



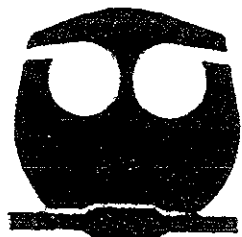
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO PARA EXTENDER LA VIDA EN ANAQUEL DE CACAHUATE PROCESADO

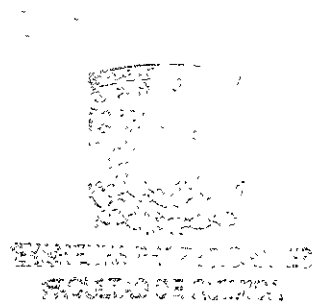
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICA DE ALIMENTOS PRESENTA: ZAPATA OSORIO ARACELI



MEXICO, D.F.

200





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Jurado Asignado:

Presidente
Vocal
Secretario
1er. Suplente
2o. Suplente

Prof. FRANCISCA AIDA ITURBE CHIÑAS
Prof. MARÍA DE LOS ÁNGELES VALDIVIA LÓPEZ
Prof. HERMILO LEAL LARA
Prof. AMANDA GÁLVEZ MARISCAL
Prof. MARÍA TERESA PLATA JIMÉNEZ

Lugar donde se desarrollo el tema:

Lab. 323 del conjunto E, Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Asesor:

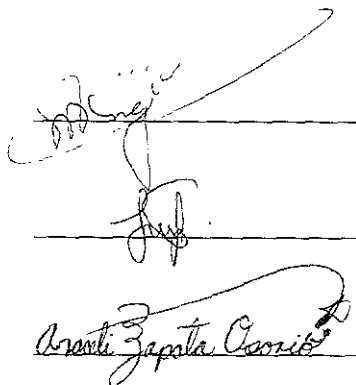
M en C. M. de los Ángeles Valdivia López

Supervisor técnico:

Q. F. B. B. Julieta Sandoval Guillén

Sustentante:

Zapata Osorio Araceli



The image shows three handwritten signatures, each written over a horizontal line. The top signature is in cursive and appears to be 'M. de los Angeles Valdivia Lopez'. The middle signature is also in cursive and appears to be 'Julieta Sandoval Guillen'. The bottom signature is in cursive and appears to be 'Araceli Zapata Osorio'.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios la gracia de haber llegado al lugar en el que me encuentro, pues sin su presencia a lo largo de mi vida probablemente no lo hubiera logrado. Así como a mis padres (Sergio Zapata Santillán y Brígida Osorio Gutiérrez) el gran apoyo que me han brindado siempre, pues gracias a su cariño, oportunos consejos y regaños, finalmente he conquistado la cima que comencé a escalar el día que tome la decisión de ingresar a la UNAM.

A mis hermanos (María del Rocío, José Carlos, Luis Enrique y Carmen Magali) el apoyo que me han brindado durante todo este tiempo, pues sin ellos mi mundo sería muy distinto. Así como al resto de mis familiares que de alguna manera influyeron en mí.

De manera muy especial agradezco a la M. en C. María de los Ángeles Valdivia López por brindarme la oportunidad de trabajar con ella, y a la Q. F. B. B. Julieta Sandoval Guillén quién además de haberme brindado su apoyo siempre a creído en mí.

Finalmente a mis amigos y compañeros del laboratorio 323 quienes siempre me alentaron.

Nunca, nunca se den por vencidos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
1. ANTECEDENTES	
1.1 Generalidades sobre el cacahuete.....	6
1.1.1 Importancia económica e industrial.....	6
1.1.2 Elaboración de cacahuete estilo japonés.....	7
1.2 Composición del cacahuete.....	9
1.2.1 Aporte energético.....	10
1.2.2 Proteínas.....	10
1.2.3 Carbohidratos.....	11
1.2.4 Minerales.....	11
1.2.5 Vitaminas.....	13
1.2.6 Lípidos.....	13
1.3 Deterioro de lípidos.....	16
1.3.1 Rancidez hidrolítica.....	16
1.3.2 Rancidez oxidativa.....	18
1.3.2.1 Mecanismo de oxidación.....	18
1.3.2.1.1 Iniciación.....	18
1.3.2.1.2 Propagación.....	21
1.3.2.1.3 Terminación.....	23
1.3.2.2 Oxidación por efecto de la enzima lipooxigenasa.	25
1.4 Efecto de la Actividad Acuosa en la oxidación de los lípidos.....	29
1.5 Antioxidantes.....	32
1.5.1 Mecanismo de acción	33

1.5.2	Clases de antioxidantes.....	33
1.5.3	Sinergismo.....	35
1.5.4	Antioxidantes utilizados en cacahuete y formas de adición.....	35
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1	Metodología.....	40
2.2	Evaluación de la calidad química a materia prima.....	40
2.2.1	Evaluación de la calidad química de cacahuete fresco.....	42
2.2.1.1	Muestreo.....	42
2.2.1.2	Extracción de aceite de cacahuete.....	44
2.2.1.3	Determinación de valor peróxido e índice de acidez.....	45
2.2.1.3.1	Valor peróxido.....	45
2.2.1.3.2	Índice de acidez.....	46
2.2.2	Prueba de calidad del antioxidante.....	48
2.3	Estudio de vida de anaquel.....	49
2.3.1	Elaboración de cuatro lotes de cacahuete estilo japonés.....	49
2.3.2	Almacenamiento de los cuatro lotes de cacahuete estilo japonés.....	51
2.3.3	Monitoreo del deterioro oxidativo e hidrolítico.....	52
2.3.4	Prueba sensorial afectiva.....	52
2.3.4.1	Aplicación de la prueba sensorial.....	52
2.4	Comparación de la calidad química del producto elaborado con la de otros existentes en el mercado.....	54
2.4.1	Obtención de las muestras.....	54
2.4.2	Evaluación del grado de deterioro.....	55
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1	Evaluación del grado de deterioro en materia prima.....	57
3.1.1	Cacahuete fresco.....	57

3.1.2 Prueba de calidad del antioxidante.....	62
3.2 Estudio de vida en anaquel.....	64
3.2.1 Efecto de la temperatura sobre el deterioro oxidativo del cacahuete estilo japonés.....	65
3.2.1.1 Análisis estadístico del valor peróxido.....	70
3.2.2 Efecto de la temperatura en el deterioro hidrolítico del cacahuete procesado.....	76
3.2.3 Prueba sensorial afectiva.....	78
3.3 Comparación de la calidad química del producto elaborado con la de otros existentes en el mercado.....	81
CONCLUSIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Mecanismo de acción de la lipasa.....	17
Figura 2:	Esquema general de autooxidación de los lípidos.....	19
Figura 3:	Mecanismo de autooxidación de lípidos.....	22
Figura 4:	Formación de hexanal a partir de ácido linoleico.....	25
Figura 5:	Mecanismo de acción de la lipoxigenasa sobre ácidos grasos poliinsaturados.....	28
Figura 6:	Oxidación de los lípidos en función de la actividad acuosa.....	31
Figura 7:	Antioxidantes de uso frecuente en alimentos.....	34
Figura 8:	Estudio para evaluar la vida en anaquel de cacahuete procesado.....	41
Figura 9:	Diagrama de preparación de muestra, extracción de lípidos y cuantificación del valor peróxido e índice de acidez.....	44
Figura 10:	Proceso de manufactura de cacahuete estilo japonés.....	50
Figura 11:	Cromatogramas obtenidos en la prueba de pureza del antioxidante.....	63
Figura 12:	Evolución del valor peróxido en cacahuates estilo japonés con respecto al tiempo, almacenadas a temperatura ambiente.....	67
Figura 13:	Evolución del valor peróxido en cacahuates estilo japonés con respecto al tiempo, almacenados a 40°C.....	69
Figura 14:	Evolución del índice de acidez de cacahuete procesado estilo japonés, almacenados a temperatura ambiente.....	77
Figura 15:	Evolución del índice de acidez de cacahuete procesado estilo japonés, almacenados a 40°C.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Empleo industrial del cacahuete.....	9
Tabla 2: Composición química de semillas de cacahuete.....	10
Tabla 3: Minerales presentes en la semilla de cacahuete.....	12
Tabla 4: Vitaminas presentes en la semilla de cacahuete.....	14
Tabla 5: Composición del aceite de cacahuete.....	15
Tabla 6: Compuestos responsables del olor rancio en aceite.....	24
Tabla 7: Antioxidantes	36
Tabla 8: Calidad de los cacahuates utilizados como materia prima.....	61
Tabla 9: Resultados de pureza de antioxidante.....	63
Tabla 10: Forma de adición y dosis de antioxidante.....	64
Tabla 11: Análisis de variancia para los datos de valor peróxido a temperatura ambiente.....	71
Tabla 12: Análisis de variancia para los datos de valor peróxido a 40°C.....	75
Tabla 13: Análisis sensorial de cacahuete estilo japonés a los 22 días de almacenamiento.....	79
Tabla 14: Análisis sensorial de cacahuete estilo japonés a los 43 días de almacenamiento.....	79
Tabla 15: Evaluación de la calidad de productos comerciales (envasados en película de celofán).....	82
Tabla 16: Evaluación de la calidad de productos comerciales (envasados con material metalizado).....	82

INTRODUCCIÓN

El cacahuete es una semilla oleaginosa originaria de América, que ha formado parte de la alimentación en nuestro país, ya sea como fruto fresco, botana o como parte de diversos platillos mexicanos.

Esta semilla esta constituida principalmente por lípidos y proteínas, además de poseer fibra, carbohidratos, vitaminas y sales minerales. El material lípidico que contiene en su mayoría es de naturaleza poliinsaturada. Razón por la cual el cacahuete es altamente susceptible a sufrir deterioro oxidativo e hidrolítico.

Aunque el tipo de deterioro que tiene lugar depende principalmente de las condiciones en que es cosechada la semilla así como del almacenamiento. Una vez que el cacahuete ha sido procesado, el tipo de empaque utilizado para contener al producto es determinante, pues el grado de protección ofrecido depende del material utilizado. Además de tener cierto impacto en el costo del producto

De esta manera tenemos que, el cacahuete estilo japonés comercializado en bolsa de celofán, ofrecen al consumidor la oportunidad de acceder a este producto a un bajo costo. Sin embargo dicho material es permeable a la luz y al oxígeno, favoreciendo así las reacciones de rancidez en el producto. Y aunado a esto, se tiene el hecho de que el proceso de manufactura de la botana involucra un *tratamiento térmico que puede actuar como catalizador del proceso oxidativo*, cuando en la materia prima existe cierto grado de deterioro, provocando que se desarrollen sabores y olores característicos de rancidez en el producto, demeritando su calidad.

La disminución de la calidad en los cacahuates estilo japonés debido a la oxidación de los lípidos da lugar a pérdidas. Razón por la cual tales reacciones son de gran interés en la industria alimentaria.

Sin embargo existen operaciones que pueden inhibir la evolución de la rancidez en etapas tempranas del deterioro o en ausencia del mismo. Y una de éstas se refieren al uso de antioxidantes, con lo cual se logra extender la vida en anaquel del alimento.

Por lo cual, es importante hacer notar que para obtener la máxima acción de inhibición del proceso oxidativo, al usar un antioxidante es necesario utilizarlo *en condiciones óptimas*, esto se refiera a la forma de adición y concentración. Razón por la cual se decidió realizar el presente estudio, cuyo objetivo radica precisamente en identificar la forma de adición así como la dosis más adecuada de antioxidante, que permita la máxima extensión de la vida en anaquel del cacahuate estilo japonés envasado con película de celofán.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la forma de adición de antioxidante así como la dosis, para extender la vida útil de cacahuete procesado.

Objetivos específicos

- Conocer el efecto de la temperatura en el deterioro químico que sufre el producto.
- Establecer la vida en anaquel del cacahuete estilo japonés elaborado de manera tradicional.
- Identificar las condiciones que permitan la máxima extensión de la vida en anaquel del producto elaborado.
- Evaluar el grado de deterioro oxidativo e hidrolítico en que son expandidas algunas botanas comerciales similares, y compararlo con el daño desarrollado durante el almacenamiento en el producto elaborado

1.1 GENERALIDADES SOBRE EL CACAHUATE

El cacahuate (*Arachis Hypogaea L.*) pertenece a la familia leguminosae, y a la subfamilia papilionácea (Sánchez, 1992).

Es originario de América (FAO, 1991) y su distribución va desde Brasil hasta Argentina, situada aproximadamente entre los 10° y los 35 ° de latitud sur (Gillier, 1970).

1.1.1 Importancia Económica e Industrial

El cacahuate es un cultivo valioso para millones de agricultores en las zonas tropicales semiáridas, pues desde la siembra hasta su industrialización, representa una fuente generadora de trabajo importante. En el mundo se cultivan cerca de 22.23 millones de hectáreas de cacahuate con un rendimiento de 29.22 millones de toneladas de vainas (CGIAR, 2000).

Los principales continentes productores de cacahuate son: Asia, África y América; el continente Asiático participa con un 64% de la superficie cultivada (aprox. 13,807 millones de hectáreas) aportando el 70% de la producción mundial que equivale a 21 millones de toneladas de vainas (FAO, 1979/81-1994).

A pesar de que México no ocupa un lugar importante como productor de cacahuate a nivel mundial, esta oleaginosa es cultivada en 16 estados de la república (Claridades Agropecuarias, 1995). Destacando por su superficie sembrada y cantidad de semilla recolectada Puebla, Oaxaca, Sinaloa, Chihuahua, Chiapas, Guerrero, Morelos, San Luis Potosí y Nayarit (SAGAR, 1997).

Por otro lado, a consecuencia del incremento en el consumo de productos elaborados a base de cacahuate así como a la diversificación de sus usos; en el mercado nacional se ha provocado una baja en la disponibilidad de la semilla fomentándose su importación para satisfacer la demanda. Además los cacahuates provenientes de otros países como Estados Unidos y Argentina resultan ser más baratos que el producto nacional (García, 1999).

En México el 12% de la producción de cacahuate se destina para la elaboración de aceite, crema de cacahuate y demás productos industrializados como son tintas, lápices labiales, colores y jabón, y el 88% restante se utiliza para consumo directo, después del tostado, en forma de palanquetas, garapiñados, dulces o en botanas, salado y enchilado (Claridades Agropecuarias, 1995). La **tabla 1**, muestra algunos usos industriales del cacahuate.

Por otro lado es importante destacar que durante la obtención del aceite de cacahuate se genera un subproducto denominado torta, que se emplea para la producción de proteasas y lipasas (FAO, 1991) así como en la alimentación humana y animal, además de también ser requerida para la elaboración de materiales plásticos, pinturas, adhesivos y emulsificantes (García, 1992).

1.1.2 Elaboración de cacahuate estilo japonés

En la manufactura de la botana se emplean los siguientes ingredientes: Cacahuate fresco descascarado, harina de trigo, jarabe de maíz, saborizante y antioxidante.

Los pasos seguidos durante su producción, se enumeran a continuación:

1. Pesado de los ingredientes.
2. Colocación de los cacahuates frescos la mezcladora.
3. Adición de la primer cantidad de jarabe a los cacahuates del paso 1, seguida de mezclado, con lo cual se genera una película adhesiva sobre la superficie de los cacahuates.
4. Adición de harina a los cacahuates recubiertos con jarabe, seguida de un segundo período de mezclado.

