The Control of polyphenol oxidase in fruits and vegetables. Plants. Foods for Human Nutrition, 245-256.

Badui, S. (1988). Química de los Alimentos. Editorial Alambra mexicana, S.A. de C. V. México. P.185.

Bender, A. E. (1973). Nutrición Y Alimentos Dietéticas. Editorial Acribia. Segunda edición.

Blumenthal, M.M.(1999) A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. Food technology 45.

Bourges, R.H.(2000). Los Lípidos en la Nutrición Humana. Cuaderno de Nutrición.

CHEFTEL, C.J.(1976).Introducción a la tecnología de los Alimentos. Editorial Acribia. Vol. 1.

Desrosier, N.W.(1997).Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial Continental. México.

García, R.M.(1990). Alimentación Humana. Editorial Mundiprensa, Madrid, España.

Hageman, G.; Herman, R.; Hoor, F.;Keinjans, J.(1990).Mutagenicity of deep-frying fat, and evaluation of urine mutagenicity alter consumption of friend potatoes. Food & chemical toxicology.

Halminton, R.J. The chemistry of rancidity in foods. En: Rancidity in foods 2da Ed.(1989) Editor J.C. Allen and Hamilton. Elsevier Applied science. London.

Hartley, C.W. S. (1985). La palma de Aceite. Editorial Continental México.

Instituto shortening Edible Oliz.1988.Food Fast.and Oliz, 6th ed. Washintong D.C.:Institute of shortening and Edible Oils, pt

Lawson, H. (1999). Aceites y grasas. Tecnología, Utilización y Nutrición. Editorial Acribia, S.A.

Moller,H.G.(1990).Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia,Zaragoza España.

Norman, N. P.(1973). La Ciencia de los Alimentos. Editorial HARLA. Mexico

Robinson, S.D. (1991). Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos. Editorial Acribia.

Robles, S.R. (1985). Producción de Oleaginosas y Textiles. Editorial Limusa. Segunda Edición. México.

Rosell,J.B.(1998). Proceso Industrial de Fritura. Grasas y Aceites.

SEP.(1990).Manuales para la Educación agropecuaria. Cultivos Oleaginosos. Editorial Trillas.

Sontang, N.O.V. Reactions of fast and fatty acids. En: Bayley Industrial oil and fat products Vol. 1 (1982) Editor D. Swern, John Wiley and sons, Inc. New York

Swern, D.(1979).Baileys industrial oil and fat products, Vol. 1, 4 th ed. New Cork:wiley-interscienc, pp.352-353.

Zhang, W.B.;ADDIS, P.B.(1990).prediction of levels of cholesterol oxides in heated tallow by dielectric measurement. J. Food Sci.