Una vez finalizado este período de mezclado se repiten los pasos 3 y 4 hasta obtener el tamaño deseado de lo que será el cacahuete estilo japonés.

5. Cuando los cacahuates han alcanzado el tamaño deseado son sometidos a un proceso de tostado a $\pm 120^{\circ}\text{C}/1\text{h}$. y enfriados. como etapa previa al horneado.
6. Una vez tostados, los cacahuates son sometidos a un baño de saborizante (salsa de soya), y posteriormente empacados.
7. Finalmente los cacahuates son almacenados, distribuidos y vendidos.

Proceso descrito, a partir de las observaciones realizadas durante la elaboración del cacahuete estilo japonés en las instalaciones de la planta.

Tabla.1
Empleo Industrial del cacahuete

Productos elaborados con cacahuete	
Dulces	mantequilla de cacahuete, mazapán, palanqueta
	confitería, garapiñados y panadería
Botanas	Elaboración de cacahuete frito salado, frito enchilados
	tostado con cacara y estilo japonés
Otros	Elaboración de aceite comestible. Margarina. Harina, suplementos proteínicos
	Jabonería fina, cosméticos y productos farmacéuticos

(Rivera,1997)

(García, 1992)

(García,1999)

1.2 COMPOSICIÓN DEL CACAHUATE

El cacahuete es una semilla oleaginosa y se considera que contiene más proteínas, minerales y vitaminas que el hígado vacuno, más grasa que una crema densa y más calorías que el azúcar, por lo que a menudo es llamado "*la carne de los pobres*" (Mangla, 1992).

Los cacahuates contienen del 40 al 50% de aceite, del 27 al 33% de proteína, y de un 12 a 18% de carbohidratos, minerales y vitaminas del grupo B, especialmente riboflavina, tiamina y niacina (FAO,1991). La composición de 100g de la parte comestible de la semilla se muestra en la **tabla 2**.

Tabla. 2
Composición de 100g de semillas de cacahuete

Calorías	538.5
Agua	4 g
Proteína	26.05 g
Grasa	44.6 g
Carbohidratos	17.01 g
Fibra	1.48 g
Cenizas	2.75 g
Calcio	49.5 mg
Fósforo	295.5 mg
Hierro	3.57 mg
Tiamina	0.18 mg
Niacina	0.7 mg
Riboflavina	16.81 mg

(INNSZ, 2000)

1.2.1 Aporte energético

La alta proporción de calorías que contiene el cacahuete provienen de su elevado contenido graso y proteínico, aunque los carbohidratos que contiene se encuentran en menor proporción con respecto a las grasas y proteínas, también contribuyen al aporte calórico.

1.2.2 Proteína

El cacahuete contiene alrededor del 26% proteína, con un coeficiente de digestibilidad del 89% (Woodroof, 1983).

La proteína de cacahuete está constituida por dos tipos de globulinas; araquina y conacrina, la primera se encuentra almacenada en la aleurona de los granos mientras que la segunda está presente en el citoplasma celular (Cherry, 1990).

Los aminoácidos limitantes en la proteína son los azufrados como la metionina y la cistina (aminoácidos esenciales para la alimentación humana y animal). Sin embargo, contiene arginina que también es un aminoácido esencial (Pickett, 1941).

Mientras que su contenido en lisina es bastante bajo, aunque no limitante lo que representa un inconveniente cuando se combina con cereales deficientes en lisina para equilibrar la ingesta alimentaria (FAO, 1991).

1.2.3 Carbohidratos

El cotiledón del cacahuete contiene de forma natural aproximadamente un 18% de carbohidratos. El contenido de almidón en los cacahuates varía de 0.5-5%, dependiendo del tipo, condiciones de cultivo y madurez. La sacarosa reportada en los cacahuates varía de 4 a 7%.

En comparación con la soya, el cacahuete tiene un contenido muy bajo de oligosacáridos generadores de flatulencia como: rafinosa, estaquiosa y verbascosa (FAO, 1991)

1.2.4 Minerales

Los cacahuates contienen alrededor del 2.75% de cenizas, que se encuentran constituidas por cerca de 26 componentes inorgánicos mismos que se muestra en la **tabla 3**. De éstos los más abundantes son Potasio, Magnesio, Fósforo y Azufre, este último se encuentra en gran proporción y en apariencia no es afectado por el calentamiento a que se someten los cacahuates durante el tostado.

Los componentes restantes son estables al tratamiento térmico, hecho importante desde el punto de vista nutricional.

Tabla. 3
Minerales presentes en la semilla de cacahuete

Constituyente	mg/100g
Potasio, (K)	680-890
Sodio, (Na)	Trazas
Calcio, (Ca)	20-80
Magnesio, (Mg)	90-340
Fósforo, (P)	250-660
Azufre, (S)	190-240
Cloro, (Cl)	Trazas
SiO ₂	80
Zinc, (Zn)	1.7-80
Manganeso, (Mn)	0.8-50
Hierro, (Fe)	1.8-100
Cobalto, (Co)	0.03
Cobre, (Cu)	0.7-30
Boro, (B)	2.6-50
Flúor, (F)	0.14
Yodo, (I)	0.02
Estroncio, (Sr)	0.8-5
Bario, (Ba)	8-30
Vanadio, (Vn)	10-50
Cromo, (Cr)	1-30
Aluminio, (Al)	100
Níquel, (Ni)	3-8
Titanio, (Ti)	30-80
Molibdeno, (Mo)	0.3-3
Estaño, (Sn)	0-5
Plomo, (Pb)	0-50

(Woodroof, 1983)

1.2.5 Vitaminas

Los cacahuates contienen varias vitaminas importantes y sus semillas son una excelente fuente de Riboflavina, Tiamina y ácido nicotínico. También contienen Vitamina E, pero prácticamente no contienen Vitamina A, C y D. La **tabla 4**, muestra las vitaminas así como la cantidad presentes en las semillas de cacahuate.

La vitamina E en los cacahuates se encuentra en forma de tocoferoles, mismos que presentan actividad antioxidante, el contenido de vitamina E en cacahuate es de 22-59 mg/100g de aceite (Gopala *et al.*, 1994).

La tiamina presente en los cacahuates se destruye cuando las semillas son sometidas a temperaturas elevadas (100-149°C), y tal fenómeno aumenta al prolongarse el tratamiento térmico (Pickett, 1944), afectándose de esta manera el aporte nutricional de la semilla.

En la semilla cruda se encuentran presentes algunos inhibidores de tripsina, que son eliminados eficazmente con el tratamiento térmico al que son sometidos. Sin embargo el glucósido fenólico con actividad bociogénica presente en la piel de la semilla, no logra ser destruido (FAO, 1991).

1.2.6 Lípidos

Las semillas de cacahuate contienen de un 45 a 50% de lípidos (Divino, 1996) y de tal porcentaje el 80% corresponde con los ácidos grasos insaturados.

Del porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados antes citado, el 50% corresponde al ácido oleico mientras que el 30% restante al ácido linoleico (Mugendi, 1998), ambos ácidos poseen cadenas con 18 átomos de carbono y su

diferencia radica en que el ácido oleico posee solamente una insaturación en el carbono 9, mientras que el linoleico posee un par de dobles ligaduras localizadas en los carbonos 9 y 12 de su cadena.

Tabla. 4
Vitaminas presentes en la semilla de cacahuate

Vitamina	Cantidad presente mg/100g
Vitamina A	3.16 - 3.23 UI
Riboflavina	14.2 - 19.2
Tiamina	0.13 - 0.23
Niacina	0.70 - 0.23
Acido Pantoténico	2.5
Piridoxina	0.3
Biotina	0.034
Inositol	180.0
Acido Fólico	0.28
Vitamina C	0
Vitamina E	
α-Tocoferol	7.2
β-Tocoferol	0
γ-Tocoferol	0.018 - 0.022%
δ-Tocoferol	1/5 tocoferoles totales

(Woodroof, 1983, Deshpande, 1996; INNSZ, 2000)

La **tabla 5**, muestra los ácidos grasos constituyentes del aceite de cacahuate así como la proporción en la que están presentes.

El aceite de cacahuate presenta un bajo contenido de los principales ácidos grasos saturados y no contiene ácido linolénico, que es la principal causa de los problemas de rancidez por oxidación en el aceite de soya. Aunque desde el punto de vista nutricional se estima que los ácidos linolénico y linoleico son ácidos

grasos esenciales, las necesidades humanas de ácido linolénico son considerablemente inferiores a las necesidades de ácido linoleico.

Además de que el ácido linoleico es indispensable para el crecimiento y mantenimiento de la salud participa como precursor en la biosíntesis de un grupo de hormonas llamadas prostaglandinas que ejercen una gran variedad de acciones fisiológicas como disminución de la presión sanguínea (Bender, 1977).

El sabor y olor característico del aceite de cacahuate se atribuye a cantidades extremadamente pequeñas (1.8 mg/Ton) de alcanos con cadena de 15-30 átomos de carbono, que en forma concentrada tienen un sabor cáustico nauseabundo (Pickett, 1947).

Tabla. 5
Composición del aceite de cacahuate

Ácido Graso	g/100g
Palmitico (16:0)	9.5
Palmitoleico (16:1 ω 7)	0.02
Estearico (18:0)	2.6
Oleico (18:1 ω 9)	56.1
18:1 ω 7	0.5
Linoleico (18:2 ω 6)*	24.2
Linolénico (18:3 ω 3)*	0.03
Araquídico (20:0)	1.3
Gondoico (20:1 ω 9)	1.3
Behénico (22:0)	2.8
22:1 ω 11	0.05
Lignosérico (24:0)	1.5

(O'keefe *et al.*, 1993)
*ácidos grasos esenciales

1.3 DETERIORO DE LÍPIDOS

En los productos elaborados a base de cacahuate uno de los principales problemas que presentan, es la oxidación de los lípidos durante el periodo de almacenamiento, generando grandes pérdidas (Fennema, 1993) en la industria alimentaria. Debido a los cambios deteriorativos en el sabor, olor, color, textura, y valor nutricional de los alimentos.

Los aromas y sabores desagradables que resultan de la degradación de los lípidos, pueden tener su origen en la rancidez ya sea oxidativa o hidrolítica. Además también tiene lugar la formación de compuestos con cierta actividad fisiológica (Gunstone, 1983).

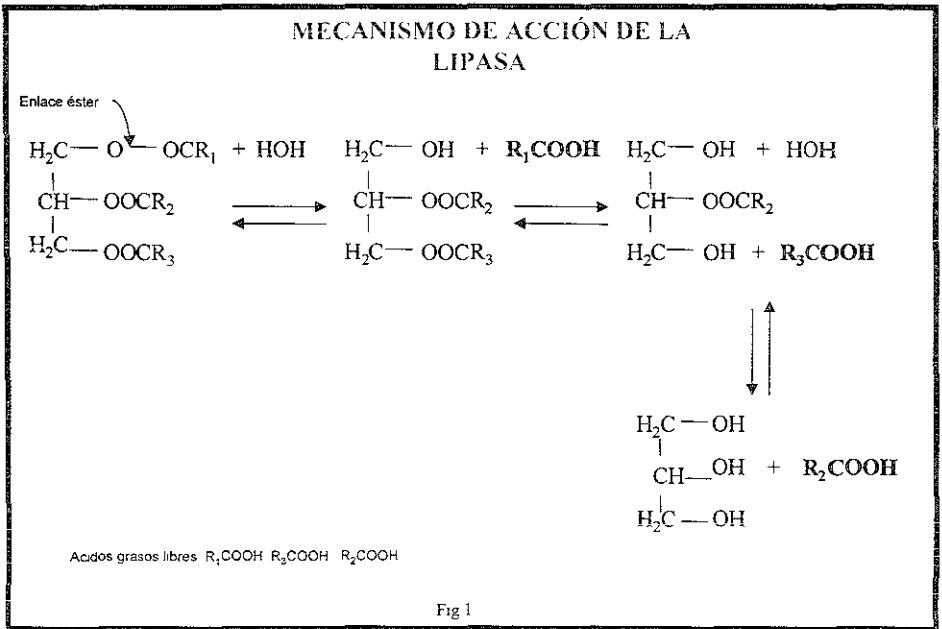
1.3.1 Rancidez Hidrolítica

En condiciones favorables de humedad, temperatura y pH, las enzimas lipolíticas hidrolizan a los triglicéridos (Gandhi, 1997) provocando la liberación de ácidos grasos saturados e insaturados.

El deterioro hidrolítico de los lípidos, también conocido como lipólisis o rancidez hidrolítica, resulta de la hidrólisis de los enlaces éster de los ácidos grasos con el glicerol, por acción de las lipasas, dando lugar a la liberación de ácidos grasos libres (Fig. 1).

La característica específica de las lipasas es que actúan en la interfase lípido-agua. Su efecto en cacahuate se ha estudiado mediante la inoculación de microorganismos productores de lipasas a semillas, observándose la acidificación gradual del extracto lipídico (Donald, 1992).

Los ácidos grasos insaturados que se liberan son muy susceptibles a sufrir oxidación, debido a la presencia de dobles enlaces en las cadenas (centros reactivos) que pueden reaccionar en presencia de radicales o enzimas. Y debido a que los ácidos grasos liberados a partir de los lípidos del cacahuete poseen cadenas mínimas de 14 átomos de carbono, no generan aromas rancios.



1.3.2 Rancidez Oxidativa

Se denomina autooxidación o rancidez oxidativa, al conjunto de reacciones en cadena que provocan el deterioro de los lípidos; manifestándose a través de la aparición de olores y sabores desagradables, provocando que la vida en anaquel del producto disminuya así como su valor nutricional. Además de generarse rechazo del producto por parte del consumidor. En la **Fig. 2**, se muestra el esquema general de autooxidación de los lípidos.

1.3.2.1 Mecanismo de Oxidación

El proceso de oxidación de los lípidos ocurre mediante una serie de reacciones en cadena (Gunstone, 1983), que tienen lugar a través de un mecanismo típico de radicales libres, en el que se distinguen las siguientes etapas: **iniciación, propagación y terminación** (Labuza, 1971). La **Fig.3**, muestra el esquema de oxidación por radicales libres.

La velocidad de autooxidación depende de la composición en ácidos grasos, concentración y actividad de los pro y antioxidantes, presión parcial de oxígeno, la superficie que está en contacto con el oxígeno y las condiciones en que es almacenado el alimento, temperatura, luz, contenido acuoso, etc., (Belitz, 1998).

1.3.2.1.1 Iniciación

Durante la etapa de iniciación se da origen a la formación de los primeros radicales libres (reacción 1, **Fig.3**), cuyo papel radica en desencadenar el mecanismo de autooxidación de los lípidos

Esquema general de autooxidación de los lípidos

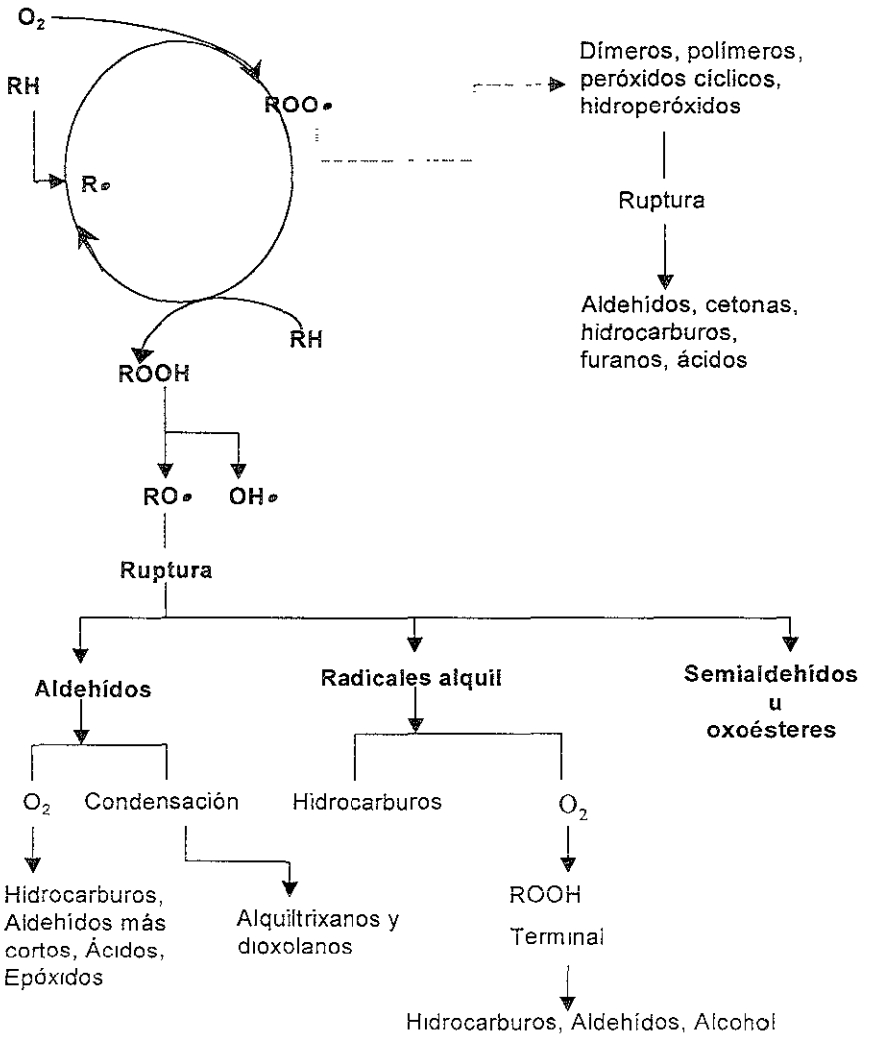


Fig 2

La iniciación se puede deber a un ataque directo del oxígeno (en estado triplete, $^3\text{O}_2$) sobre un ácido graso insaturado, que es termodinámicamente improbable (Belitz, 1998) debido a que se violaría el principio de conservación del spin; pero cuando en el alimento existen componentes cromóforos (Neuman *et al*, 1991) como: clorofila, feofitina y mioglobina que actúan como sensibilizadores (Reacciones fotoquímicas), se da la formación de oxígeno en estado singulete y entonces es posible la formación de peróxidos dando lugar al inicio de la oxidación (Labuza, 1971).

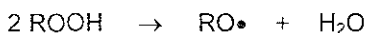
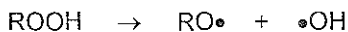
Los hechos antes mencionados ponen de manifiesto que la producción de los primeros radicales libres, necesarios para iniciar la propagación de la reacción se consigue normalmente con ayuda de un catalizador (Fennema, 1993).

Además la iniciación de la peroxidación de los lípidos se puede llevar a cabo, mediante las siguientes rutas:

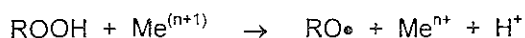
1. Iniciación por radiación electromagnética (radiación ionizante y UV)(Allen, 1992).



2. Iniciación por descomposición unimolecular o bimolecular de hidroperóxidos.



3. Autoxidación catalizada por metales.



Un caso especial de la descomposición de hidroperóxidos es la catalizada por metaloenzimas (por ejemplo: lipooxidasa), y su velocidad es mucho mayor a la que exhibe la catálisis por metales

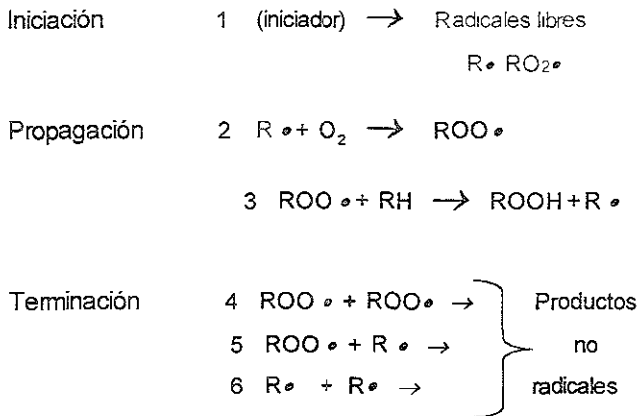
Sin embargo, tanto la reacción autocatalítica como la catalizada por la enzima lipooxigenasa, son iniciadas por la descomposición unimolecular o bimolecular de hidroperóxidos en **radicales libres** (Rockland y Stewart, 1981).

1.3.2.1.2 Propagación

La propagación toma lugar una vez que se ha alcanzado cierto nivel de radicales libres ($\text{R}\bullet$). Entonces la reacción en cadena se promueve al captar átomos de hidrógeno situados en las posiciones α de los dobles enlaces, generándose después en estas posiciones la adición de oxígeno dando lugar a la producción de radicales peróxido ($\text{ROO}\bullet$), que a su vez, captan hidrógeno de los grupos α -metilénicos RH (ácido graso insaturado) de otras moléculas para dar hidroperóxidos ROOH y regenerar los grupos $\text{R}\bullet$ (Fennema, 1993).

El progreso de la propagación de la reacción en cadena transcurre muy lentamente, razón por la cual, esta fase determina la velocidad de la reacción (Belitz, 1998).

Mecanismo de autooxidación de los lípidos



$R\cdot$ = Radical libre alquilo
 $ROO\cdot$ y $RO_2\cdot$ = Radicales libres peróxido
 $ROOH$ = Écidos grasos insaturados

Fig 3

El efecto neto de la propagación es la conversión del sustrato (RH) y del oxígeno (O_2) en hidroperóxidos (ROOH) con la consiguiente regeneración de los radicales libres. Los **hidroperóxidos** formados en esta etapa son inodoros e insípidos y son denominados **productos primarios de la oxidación lipídica** (Jadhav *et al.*,1996). Estos compuestos son lábiles y se descomponen rápidamente (Allen, 1992).

La descomposición de los hidroperóxidos puede ser monomolecular y/o bimolecular, la reacción monomolecular es favorecida por la presencia de iones metálicos y compuestos como la hemoglobina o clorofila, mientras que la descomposición bimolecular tiene lugar, cuando el grado de deterioro de los lípidos contenido en el alimento lo hace inaceptable (Belitz, 1998).

Como resultado de la descomposición de los hidroperóxidos, se originan compuestos carbonílicos (aldehídos y cetonas), de bajo peso molecular y muy volátiles, ejemplos de tales compuestos se muestran en la **tabla 6**. Además son responsables de los olores desagradables y sabores rancios, que reducen la vida en anaquel así como el valor nutritivo de los alimentos (Labuza, 1971).

El compuesto que se produce en mayor proporción durante el deterioro de los lípidos es el hexanal, mismo que se forma a partir del ácido linoleico (Labuza, 1971) como lo muestra la **Fig. 4**.

Los resultados obtenidos por Warner *et al*; (1996), muestran que el hexanal es el aldehído que se produce en mayor proporción durante la oxidación de los lípidos en cacahuates tostados y su umbral de percepción es de 150 ppm, cuando la producción de hexanal alcanza la concentración correspondiente a su umbral de percepción el producto es rechazado por el consumidor.

1.3.2.1.3 Terminación

Cuando la cantidad de ácidos grasos insaturados presentes en la matriz disminuye toman lugar las reacciones de terminación, a través de la colisión de dos radicales dando lugar a la formación de productos no radicales, y de esta manera se interrumpen las reacciones de propagación (Jadhav *et al.*, 1996).

Tabla. 6
Compuestos responsables del olor rancio en aceite

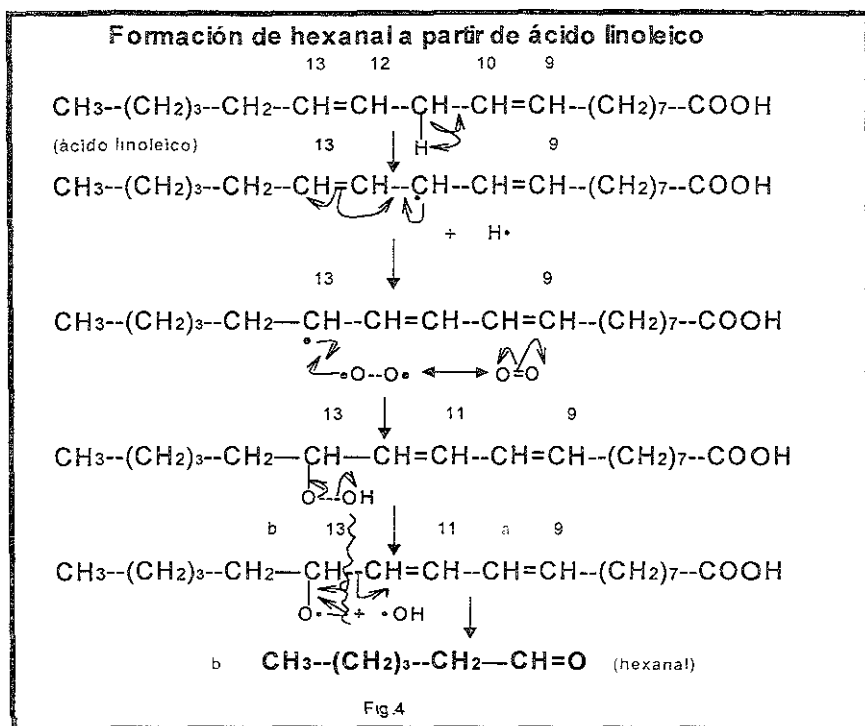
Compuesto	Umbral de percepción olfatoria (ppm)
Propanal	0.02
Hexanal	0.04
Undecanal	0.1
Butanal	0.15
Pentanal	0.15
Octanal	0.32
Heptanal	0.46
Dodecanal	0.46
Acético	0.6
Nonanal	1
ác. Butírico	2.5

(Labuza, 1971)

Durante esta etapa tienen lugar los pasos 4, 5 y 6 del mecanismo de reacción vía radicales libres mostrado en la **Fig.3**.

Si la oxidación se desarrolla en presencia de una elevada presión de oxígeno, el proceso de terminación se da casi exclusivamente a través de la reacción 4, obteniéndose como productos cetonas, aldehídos y alcoholes (compuestos con grupos carbonilo) denominados productos secundarios de la oxidación de los lípidos, que a su vez pueden experimentar oxidación dando lugar a los productos terciarios del proceso de rancidez (Belitz, 1998).

Pero si las condiciones de reacción corresponden con un sistema donde la presión de oxígeno es baja, la terminación tendrá lugar mediante las reacciones 5 y 6, rindiendo productos no radicales como los hidrocarburos (Labuza, 1971)



1.3.2.2 Oxidación por efecto de la enzima lipooxigenasa

Esta clase de enzimas son especialmente abundantes en cereales como el trigo, legumbres y leguminosas como la soya, además pueden ser producidas por mohos (*Fusarium oxysporum*) (Gerald, 1993) Las lipooxigenasas son metaloproteínas que contienen un ión Hierro (St. Angelo, et al., 1979) en su centro activo y durante su actividad el Fe(II) se oxida a Fe(III).

Su acción consiste en catalizar la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, linolénico y araquidónico) que poseen sistemas

pentadieno [1cis, 4-cis] $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-$, por oxígeno molecular, dando lugar a la formación de un peróxido orgánico con dobles enlaces conjugados (Gerald, 1993).

Las enzimas de origen vegetal actúan principalmente sobre el ácido linoleico y el linolénico mientras que las de origen animal lo hacen sobre el ácido araquidónico (Belitz, 1998).

La peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados catalizada por la enzima lipooxigenasa se lleva a cabo en cuatro pasos, según observó Tappel (1962), en aceite de soya, esta misma serie fue completada por Samuelson (1967) (Guillaumin, 1988).

Para que tenga lugar la peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, se requiere de la presencia de una molécula iniciadora (ácido diénico) de estructura malónica, insaturado y en configuración cis.

- En el primer paso un átomo de hidrógeno es eliminado del carbono central del grupo metileno (carbono 11), mismo que se oxida dando un protón, en este paso se forma un radical libre.
- En el segundo paso el radical pentadienilo unido al enzima se transforma en un sistema dieno conjugado.
- Posteriormente se da la captación de oxígeno, mediante un biradical oxígeno (O^*-O^*) que es insertado en la posición 13, dando lugar a la formación de un radical peróxido.

- En la cuarta etapa el radical peróxido es reducido por la enzima, a través de la inserción de un protón entonces la moléculas es liberada como hidroperóxido (Multon, 1988).(Fig.5)

St. Angelo *et al.*, (1979) reportan que en 1975 se aislaron y purificaron tres isozimas con actividad lipooxigenasa a partir de semillas de cacahuete, dos de las cuales tienen un pH óptimo a 6.2 y la tercera a 8.3. El peso molecular que se reporta para cada una de las isozimas es de 73 000, un poco más pequeñas que las encontradas en granos de soya (102 000 daltons).

Las lipooxigenasas provenientes de cacahuete producen una mezcla de 9- y 13-hidroperóxidos a partir de ácido linoleico, en una proporción de 50/50. Otros estudios realizados reportan como resultado de la acción de la lipoxigenasa de cacahuete sobre el ácido linoleico la generación de los siguientes productos: cis-9-13-hidropéroxido, ácido trans-11-octadecadienoico, trans-9-13-hidropéroxido, trans-10-9-hidroperóxido y ácido trans-12-octadecadienoico (Patte y Singleton, 1997), aunado a la producción de pentano como principal compuesto volátil generado.

Mecanismo de acción de la lipooxigenasa sobre ácidos grasos poliinsaturados

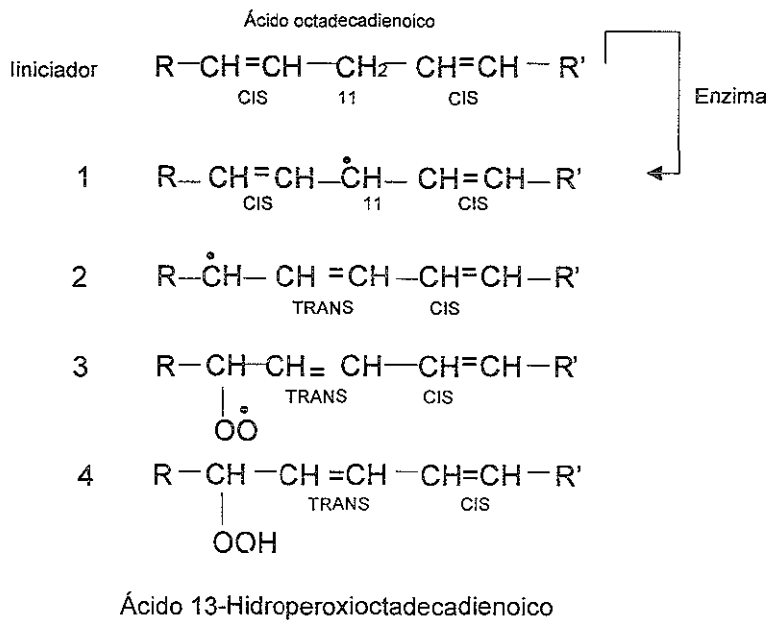


Fig 5

1.4 EFECTO DE LA ACTIVIDAD ACUOSA EN LA OXIDACIÓN DE LOS LÍPIDOS

Debido a que el agua forma parte de muchos sistemas alimentarios, juega un papel importante en las reacciones que se llevan a cabo en los alimentos, razón por la cual resulta conveniente entender la relación que existe entre el contenido de humedad y la velocidad de oxidación de los lípidos, dada la imperiosa necesidad de extender la vida en anaquel de los alimentos manteniendo su calidad.

En los sistemas alimentarios el agua cumple con numerosas funciones, ya que puede actuar como solvente y movilizar a los reactivos, actuar como sustrato en reacciones químicas o interactuar con los demás componentes del alimento a través de la formación de puentes de hidrógeno (Labuza, 1980), además puede ser adicionada como agente plastificante.

La Actividad acuosa o disponibilidad termodinámica del agua, se define como:

$$\frac{P}{P_0} = A_w \quad (a)$$

En la ecuación (a), el término A_w es la actividad de agua, P es la presión del vapor agua en el alimento y P_0 es la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura (Karel y Yong, 1981).

La concentración, congelación y secado son procesos utilizados en la industria alimentaria para reducir la actividad acuosa en el alimento. Dichas operaciones pueden llevar al alimento a un nivel de humedad intermedia o de baja humedad, siendo en esta última región donde la oxidación lipídica comienza a ser una forma importante de degradación. También, durante la deshidratación se puede dar lugar a la formación de radicales libres produciéndose una aceleración en la oxidación de los lípidos.

En los lípidos la velocidad de las reacciones de oxidación aumenta cuando al valor del A_w es menor al de la monocapa ($A_w < 0.2$). Esto se puede explicar al considerar que los metales (Cu, Fe, Co y Cd) presentes en la matriz alimentaria, no poseen su capa de hidratación, lo que favorece su actividad catalítica.

Se ha encontrado que a valores de A_w en el intervalo de 0.2–0.3, las nueces presentan su máxima estabilidad, razón por la cual dicho intervalo es considerado como el punto de óptima estabilidad para alimentos deshidratados (Labuza, 1980).

Cuando el valor de A_w oscila de 0.4 a 0.7, la velocidad de oxidación de los lípidos insaturados aumenta, pudiendo deberse al incremento en la movilización de los catalizadores presentes en la fase acuosa, pues a este nivel de actividad acuosa se ve favorecido el rompimiento de los hidroperóxidos con la respectiva formación de radicales libres.

En la **Fig. 6**, se muestra el comportamiento de la velocidad de oxidación de los lípidos en función del A_w .

Oxidación de los lípidos en función de la actividad acuosa

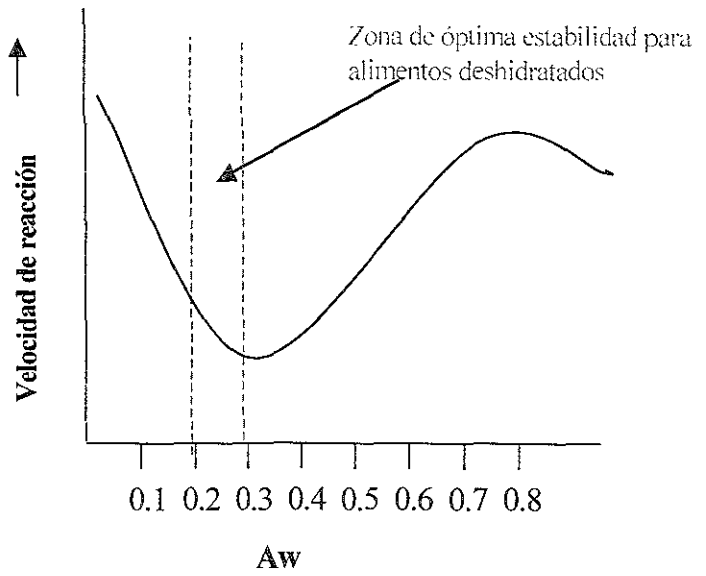


Fig. 6

1.5 ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son sustancias capaces de detener, retardar o prevenir el desarrollo de la rancidez en los alimentos (Allen, 1992), son aditivos alimentarios que se añaden intencionalmente a los alimentos procesados para prevenir la peroxidación de los lípidos y la degradación de los sabores durante el almacenamiento, así como extender su vida en anaquel (Deshpande *et al.*, 1996).

La extensión de la vida de anaquel depende de la composición del alimento, antioxidante empleado, procesamiento, empaquetado y de las condiciones de almacenamiento.

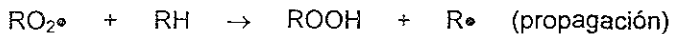
El antioxidante ideal debe poseer las siguientes características:

1. Ofrecer seguridad de uso.
2. No debe impartir olor, color y sabor.
3. Deberá ser efectivo en bajas concentraciones.
4. Ser de fácil incorporación.
5. Poseer resistencia a procesos de cocción tales como horneado, freído y tostado.
6. Presentar disponibilidad y bajo costo (Allen, 1992).

Los antioxidantes utilizados habitualmente en alimentos son los fenoles mono o polihídricos con varias sustituciones en el anillo(ver [Fig.7](#))

1.5.1 Mecanismo de acción

El mecanismo de acción de los antioxidantes (AH) se puede visualizar como una competencia entre la reacción de inhibición y la reacción de propagación en cadena.



Los antioxidantes reaccionan con los radicales libres formados, regenerando al sustrato original. Y los radicales libres que se forman a partir de las moléculas de antioxidante (A^\bullet) son relativamente estables y no tienen la energía suficiente para reaccionar con el sustrato (RH) y originar otros radicales libres (R^\bullet).

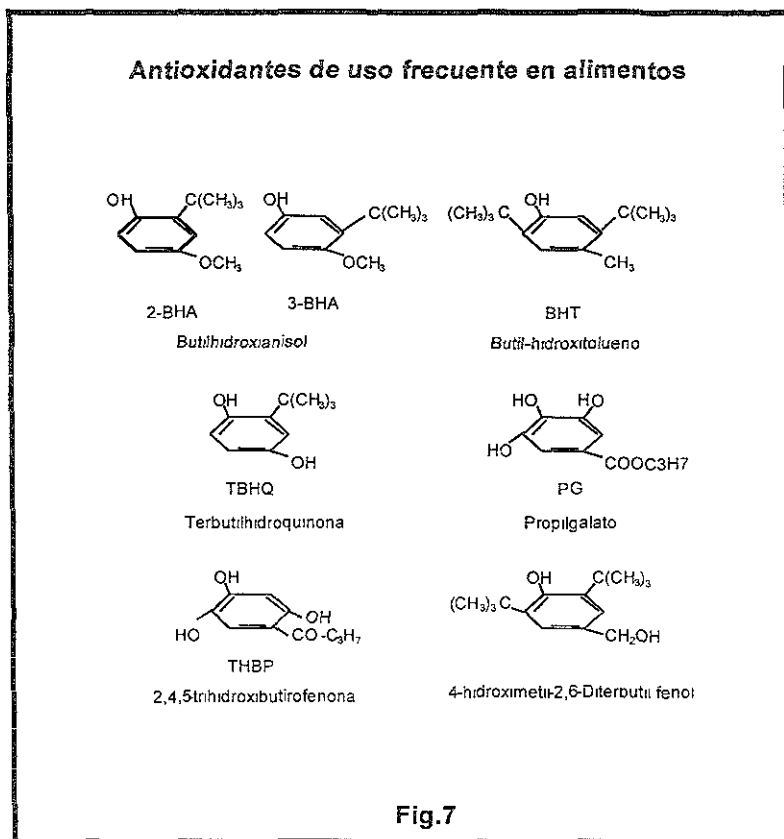
1.5.2 Clases de antioxidantes

Los antioxidantes se encuentran clasificados en dos tipos que son:

1. Antioxidantes primarios
2. Antioxidantes secundarios o preventivos.

Los antioxidantes primarios, son aquellos que intervienen en las reacciones de propagación rompiendo las reacciones en cadena, y su actividad antioxidante se debe a la presencia de grupos donadores de electrones en las posiciones orto y

para del anillo fenólico. Presentes en cantidades traza, pueden reaccionar con los radicales peróxido antes de que reaccionen con las moléculas insaturadas de los ácidos, dando lugar a productos más estables.



Los antioxidantes secundarios o sinergistas, son compuestos que retardan la velocidad de iniciación de la reacción en cadena por mecanismos diferentes al seguido por los antioxidantes primarios. Estos antioxidantes reducen la velocidad de autooxidación de lípidos por procesos tales como: quelación de metales, captación de oxígeno, absorción de radiación UV y desactivación de oxígeno singulete (Madhavi, 1996).

1.5.3 Sinergismo

Es un fenómeno que se produce cuando una mezcla de antioxidantes exhibe una actividad mayor, a la suma de las actividades de los antioxidantes utilizados individualmente (Fennema, 1993).

Se conocen dos tipos de sinergismo, uno que implica la acción de aceptores de radicales libres mezclados y otro que implica la acción combinada de un aceptor de radicales libres y un quelante de metales. En la Tabla 7, se muestran algunos ejemplos de antioxidantes primarios y secundarios.

1.5.4 Antioxidantes utilizados en cacahuete y formas de adición

Existe una gran variedad de antioxidantes que pueden ser utilizados para extender la vida en anaquel de cacahuete. Los antioxidantes primarios utilizados pueden ser de naturaleza fenólica, provenir de fuentes naturales o sintéticas. Mientras que los sinergistas o desactivadores de metales, normalmente son ácidos o sales del ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido tartárico y ácido fosfórico.

En la manufactura de cacahuates fritos generalmente se utiliza una mezcla de propilgalato y ácido cítrico, disueltos en propilenglicol, mezclados con sal.

Dicha mezcla logra incrementar la vida en anaquel del producto del 50 al 200% (Hall y Sair, 1950).

Tabla. 7
Antioxidantes

Primarios	Sinergistas
Tocoferoles	Acido cítrico y citrato de isopropilo
Goma guaiaco	
Propilgalato	Acido fosfórico
Butilhidroxianisol (BHA)	Acido tiopropiónico y sus didodecil, dilauril y dioctadecil ésteres
Butilhidroxitolueno (BHT)	
2,4,5-Trihidroxibutirofenona (THBP)	
4-hidroximetil-2,6-di-terbutilfenol	Acido ascórbico y pantoato de ascorbilo
Terbutilhidroxiquinona (TBHQ)	Ácido tartárico, Lecitina

(Fennema 1993)

Por otro lado se ha encontrado que los cacahuates tratados con mezclas de BHA + BHT y BHA + propilgalato, ofrecen una buena resistencia frente al proceso de rancidez; viéndose favorecidos los cacahuates que han sido asperjados con la combinación de BHA + BHT, debido a su extrema solubilidad en aceites vegetales y a su fácil manejo. Mientras que la combinación que contiene propilgalato presenta cierta tendencia a reaccionar con el equipo aspersor, hecho que constituye una desventaja para su aplicación.

En el estudio reportado por Hoover y Nathan (1981), se encontró que el antioxidante TBHQ (Tenox 20A) es altamente efectivo en cacahuates tostados,

pues retarda la formación de compuestos carbonilos provenientes de la oxidación de los lípidos, cuando es utilizado en concentraciones que van del 0.01% al 0.03%. Viéndose favorecido su efecto conforme aumenta la concentración de antioxidante. Además de ser especialmente efectivo en grasas y aceites altamente insaturados, posee las mejores características de solubilidad. Ambos hechos lo señalan como el antioxidante de mayor eficiencia en la inhibición de la oxidación lipídica.

La formas de adición de antioxidante en cacahuate, reportadas por la literatura son las siguientes:

1. **En el aceite de freído.** Aunque esta opción pueda parecer la mejor, la experiencia ha mostrado que la adición de antioxidante en una proporción del 0.125% al 0.25% al aceite de freído, no retarda eficazmente la rancidez en cacahuates tostados, debido a que, el calentamiento continuo a elevadas temperaturas (163-191°C) disminuye la actividad del antioxidante. Sin embargo, la mezcla (24.8% propilgalato, 22.5% ácido cítrico y 52.7% propilenglicol) tiene un efecto decolorante en el aceite de freído.

2. **En sal.** Esta es una forma fácil y efectiva de usar el antioxidante sobre cacahuates fritos salados, la mezcla de antioxidantes y sal se prepara como sigue:

Propilgalato	2.48Kg
Ácido cítrico	2.25Kg
Propilenglicol	<u>2.27Kg</u>
	10.00Kg

La adición de 10Kg del concentrado a 40.5Kg de sal da como resultado un producto con libre flujo, que puede ser utilizado en una proporción de 2Kg/100Kg de cacahuete. Lográndose así, una extensión de la vida en anaquel correspondiente con el doble de la presentada por los cacahuates sin antioxidante (Anon, 1965).

3. Aspersión directa sobre los cacahuates. Esta opción se fundamenta en la aspersión del antioxidante en solución sobre los cacahuates, inmediatamente antes de realizar el salado, si se desea. Obteniéndose una doble protección, siendo el efecto neto un incremento del 137% en la vida en anaquel.

Esta técnica se puede aplicar en procesos de manufactura continuos o por lotes. Además la cantidad de antioxidante se puede regular, a través de ajustes en la concentración de la solución asperjada, mediante el tipo de boquilla usada en el aspersor o regulando la velocidad de la cinta transportadora de cacahuete.

Esta forma de adición puede llegar a incrementar hasta 4 veces la vida en anaquel de los cacahuates.

Materiales

y

Métodos

2.1 METODOLOGÍA

La realización del estudio se llevó a cabo en las siguientes etapas:

- 1) Evaluación de la calidad química a materias primas.
- 2) Estudio de vida de anaquel.
- 3) Comparación de la calidad química del producto elaborado con la de otros existentes en el mercado.

Las actividades desarrolladas en cada una de las etapas antes mencionadas, se muestran de manera esquemática en la **Fig.8**.

2.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA A MATERIA PRIMA

Esta primera etapa tiene como objetivo evaluar la calidad química tanto del cacahuete fresco, que será utilizado en la manufactura de la botana (cacahuete estilo japonés) como la del antioxidante que también será utilizado en la elaboración del producto.

Para evaluar la calidad química del cacahuete fresco, fue necesario realizar un muestreo al cacahuete encontrado en las instalaciones de la planta. La calidad química en este caso, se evalúa a través de la cuantificación del valor peróxido e índice de acidez, debido a su naturaleza oleaginosa. Ambas determinaciones se realizan en el material lipídico que se extrae de las semillas de cacahuete.

La calidad química del antioxidante fue evaluada mediante una prueba de pureza

Estudio para evaluar la vida en anaquel de cacahuate procesado

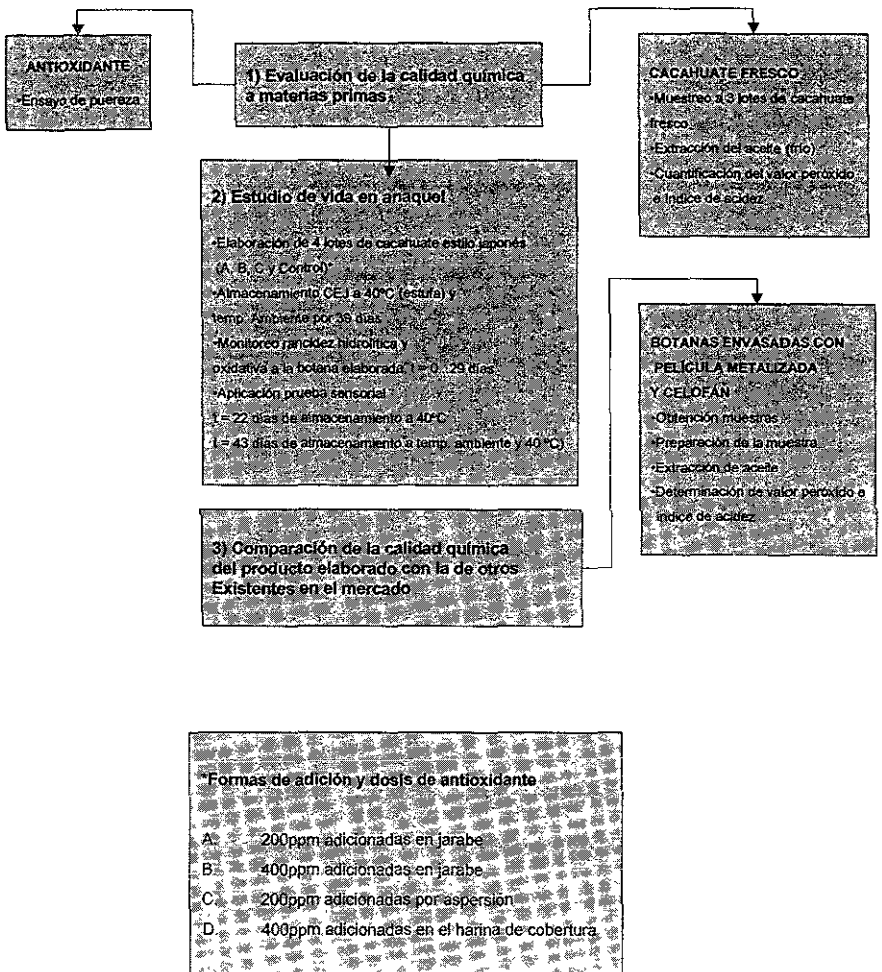


Fig. 8

2.2.1 Evaluación de la calidad química de Cacahuete Fresco

La evaluación de la calidad del cacahuete fresco involucro una serie de operaciones, dentro de las que se encuentran: muestreo, extracción del aceite de cacahuete y determinación del valor peróxido e índice de acidez.

2.2.1.1 Muestreo

El muestreo de los cacahuates se realizo de a cuerdo con la técnica reportada por Kramer (1970) y Woodroof (1983).

Para realizarlo fue necesario considerar el tamaño de cada uno de los tres lotes de cacahuete fresco encontrados en la bodega, dicho tamaño se establece conociendo el número de sacos de que consta cada lote así como la capacidad de los mismos. Y considerando los datos antes mencionados se procedió a recolectar las muestras, mismas que fueron identificadas y transportadas al laboratorio dónde serían analizadas.

2.2.1.2 Extracción de aceite de cacahuete

En esta etapa se llevo a cabo la extracción del aceite de cacahuete, mediante la aplicación de una variante del método de extracción directa con disolventes, con la cual se obtienen los lípidos libres, que básicamente consisten en grasas neutras (triglicéridos) y ácidos grasos libres.

El método tradicional se efectúa en los alimentos por extracción del material seco y molido con una fracción ligera de petróleo o éter etílico, en un aparato de extracción continua (Kirk, 1996); las variaciones realizadas fueron

- 1) Sustitución de los disolventes propuestos por una mezcla de diclorometano-metanol.
- 2) La extracción se realiza con ayuda de agitación mecánica y en frío (extracción por lotes), para evitar la promover las reacciones de oxidación en el aceite obtenido.

Para facilitar la extracción del aceite fue necesario dar un tratamiento previo a las muestras, mismo que consistió en la reducción del tamaño de las semillas para que, de esta manera se aumente la superficie de contacto entre el disolvente y la muestra.

La reducción de tamaño de las muestras de cacahuate fresco (60 g) se consiguió con ayuda de un procesador de alimentos (OSTERIZER, Super de luxe), siendo sometidos los cacahuates a un proceso de molienda por espacio de 2 min.

Una vez que las muestras fueron molidas se pusieron en contacto con 150 mL de una mezcla de disolventes (diclorometano/metanol, 70:30), por espacio de una hora con agitación manual cada 15 min., pasado este tiempo se removió el extracto por decantación sobre un filtro de algodón, que vertía su contenido a un embudo provisto con un filtro de papel (Whatman No. 1), finalmente el extracto fue recolectado en un matraz boia según se muestra en la **Fig.9**.

La pasta de cacahuate proveniente de la primera extracción fue sometida, a una segunda extracción con dos volúmenes (75 mL) de la mezcla de disolventes con agitación ocasional; recuperándose el extracto de la misma

forma que el antes obtenido; ambos extractos se colectaron en el mismo matraz bola

Una vez finalizado el proceso de extracción, se procedió a eliminar el disolvente presente en el extracto con un rotavapor (BÜCHI, MODELO 113048) cuyo baño de agua se encontraba a 35°C.

El aceite obtenido se empleo posteriormente para la evaluación del deterioro químico del cacahuate utilizado como materia prima, a través de las determinaciones del valor peróxido e índice de acidez.



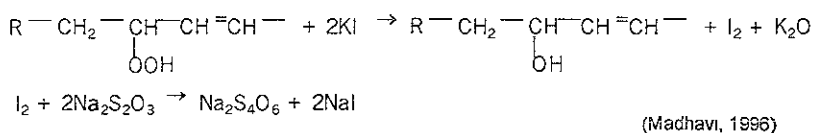
2.2.1.3 Determinación del valor peróxido e índice de acidez

Se realizaron las determinaciones de valor peróxido e índice de acidez, ya que evalúan tanto el deterioro oxidativo como el hidrolítico. Los métodos empleados son los reportados por el AOAC (1995).

2.2.1.3.1 Valor Peróxido (VP)

El Valor Peróxido es una determinación que indica si el aceite a sufrido autooxidación (Hart,1971), el método empleado es una técnica volumétrica yodométrica que cuantifica los peróxidos e hidroperóxidos formados durante la oxidación de los lípidos.

Se fundamenta en la determinación del yodo liberado a partir de una solución saturada de yoduro de potasio (Pomeranz, 1994), como se muestra en la siguiente reacción.



Los resultados obtenidos se expresan como miliequivalentes de peróxidos por Kilogramo de aceite de cacahuete.

La determinación del valor peróxido se realizó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Pesar de $5.00 \pm 0.05\text{g}$ del aceite de cacahuate recién extraído en un matraz erlenmeyer de 500 ml. Añadir 30 mL de la mezcla de disolventes ácido acético-diclorometano (3:2 v/v) y agitar hasta disolver la muestra.

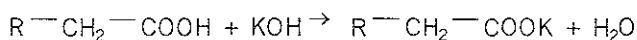
Posteriormente, añadir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio y dejar reposar 1 min. en la oscuridad, moviendo ocasionalmente, pasado el minuto añadir 30 ml de agua destilada desionizada.

Titular el yodo liberado con una solución de tiosulfato de sodio 0.01N, dejando caer la solución gota a gota mientras se agita vigorosamente, hasta la casi total desaparición del color amarillo del yodo. Entonces añadir 0.5mL de una disolución al 1% de almidón soluble y continuar la titulación, agitando vigorosamente, hasta la desaparición del color azul.

Realizar la determinación a un blanco de reactivos, cuyo título no debe pasar de 0.05mL de tiosulfato de sodio.

2.2.1.3.2 Índice de acidez (IA)

Con el objetivo de evaluar el deterioro hidrolítico del aceite de cacahuate se llevó a cabo la determinación del índice de Acidez. El método empleado consiste en una titulación ácido-base, como se muestra en la siguiente reacción.



(Madhavi, 1996)

Este índice es utilizado para evaluar el grado de deterioro hidrolítico, mismo que se manifiesta a través de la liberación de ácidos grasos provenientes de los triacilglicéridos, por acción de la lipasa o por calentamiento de las grasas en presencia de agua.

El índice de acidez puede ser expresado como el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar 1g de grasa o aceite (Hart, 1971), o bien como los mililitros de hidróxido de sodio usados para neutralizar los ácidos grasos de 100g de grasa. El contenido de ácidos grasos libres también se puede expresar como el porcentaje en peso del ácido graso presente mayoritariamente en la muestra.

Los resultados obtenidos se reportaron como % ácido oleico/100g de aceite de cacahuate.

Para realizar la determinación del índice de acidez se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Pesar de 0.50 ± 0.05 g del aceite de cacahuate recién extraído en un matraz erlenmeyer de 125 ml. Añadir 50 mL de etanol neutralizado y 0.5 mL de una solución de fenolftaleína al 1% (disolución alcohólica) y agitar para disolver la muestra.

Titular con una solución de hidróxido de potasio 0.025N hasta observar una coloración de la fenolftaleína débilmente rosa, que persista por espacio de unos 30 segundos

2.2.2 Prueba de Calidad del Antioxidante

La evaluación de la calidad química del antioxidante se llevo a cabo mediante una prueba de pureza. Para tal efecto se empleo una técnica cromatográfica (HPLC).

Las muestras de antioxidante analizadas fueron proporcionadas por la empresa manufacturera, mismas que una vez obtenidas fueron debidamente analizadas y transportadas al laboratorio dónde serían analizadas.

Para realizar la prueba de pureza se procedió como se describe a continuación:

1. Preparar dilución de 10.00 ± 0.05 mg de antioxidante en 100 mL de metanol grado HPLC.
2. Filtrar la solución a través de un acrodisco de 35mm con filtro de 0.45μ .
- 3 Inyectar la solución filtrada al cromatógrafo (Beckman 166, System Gold).

Las condiciones del análisis cromatográfico fueron las siguientes:

Columna: Spheriosorb C_{18} , Phenomex

Dimensiones: 25.00mmX4.6mm

Tamaño de partícula: 5μ m

Fase móvil: Metanol/ác. Acético (68.5/31.5), al 10% en agua

Flujo: 1 ml/min

Detector: U. V. 280 nm @ 0 005 aufs

Loop: 5μ

Volúmen de inyección: 20 μ l

Las actividades antes descritas se llevaron a cabo, para el estándar así como para las muestras 1 y 2 de antioxidante.

2.3 ESTUDIO DE VIDA DE VIDA DE ANAQUEL

El estudio se realizó con el objetivo de conocer el comportamiento del producto durante su almacenamiento, tanto a temperatura ambiente como a cuarenta grados centígrados. Además de evaluar el comportamiento de la forma de adición del antioxidante así como de la dosis empleada, para lo cual se elaboraron cuatro lotes de cacahuete estilo japonés.

2.3.1 Elaboración de cuatro lotes de cacahuete estilo japonés

En la producción de los cuatro lotes de cacahuete estilo japonés, se realizaron variaciones tanto en la forma de adición del antioxidante como en la dosis empleada, conservándose el resto de los procedimientos con los cuales la empresa elabora tradicionalmente el producto.

La variación en la forma de adición y en la dosis de antioxidante, tuvieron como objetivo encontrar las condiciones que garantizaran la mayor vida en anaquel del producto, es decir aquellas que logran inhibir con mayor eficiencia el proceso de autooxidación, pues como es sabido durante dicho proceso se desarrollan sabores y olores desagradables que propician el rechazo del producto por parte del consumidor.

Para la elaboración del cacahuete estilo japonés, se emplean los siguientes ingredientes: cacahuete fresco, harina de trigo, jarabe de maíz, salsa de soya como saborizante y antioxidante.

En la confección de la botana, al cacahuete fresco se le adiciona una primera cantidad de jarabe para crear una película en su superficie, que permita la adhesión del harina con la cual se mezclan

Tales acciones se repiten de forma alternada, hasta que el producto alcanza el tamaño deseado. Entonces los cacahuates cubiertos con harina son sometidos a un proceso de tostado a $\pm 120^{\circ}\text{C}/1\text{hr}$, transcurrido el tiempo de tostado son bañados con salsa de soya; finalmente se enfrían y empaican en bolsas de celofán (Fig. 10).

Proceso de manufactura de cacahuete estilo japonés

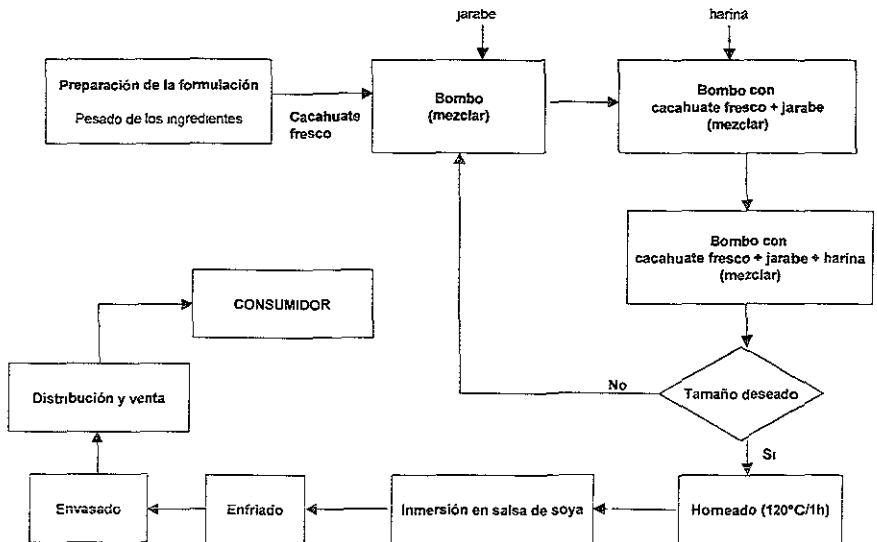


Fig. 10

Los lotes se prepararon de a cuerdo con el siguiente esquema:

LOTE A (50 Kg de cacahuate)

- Dosis 200ppm de Antioxidante
- Forma de adición: incorporación de solución alcohólica en 1 Kg. de jarabe

LOTE B (50 Kg de cacahuate)

- Dosis 400ppm de Antioxidante
- Forma de adición: Incorporación de solución alcohólica en 1 Kg. de jarabe

LOTE C (50 Kg de cacahuate)

- Dosis de 200ppm
- Forma de adición: Aspersión de la solución alcohólica

La aspersión se realizó directamente sobre los cacahuates contenidos en el bombo (Fig.10), antes de la primera carga de jarabe. De esta forma el alcohol empleado para solubilizar al antioxidante es fácilmente evaporado, dejando sobre la epidermis del cacahuate al antioxidante homogéneamente incorporado.

LOTE Control (50 Kg de cacahuate)

- Dosis empleada tradicionalmente equivalente a 400ppm
- Forma de adición tradicional: incorporación en la harina

2.3.2 Almacenamiento de los 4 lotes de cacahuate estilo japonés

Para evaluar el efecto de la temperatura sobre la rancidez, los cuatro lotes de cacahuate estilo japonés elaborados fueron divididos y almacenados a dos condiciones de temperatura, temperatura ambiente (22-25°C) y $40 \pm 0.5^\circ\text{C}$, debido a que concuerdan con las condiciones climáticas que enfrenta el producto durante su comercialización, en las zonas tropicales del país.

Tales condiciones de temperatura se mantuvieron con ayuda de incubadoras (RIOS ROCHA, Modelo EG-51), durante un periodo de 43 días.

2.3.3 Monitoreo del deterioro oxidativo e hidrolítico

Con el objetivo de conocer la evolución del deterioro hidrolítico y oxidativo de los cuatro lotes de cacahuate elaborados, se llevó a cabo el seguimiento del índice de acidez y del valor peróxido respectivamente a través de un monitoreo que tuvo lugar a partir del tiempo cero (día de elaboración) hasta los 29 días de almacenamiento.

Debido a que durante las etapas tempranas del deterioro oxidativo de lípidos, la producción de peróxidos va en aumento.

Es importante destacar que de cada lote se fueron analizando muestras de ± 120 g., de producto (dos bolsas de ± 60 g), mismas que se procesaron según se indica en la sección 2.2.1.2.

2.3.4 Prueba sensorial afectiva

Con el objetivo de correlacionar el contenido de peróxidos desarrollados en el producto durante su almacenamiento con el rechazo del producto por parte del consumidor, debido a ser considerado como rancio, se decidió aplicar una prueba sensorial afectiva a los 22 y 43 días de almacenamiento.

2.3.4.1 Aplicación de la prueba sensorial.

La prueba se aplicó a los 22 días de almacenamiento sólo para las muestras que se encontraban almacenadas a 40°C y a los 43 días de

almacenamiento para las muestras almacenadas a ambas temperaturas de trabajo (Temp. Ambiente y 40°C).

Los atributos evaluados fueron sabor y olor, por ser considerados como los indicadores más adecuados para identificar el deterioro oxidativo (rancidez).

Para la aplicación de la prueba se utilizaron de 5 – 6g de muestra, mismos que fueron colocados en recipientes transparentes de plástico previamente etiquetados con combinaciones aleatorias de letras y presentados a los consumidores junto con un cuestionario, finalmente se explicó a los jueces el procedimiento para realizar la prueba.

La prueba aplicada se denomina “Prueba de Preferencia” (Pedrero, 1989) y con ella se evalúa el grado de aceptación del producto. Para su aplicación fue necesario contar con la participación de jueces afectivos (consumidores habituales o potenciales de cacahuates estilo japonés). Es importante destacar que estas personas no deben conocer la problemática del estudio

La prueba aplicada tiene como objetivo que las muestras sean ordenadas con base en las preferencias de los consumidores, y de esta manera poder evaluar la aceptación o rechazo de las muestras para su consumo.

Los datos generados se tabulan y analizan mediante un análisis de ordenamiento por rangos

2.4 COMPARACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL PRODUCTO ELABORADO CON LA DE OTROS EXISTENTES EN EL MERCADO

La tercera etapa del estudio tuvo como objetivo conocer el grado de deterioro presente en productos similares al elaborado, en el punto de venta al detalle. Y de esta forma determinar si el nivel de deterioro desarrollado en el cacahuate estilo japonés dentro de su vida de anaquel corresponde con el nivel observado en los productos comerciales.

Para realizarlo fue necesario realizar las actividades que a continuación se describen.

2.4.1 Obtención de muestras

Las muestras de cacahuate estilo japonés empacadas en celofán disponibles en el mercado, fueron adquiridas en la plaza de dulces localizada en la merced (Cd. México) Mientras que las muestras envasadas con material metalizado fueron obtenidas en la tienda UNAM.

Durante la adquisición de las muestras se procuró que estuvieran dentro del periodo de vida de anaquel correspondiente al producto, mismo que en algunas ocasiones es reportado por el fabricante, en la envoltura del producto y que además procedieran de lotes diferentes.

Las muestras adquiridas fueron trasladadas al laboratorio dónde fueron codificadas para su posterior manipulación.

2.4.2 Evaluación del grado de deterioro

Para evaluar el grado de deterioro en las diferentes muestras de producto comercial se procedió a:

- 1) Homogenizar de 100 -120g de producto.
- 2) Extracción del aceite de cacahuete.
- 3) Determinación del valor peróxido e índice de acidez.

Los detalles del procedimiento fueron descritos en la sección **2.2.1.2** del presente capítulo.

Resultados

y

Discusión

3.1 EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO EN MATERIA PRIMA

La **Fig. 8**, muestra de forma esquemática cada una de las etapas involucradas en el desarrollo del estudio, cuyo objetivo radica en evaluar la vida en anaquel de cacahuete procesado.

3.1.1 Cacahuete fresco

En esta etapa, se evaluó el deterioro del cacahuete fresco, a través de la cuantificación tanto del valor peróxido como de índice de acidez, ambos indicadores de la calidad química del material lipídico presente en los cacahuates.

El desarrollo involucro la realización de un muestro a los cacahuates encontrados en el almacén de la planta, para lo cual se revisaron los métodos reportados por Kramer (1970) y Woodroof (1983).

Al momento de realizar la toma de muestra, en el almacén se encontraron tres lotes de cacahuete fresco identificados como se muestra a continuación.

Lote 1: Georgia

Lote 2: Texas 6728

Lote 3: Texas 6696

La toma de muestra se realizo de manera totalmente aleatorizada y con base en la cantidad de sacos almacenados en planta, se decidió tomar 8 muestras para el lote 1 y 3 muestras tanto para el lote 2 como para el lote 3.

Dichos lotes estaban formados por un total de 120 sacos que contenían 50 Kg. de cacahuete por saco.

Las muestras obtenidas fueron transportadas al laboratorio para su inmediato análisis: fueron procesadas de acuerdo con las técnicas que reporta el AOAC (Official Methods of Analysis, 1995) para cuantificar el índice de acidez y el valor peróxido.

Dado que los cacahuates provenientes del lote 1, serían utilizados para manufactura del cacahuete estilo japonés, las muestras obtenidas a partir de dicho lote fueron analizadas por cuadruplicado. Mientras que las muestras provenientes de los lotes 2 y 3 se evaluaron por duplicado, debido a que en tales lotes el muestreo se realizó únicamente a nivel de inspección, pues no serían utilizados para elaborar el producto antes mencionado.

Los resultados correspondientes a esta etapa se muestran en la **Tabla. 8**, en donde además del promedio de todas las repeticiones, se reporta su desviación estándar.

Deterioro oxidativo

De los resultados se observa que el lote que presento el menor contenido promedio de peróxidos fue el lote 3, correspondiéndole un valor de 1.085mek/Kg. grasa, mientras que el mayor nivel de peróxidos correspondió al lote 2 con 2.304meq/Kg. Sin embargo el lote que presente menor variabilidad en cuanto a contenido de peróxidos fue el lote 1, mismo que fue utilizado para la elaboración de la botana.

Considerando que la cantidad de peróxidos recomendable en aceite de cacahuate es de 0.5meq/Kg grasa, según reporta Woodroof (1983). Podemos decir que ninguno de los lotes examinados concuerda con la recomendación debido a que en los tres casos se sobre pasa la especificación. Poniéndose de manifiesto que la materia prima a utilizar en la elaboración del producto desde origen tiene problemas de calidad pues el proceso oxidativo del material lipídico ya se encuentra iniciado, además puede tener repercusiones en la estabilidad del producto final

Estos resultados indican que los cacahuates evaluados presentan un estado inicial de oxidación, y según lo reportado por Divino *et al.*, (1996) la presencia de peróxidos en cacahuate fresco se debe a que el proceso oxidativo es originado por la lipooxigenasa. Además en 1979 Allen *et al.*, ya habían encontrado que dicha enzima es la responsable de la rancidez en semillas oleaginosas como el cacahuate, afectando su calidad.

Además la literatura reporta que existen al menos tres efectos deteriorativos de la acción de la enzima lipooxigenasa en los alimentos, 1) Destrucción de ácidos grasos esenciales como el linoleico, linolénico y araquidónico; 2) Daño a compuestos tales como vitaminas y proteínas, por los radicales libres producidos y 3) Desarrollo de sabores y olores desagradables (Whitaker, 1972).

También es importante notar que la lipooxigenasa promueve la formación de radicales libres en la semilla cruda, dando lugar al proceso de autooxidación de los lípidos del cacahuate.

Finalmente se puede decir que contenidos superiores a 0.5 meq/Kg. de peróxidos resultan críticos, pues revelan que el proceso oxidativo ha tomado lugar

promoviéndose inevitablemente la rancidez. Aunque dicho proceso es parcialmente inhibido por la adición de antioxidantes, su efecto disminuye a medida que el contenido de peróxidos aumenta en la materia prima.

Deterioro hidrolítico

Este tipo de daño se evaluó a través del contenido de ácidos grasos libres, mismo que fue reportado como porciento de ácido oleico.

En los tres lotes de cacahuete analizados se observó que el nivel de acidez cuantificado fue menor a 0.9% de ácido oleico (Gopala, 1995), reportado como característico de aceite de cacahuete.

Razón por la que resulta interesante hacer notar que el nivel de rancidez hidrolítica presente en la materia prima, no corresponde con un nivel crítico que ponga en riesgo la calidad del producto.

El bajo contenido de ácidos grasos libres en el cacahuete fresco se debe a que, es durante el proceso de germinación de las semillas cuando se da una elevada producción lípasas (Salisbury, 1994), mismas que catalizan la hidrólisis de los enlaces éster de los triacilglicéridos con la consecuente liberación de ácidos grasos. Dado que el almacenamiento de la materia se realizó en condiciones adecuadas, el proceso de germinación no tuvo lugar y en consecuencia no hubo liberación de ácidos grasos.

Tabla.8
Calidad de los cacahuates utilizados como materia prima

Lote 1		
	peróxidos	acidez
Muestra	meq/Kg. grasa	% ac. oleico
1a	2.037	0.777
1b	2.038	0.654
1c	2.671	0.019
1d	2.697	0.025
2a	1.652	0.669
2b	1.558	0.660
2c	2.239	
2d	2.137	
3a	1.755	0.827
3b	1.461	0.633
3c	1.788	
3d	1.815	
4a	1.945	0.331
4b	1.949	0.342
4c	2.907	0.050
4d	2.906	0.059
5a	0.966	0.411
5b	1.065	0.402
5c	1.892	0.072
5d	2.040	0.030
6a	1.348	0.390
6b	1.456	0.483
6c		0.137
6d		0.113
7a	1.067	0.380
7b	1.261	0.250
7c	1.993	0.271
7d	2.098	0.038
7e		0.049
8a	1.383	0.283
8b	1.408	0.464
8c		0.031
8d		0.018
Promedio	1.840	0.275
Desv. Est.	0.528	0.269

Lote 2		
	peróxidos	acidez
Muestra	meq/Kg. grasa	% ac. oleico
1a	0.537	0.335
1b	0.625	0.332
2a	2.285	0.557
2b	2.422	0.618
3a	4.008	0.535
3b	3.945	0.534
Promedio	2.304	0.485
Desv. Est.	1.520	0.121

Lote 3		
	peróxidos	acidez
Muestra	meq/Kg. grasa	% ac. oleico
1a	0.219	0.162
1b	0.331	0.155
2a	0.553	0.244
2b	0.552	0.221
3a	2.368	0.528
3b	2.488	0.524
Promedio	1.085	0.306
Desv. Est.	1.049	0.174

3.1.2 Prueba de calidad del antioxidante

Como acción conjunta al estudio de vida de anaquel, se decidió evaluar la calidad química del antioxidante, ya que es importante verificar que cumpliera con el grado de pureza recomendado, con lo cual se garantiza su capacidad para cumplir adecuadamente con su función.

Para evaluar la calidad química del antioxidante se analizaron dos muestras que fueron proporcionadas por la empresa, tales muestras no presentaban identificación alguna como podría ser número de lote y/o fecha de fabricación, razón por la cual fueron identificadas como muestra 1 y 2.

Por lo cual es importante hacer notar que una de las muestras (muestra 2) proporcionada por la empresa, fue reportada como fuera de especificación por el laboratorio de la misma.

De los resultados obtenidos (Tabla. 9) se puede decir que las muestras de antioxidante analizadas, presentaron un nivel de pureza ligeramente menor a lo especificado por el proveedor, pues a tales muestras mediante un ensayo cromatográfico les fue determinado un 99% de pureza. El antioxidante utilizado para la elaboración del producto correspondió con la muestra 1. En la Fig. 11, se presentan los cromatogramas obtenidos de la prueba de pureza.

A pesar de que el grado de pureza cuantificado en las muestras de antioxidante fue menor al correspondiente con la especificación del proveedor, se consideró que ambas muestras eran adecuadas para cumplir con su funcionalidad, esto es inhibir el proceso de rancidez oxidativa.

Tabla. 9
Resultados de pureza de antioxidante

Muestra	% pureza (g antioxid./100g muestra)
1*	97.45
2**	94.04

*empleada para el estudio de vida de anaquel

**reportada fuera de especificación por el laboratorio de la empresa

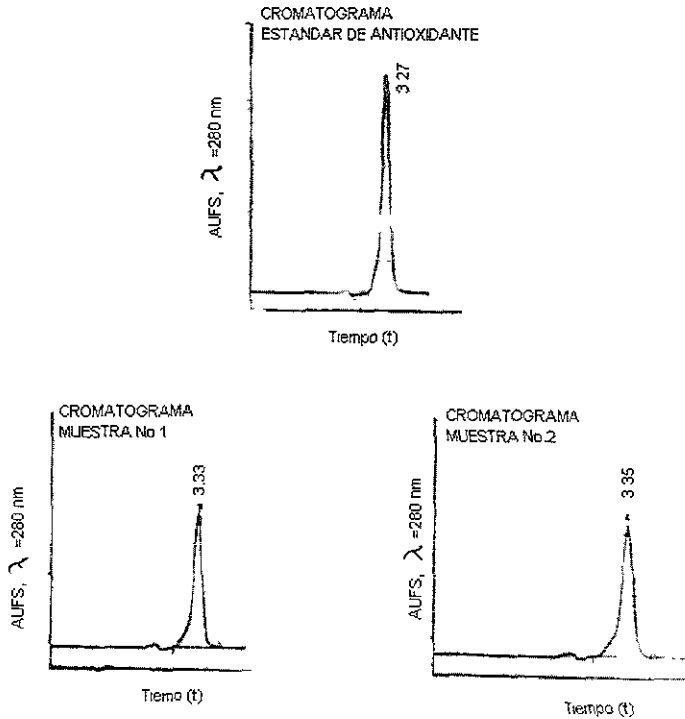


Fig.11 Cromatogramas obtenidos en la prueba de pureza del antioxidante

3.2 ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL

Esta etapa de la investigación consistió en evaluar el desarrollo del deterioro químico de los lípidos presentes en el producto, sometiéndolo a dos diferentes condiciones de almacenamiento

Se prepararon cuatro lotes de cacahuate estilo japonés con diferentes formas de adicción y concentración del antioxidante, siendo elaborados de acuerdo con el procedimiento tradicional de la planta.

Los cuatro lotes de cacahuate estilo japonés preparados fueron identificados según se muestra en la **tabla 10**, además a manera de recordatorio también se indica en la tabla la forma de adicción y la dosis de antioxidante empleada en cada uno de los lotes fabricados.

Tabla. 10
Forma de adición y dosis de antioxidante

Lote	Características
A	200ppm de antioxidante adicionadas en el jarabe
B	400ppm de antioxidante adicionadas en el jarabe
C	200ppm de antioxidante disueltas en etanol y asperjadas sobre los cacahuates frescos
Control	400ppm de antioxidante adicionadas en el harina

La concentración de antioxidante empleada fue de 200ppm debido a que dicha concentración es la permitida por los organismos de normalización

nacionales e internacionales. También se incluyó la dosis hasta ahora empleada por la empresa, que corresponde con 400ppm de antioxidante, para efectos comparativos.

Es importante señalar que la concentración de antioxidante se calcula considerando la cantidad de grasa en la muestra y no sobre la composición total.

El almacenamiento tuvo lugar durante 43 días y durante este periodo se monitoreo la rancidez hidrolítica y oxidativa, tomándose dos muestras (bolsas con 60g) por semana de cada lote, para determinar la cuantía del índice de acidez y del valor peróxido.

Del monitoreo realizado se generaron gráficas que muestran el comportamiento del deterioro oxidativo e hidrolítico que tiene lugar en el producto.

3.2.1 Efecto de la temperatura sobre el deterioro oxidativo de los cacahuates estilo japonés

Las Figuras **12 y 13** muestran el comportamiento del proceso oxidativo en cacahuete tostado, almacenado a temperatura ambiente y 40°C.

Las muestras analizadas al tiempo cero (día de elaboración) presentaron niveles de peróxidos por arriba de 2meq/Kg de grasa, lo cual corrobora el hecho de que el cacahuete utilizado como materia prima contiene cierta concentración inicial de peróxidos que resulta significativa, dada la naturaleza autocatalítica del proceso de oxidación de los lípidos.

Temperatura ambiente

A esta temperatura se observa que el deterioro oxidativo del cacahuete estilo japonés, presenta un periodo de inducción de 12 días, debido a que durante este tiempo la velocidad de producción de peróxidos es baja, y su velocidad de formación no guarda una relación directamente proporcional con respecto al tiempo.

Sin embargo los peróxidos formados son suficientes para dar lugar a las reacciones de propagación del mecanismo de autooxidación de los lípidos.

Por otro lado, es importante hacer notar que el periodo de iniciación del mecanismo de autooxidación, finaliza cuando aumenta considerablemente la concentración de peróxidos debido a que su velocidad de producción aumenta, reflejándose a través de una relación directamente proporcional entre la concentración de peróxidos y el tiempo.

Los hechos antes mencionado se denotan por el cambio de pendiente que sufre la curva de evolución de los peróxidos con respecto al tiempo.

Mientras que a los 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente, los cuatro lotes han alcanzado e incluso rebasado los 30 meqperox/Kg grasa especificados como límite para cacahuates tostados (Evránuz, 1993).

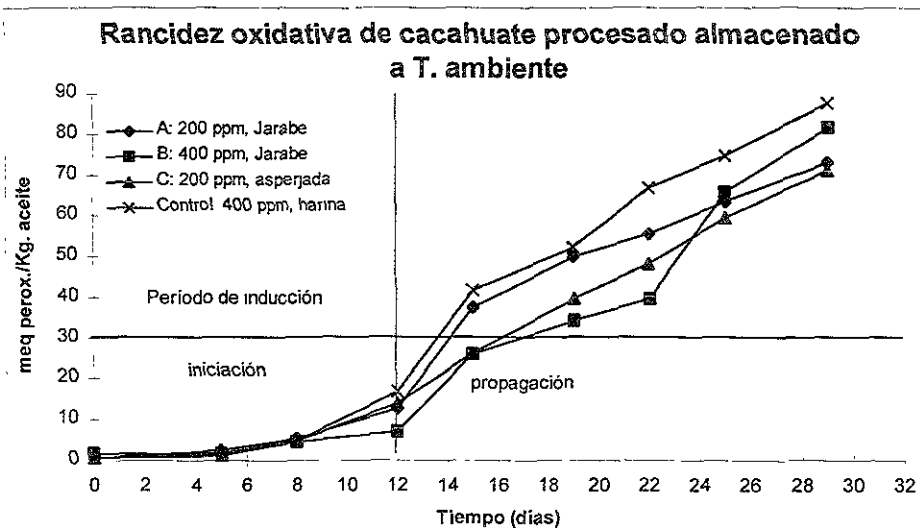


Figura 12. EVOLUCIÓN DEL VALOR PERÓXIDO EN CACAHUATES ESTILO JAPONÉS CON RESPECTO AL TIEMPO, ALMACENADOS A TEMPERATURA AMBIENTE. La línea horizontal indica el nivel máximo de peróxidos permitido en cacahuates tostados (Evranuz, 1993)

Cuarenta grados centígrados

Para los cacahuates japoneses almacenados a esta temperatura, se encontró que presentaron un período de inducción de 8 días, menor que el presentado a temperatura ambiente, debido a que la temperatura como era de esperarse aumenta la velocidad de oxidación.

En consecuencia a los doce días de almacenamiento el producto mantenido a esta temperatura ha rebasado el nivel de peróxidos permitidos en cacahuate tostado.

Desde el punto de vista químico, un periodo de inducción de 8 días pone de manifiesto que el producto almacenado a 40°C presenta un 20% menos de vida en anaquel que el almacenado a temperatura ambiente.

Una vez que ha sido rebasado el tiempo de inducción toman lugar las reacciones de propagación, caracterizándose por un marcado incremento en la producción de peróxidos además de la consecuente acumulación de los productos de su descomposición en el alimento. Tales compuestos son los responsables del sabor rancio, mismo que es percibido cuando la concentración alcanzada corresponde con su umbral de percepción, y en consecuencia son detectados por el consumidor que en la mayoría de los casos rechaza el producto.

Un aspecto digno de mencionar es que los productos de la descomposición de los *hidroperóxidos*, pueden tener efectos biológicos y reaccionar con las proteínas, enzimas y membranas afectando sus funciones.

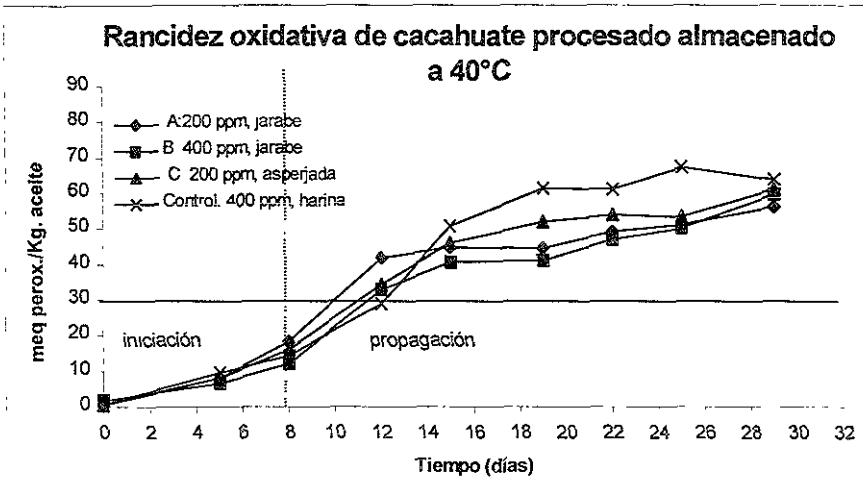


Figura 13. EVOLUCIÓN DEL VALOR PERÓXIDO EN LOS CACAHUATES ESTILO JAPONÉS CON RESPECTO AL TIEMPO, ALMACENADOS A 40°C La línea horizontal indica el nivel máximo de peróxidos permitido en cacahuates tostados (Evranuz, 1993).

3.2.1.1 Análisis estadístico del valor peróxido

Con los datos de valor peróxido obtenidos durante el monitoreo realizado al cacahuete estilo japonés almacenado a temperatura ambiente y 40°C, se realizó un análisis de variancia (Montgomery, 1991) a los 8, 12, 15 y 29 días de almacenamiento. Los resultados del análisis se muestran en las **Tablas. 11 y 12**, para las muestras almacenadas a temperatura ambiente y 40°C respectivamente.

En las tablas antes mencionadas se presenta un parámetro identificado por F_o , mismo que interviene en el criterio de aceptación o rechazo al momento de ser comparado con F_t valor proveniente de tablas. Entonces el criterio dice que cuando F_o es menor o igual a F_t , se acepta la hipótesis nula que plantea la igualdad entre las medias de los tratamientos comparados. Esto es que el nivel de protección frente al deterioro oxidativo ofrecido por los tratamientos es igual.

Pero sí F_t resulta ser menor a F_o , la hipótesis nula se rechaza aceptándose la hipótesis alterna que propone que las medias de los tratamientos estudiados son diferentes. Esto implica que los tratamientos estudiados ofrecen diferente nivel de protección frente al deterioro oxidativo.

Tabla. 11
Análisis de variancia para los datos de valor peróxido

Temp. Ambiente

Tratamiento $F_{1,0.05,3,4} = 6.59$

Contrastes $F_{1,0.05,1,3} = 7.71$

t = 8				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont	74.327	3	24.776	81.659*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3.	0.116	1	0.116	0.383
C2 = y2 - y4	0.034	1	0.034	0.112
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4.	0.220	1	0.220	0.726
C4 = Y1 - Y2	0.353	1	0.353	1.189
Error	1.214	4	0.303	
Total	75.540			

t = 12				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont.	115.287	3	38.429	387.075*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3.	0.768	1	0.768	7.737
C2 = y2 - y4	56.019	1	56.019	565.848
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4.	0.858	1	0.858	8.666*
C4 = Y1 - Y2	15.678	1	15.678	158.363
Error	0.397	4	0.099	
Total	115.684			

t = 15				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont.	379.778	3	126.593	347.283*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3	63.456	1	63.456	173.852*
C2 = y2 - y4	122.540	1	122.540	335.726
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4.	0.858	1	0.858	2.351
C4 = Y1 - Y2	15.678	1	15.678	42.959
Error	1.458	4	0.365	
Total	381.236			

t = 29				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos A, B, C, y Cont.	634.901	3	211.634	72.927*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3	1.823	1	1.823	0.628
C2 = y2 - y4	306.362	1	306.362	105.569
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4	9.266	1	9.266	3.193
C4 = Y1 - Y2	52.916	1	52.916	18.234
Error	11.608	4	2.902	
Total	646.509			

* diferencia significativa al 5%

Debido a que el análisis estadístico reflejó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de peróxidos encontrados en los cacahuates almacenados a temperatura ambiente y cuarenta grados centígrados, se puede decir que el nivel de protección frente al deterioro oxidativo depende tanto de la forma de adición como de la dosis de antioxidante empleada, lo que se refleja directamente en la producción de peróxidos.

Temperatura ambiente

Del análisis de la **figura 12**, misma que corresponde con el deterioro oxidativo a temperatura ambiente se observa que, es a partir del octavo día de almacenamiento cuando el contenido de peróxidos en los diferentes lotes de producto se comenzaron a presentar diferencias, razón por la cual se decidió realizar el análisis de variancia pues permitiría evaluar que tan distintos son los niveles de protección ofrecida por cada una de las condiciones estudiadas.

Sin embargo, el análisis estadístico realizado con los datos de valor peróxido a los ocho días de almacenamiento, mostró que no existe diferencia significativa en el nivel de protección que ofrecen las dosis de 200 y 400ppm de antioxidante frente al deterioro oxidativo. Aunque a partir de este momento el efecto protector se ve favorecido por el tratamiento B (400ppm de antioxidante adicionadas en jarabe), hecho manifestado por la disminución en la producción de peróxidos, según se puede observar en la **figura 12**.

Por otro lado el tratamiento C (200ppm de antioxidante adicionadas por aspersión) también muestra una disminución en la producción de peróxidos. Y debido a que, los niveles de peróxidos alcanzados en las muestras provenientes

de los lotes B y C son similares, se podría decir que ambos tratamientos ofrecen un nivel de protección equivalente frente al deterioro oxidativo.

Los hechos antes mencionados se fundamentan en las evidencias encontradas en las gráficas y sustentadas con el análisis de varianza, pues este último no detecta diferencia significativa en el nivel de protección ofrecido por los tratamientos B y C.

Razón por la cual se recomienda al fabricante realizar la producción de los cacahuates estilo japonés utilizando las condiciones del lote C (200ppm de antiox. adicionadas por aspersión), debido a que ofrecen una protección equivalente a la manifestada por el lote B (400ppm de antioxidante adicionadas en jarabe). Además la utilización de 200ppm puede tener cierto impacto en los costos debido a que la cantidad de antioxidante a utilizar corresponde con la mitad de la empleada tradicionalmente. Y además concuerda con el nivel de antioxidante permitido por las normas nacionales e internacionales que regulan su dosificación en alimentos. Así mismo esto permite demostrar al fabricante de cacahuate estilo japonés, que el hecho usar una mayor concentración no implica una máxima protección frente al deterioro oxidativo.

También es importante destacar que durante todo el monitoreo, los resultados de valor peróxido correspondientes al lote control siempre fueron los más elevados, evidenciando de esta manera que la forma tradicional de elaborar el producto (400ppm de antioxidante adicionadas en el harina) representa la alternativa que menos protección ofrece al producto frente al deterioro oxidativo

Cuarenta grados centígrados

A pesar de las tendencias observadas en las gráficas respectivas, el análisis estadístico aplicado a los datos de valor peróxido generados a partir de los cacahuates estilo japonés almacenados a 40°C, se encontró que a los 8 días de almacenamiento no existe diferencia significativa en el nivel de protección frente al deterioro oxidativo, entre las condiciones ofrecidas por cada lote.

Sin embargo, se halló que es a partir del duodécimo día de almacenamiento cuando la concentración de peróxidos en los cacahuates presenta diferencias significativas, indicando que el grado de protección ofrecido por cada lote es distinto, pero al realizar un análisis más profundo de los resultados no se encontraron diferencias significativas entre los datos, que pudieran evidenciar un mayor o menor grado de protección frente al deterioro oxidativo.

Un aspecto que resulta importante destacar, se refiere a que la cantidad de peróxidos cuantificados en las muestras almacenadas a 40°C, fue menor a la detectada en los cacahuates almacenados a temperatura ambiente al mismo tiempo de almacenamiento. Debido al efecto catalítico que ejerce la temperatura frente a la descomposición de los peróxidos, pues un aumento en la temperatura favorece su descomposición.

Además otro factor determinante en las reacciones de oxidación de los lípidos es la concentración de oxígeno, cuya solubilidad disminuye al aumentar la temperatura, provocando una menor disponibilidad del mismo y en consecuencia la cantidad de peróxidos formados disminuirá (Labuza, 1971)

Tabla. 12
Análisis de variancia para los datos de valor peróxido

40°C

Tratamiento Ft,0.05,3,4 = 6.59

Contrastes Ft,0.05,1,3 = 7.71

t = 8 días				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont	38.837	3	12.946	0.563
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3.	28.870	1	28.870	1.259
C2 = Y2. - Y4.	7.465	1	7.465	0.325
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4	53.000	1	53.000	2.311
C4 = Y1. - Y2.	40.622	1	40.622	1.771
Error	91.931	4	22.938	
Total	130.767			

t = 12				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont.	174.367	3	58.224	12.018*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3.	28.870	1	28.870	5.959
C2 = Y2. - Y4.	7.465	1	7.465	1.541
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4	53.000	1	53.000	10.939*
C4 = Y1. - Y2.	40.622	1	40.622	8.384*
Error	19.379	4	4.845	
Total	194.051			

t = 15				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont.	104.566	3	34.855	145.942*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1. - Y3.	0.955	1	0.955	3.996
C2 = Y2. - Y4.	51.258	1	51.258	214.468*
C3 = Y1. -y2.+y3.-y4.	0.074	1	0.074	0.310
C4 = Y1. - Y2.	8.404	1	8.404	35.1632*
Error	0.955	4	0.239	
Total	105.522			

t = 29 días				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos: A, B, C, y Cont	634.901	3	211.634	72.927*
Contrastes ortogonales				
C1 = Y1 - Y3	11.404	1	11.404	3.930
C2 = Y2 - Y4	9.290	1	9.290	3.201
C3 = Y1 -y2.+y3.-y4.	9.447	1	9.447	3.255
C4 = Y1 - Y2.	5.466	1	5.466	1.883
Error	11.608	4	2.902	
Total	546.509			

*diferencia significativa al 5%

3.2.2 Efecto de la temperatura en el deterioro hidrolítico del cacahuate procesado

Los resultados que muestran la evolución del deterioro hidrolítico en cacahuate procesado se presentan en la Fig. 14 y 15, para los almacenados a Temp. Ambiente y 40°C, respectivamente.

En las gráficas se puede observar que la forma de adición del antioxidante así como la dosis empleada en cada uno de los tratamientos, tanto a temperatura ambiente como a 40°C no interfiere en el deterioro hidrolítico, dado a que se trata de un proceso puramente enzimático.

Los niveles de acidez cuantificados a diferentes tiempos de almacenamiento, no sobrepasan el valor considerado como característico de aceite de cacahuate (0.90% ácido oleico), debido probablemente a que, el tratamiento térmico involucrado en la manufactura del producto inhibe la actividad lipasa (Fellows, 1992), en caso de haberla.

Siendo que el índice de acidez presenta una tendencia ascendente, no logra rebasar la especificación, desconociéndose la razón de dicho comportamiento pues no se tienen datos experimentales que permitan explicar este comportamiento.

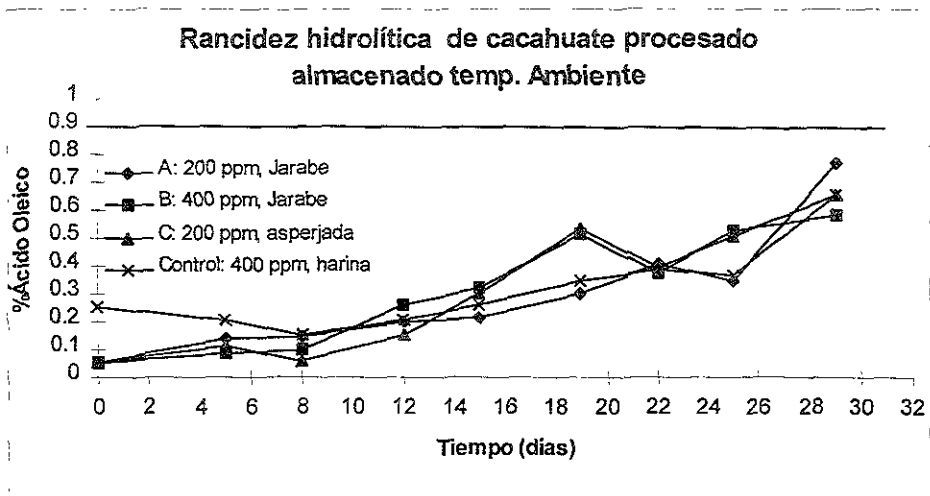


Figura 14. Evolución del índice de acidez de cacahuate procesado estilo japonés almacenado a temperatura ambiente. En la leyenda se indica la forma de adición así como la dosis de antioxidante empleada en cada lote. La línea horizontal indica la especificación del nivel de acidez permitido en aceite de cacahuate (Gopala, 1995).

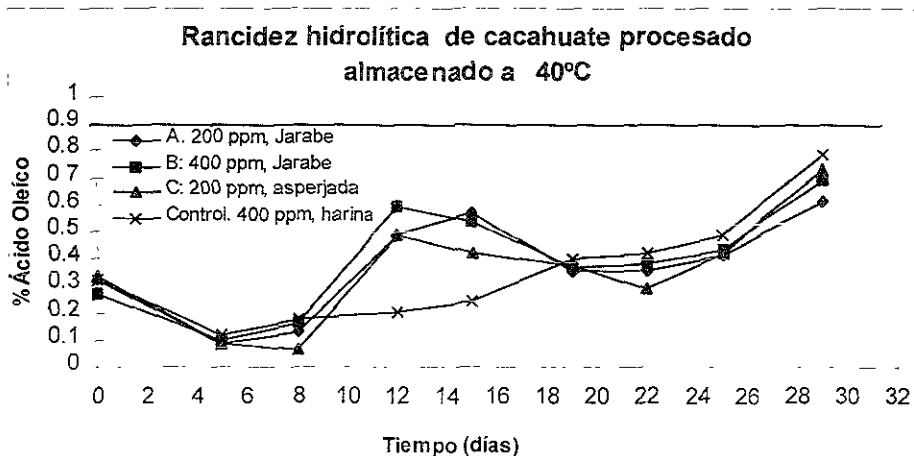


Figura 15. Evolución del índice de acidez de cacahuate procesado estilo japonés almacenado a 40°C. La leyenda indica la dosis y la forma de adición del antioxidante. La línea horizontal indica la especificación del nivel de acidez permitido en aceite de cacahuate (Gopala, 1995)

3.2.3 Prueba sensorial afectiva

Con la finalidad de conocer el momento en el cual el consumidor rechazaba el producto debido a la detección de sabores rancios en el producto, se decidió *incorporar una prueba sensorial afectiva de aceptación* (Pedrero, 1996). En dicha prueba el juez califica a las muestras según su preferencia.

Los atributos seleccionados para la evaluación fueron sabor y olor por ser considerados como los más adecuados.

Las resultados derivados de aplicar la prueba sensorial a los 22 días de almacenamiento a 40°C se muestran en las **Tablas.13 y 14**, donde se muestran las respuestas obtenidas a los 43 días de almacenamiento a 40°C y temperatura ambiente.

Dichos datos fueron sometidos a un análisis de ordenamiento por rangos (Pedrero, 1996), para poder discriminar si entre las muestras evaluadas existía o no diferencia significativa.

De acuerdo con el análisis sensorial realizado se encontró que a los 22 días de almacenamiento a 40°C, el nivel de peróxidos presente en las muestras no es detectado por el consumidor a pesar de que los niveles de peróxidos en las muestras superaban la especificación (30 meq/Kg. de grasa), y tales valores oscilan de 47-61 meq/Kg. de grasa.

También es importante destacar que los cacahuates del lote control fueron calificados como rancios, por algunos consumidores.

Una vez que los datos fueron evaluados mediante el ordenamiento por rangos, no se encontró diferencia significativa en el grado de aceptación del

producto a los 22 días de almacenamiento; razón por la cual se decidió aplicar un segundo análisis sensorial a los 43 días de almacenamiento.

Tabla. 13
Análisis sensorial de cacahuete estilo japonés a los 22 días de almacenamiento

ALMACENADO A 40°C								
t = 22	OLOR				SABOR			
Lote	A	B	C	Control	A	B	C	Control
Suma de rangos	51	57	68	54	68	70	74	71
Núm. jueces	23				28			

Los resultados obtenidos mostraron que en los productos provenientes de los lotes A, B y C, no se detectó rancidez suficiente para considerar objetable al producto, siendo que la cuantía de peróxidos en las muestras (60 – 70 meq/Kg) duplicaba ya, lo estipulado en la especificación.

Tabla. 14
Análisis sensorial de cacahuates estilo japonés a los 43 días de almacenamiento

ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE								
t = 43	SABOR				OLOR			
Lote	A	B	C	Control	A	B	C	Control
Suma de rangos	55	53	56	36	53	58	41	38
Núm. jueces	20				19			

ALMACENADO A 40°C								
t = 43	SABOR				OLOR			
Lote	A	B	C	Control	A	B	C	Control
Suma de rangos	57	54	49	60	41	45	30	34
Núm. jueces	22				15			

ESTABLECIMIENTO
DE INVESTIGACIONES
DE LA NUTRICION

Razón por la cual podemos decir que, el cacahuete estilo japonés no es rechazado por el consumidor aún cuando presenta niveles de peróxido en el intervalo antes mencionado.

Hecho que concuerda con los resultados derivados del estudio realizado por Sánchez (1984), en donde se reporta que es a partir de los 62 mEq peróxidos/Kg, cuando los cacahuates fritos salados envasados en celofán comienzan a perder frescura, denotándose por la emisión olores rancios, sin provocar rechazo del producto.

Aunque en ambos casos el producto final estudiado es diferente, la materia utilizada en la manufactura es la misma, razón por la cual se realiza tal comparación.

Por los motivos antes expuestos se establece que el cacahuete estilo japonés no presenta problemas de aceptación a los 43 días de almacenamiento, tanto a temperatura ambiente como a 40°C.

Es interesante hacer notar que la extensión de la vida en anaquel del producto estudiado, podría ser más eficiente, a través de la combinación de los tratamientos B y C, pues al parecer ofrecen un nivel de protección similar frente al deterioro oxidativo.

Razón por la cual se podría esperar que, la adición de 400ppm de antioxidante mediante aspersión directa sobre los cacahuates, antes de la primera adición de jarabe, podrá lograr que la vida en anaquel del producto sea de al menos 24 días desde el punto de vista químico y de cinco semanas desde el punto de vista sensorial.

3.3 COMPARACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL PRODUCTO ELABORADO CON LA DE OTROS EXISTENTES EN EL MERCADO

Esta etapa se desarrollo con el objeto de conocer el grado de deterioro que presentan algunos productos similares al elaborado en el momento de su compra. Además de comparar dicho deterioro con el desarrollado por el producto elaborado en algún momento de su almacenamiento.

Para lo cual fue necesario adquirir productos similares (cacahuate estilo japonés). Las muestras evaluadas se consiguieron en centros comerciales, procurando que pertenecieran a lotes diferentes y que se encontraran dentro de su vida en anaquel.

Los productos adquiridos correspondieron con las siguientes categorías

1. Cacahuates estilo japonés envasados con película de celofán
2. Cacahuates estilo japonés envasados con material metalizado

Es importante destacar que el primer tipo de material empleado para contener a los cacahuates es permeable tanto al oxígeno como a la luz, mientras que el material metalizado, es impermeable a ambos factores que actúan como catalizadores del proceso de autooxidación de los lípidos.

Una vez obtenidas las muestras fueron trasladadas al laboratorio y se procedió a evaluar la calidad química en que son expendidos, a través de la cuantificación del valor peróxido e índice de acidez.

Las evaluaciones se realizaron por duplicado para cada muestra y los resultados generados se muestran en las tablas 15 y 16.

Tabla. 15
Evaluación de la calidad de productos comerciales
 (envazados en película de celofán)

producto	Valor Peróxido (meq/Kg Grasa)				Índice de Acidez (% ác. Oleico)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	promedio	Lote 1	Lote 2	Lote 3	promedio
A	84.360	77.626	39.733	67.240	1.828	0.553	0.576	0.986
B	41.840	25.906	42.359	36.702	0.891	0.445	0.528	0.621
X	16.960	45.608	23.123	28.564	0.757	0.355	0.400	0.504
Δ	43.320	60.648	48.556	50.841	0.830	0.248	0.253	0.444

Tabla. 16
Evaluación de la calidad de productos comerciales
 (envazados en película metalizada)

producto	Valor Peróxido (meq/Kg Grasa)				Índice de Acidez (% ác. Oleico)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	promedio	Lote 1	Lote 2	Lote 3	promedio
α	48.242	14.282	46.072	36.199	0.600	0.398	0.438	0.479
β	7.384	5.527	5.505	6.139	0.895	0.441	0.456	0.597
γ	4.248	5.552	5.231	5.010	0.366	0.212	0.370	0.316

Deterioro oxidativo

A través del análisis realizado se encontró que todos los productos evaluados presentan cierto grado de deterioro oxidativo. Además los datos muestran que de un lote a otro existen diferencias en el contenido de peróxidos, debido a que los productos se encuentran en diferentes momentos de su periodo de vida en anaquel.

Por tal motivo en el mercado se pueden encontrar productos recién elaborados y productos que se encuentren en una fase avanzada de su vida en anaquel.

El hecho antes mencionado se hace evidente al observar el intervalo de peróxidos encontrado en los cacahuates envasados con celofán (16–84 mEq peróxidos/Kg grasa). Este mismo comportamiento se observó en los productos envasados con película metalizada (4–48 mEq peróxido/Kg grasa). Sin embargo, la concentración del valor peróxido en los productos envasados con película metalizada fue menor al presentado por los productos contenidos en celofán. Motivo por el cual se puede decir que, adquirir este tipo de producto dentro de su vida de anaquel, no garantiza al consumidor que el producto presente un grado mínimo de deterioro.

De lo anterior se desprende que aunque se adquiriera el cacahuete en el periodo útil que manifiestan en la etiqueta, existe la posibilidad de adquirir un producto rancio, debido a la naturaleza autocatalítica de la oxidación de los lípidos pues una vez que ha tenido lugar, no se detiene hasta que ya no existe más sustrato oxidable.

Además se estableció que los productos envasados con celofán, en la mayoría de los casos son expendidos con niveles de peróxidos superiores a la especificación (30meq/Kg).

Deterioro hidrolítico

De los resultados obtenidos se observa que independientemente del tipo de material de envase, los productos similares al elaborado presentaron niveles de acidez inferiores a 0.90% ácido oleico (Gopala, 1995). Sugiriendo que el deterioro hidrolítico en tales productos no es significativo.

Sin embargo en ambas tablas (15 y 16), se observa que el contenido de acidez difiere de un lote a otro en un mismo producto así como entre los distintos productos.

Además se encontró que el nivel promedio de acidez que presentan los cacahuates japoneses, envasados en película metalizada presentaron un intervalo menor al presentado por los productos contenidos en celofán. Debiéndose probablemente a que el envasado con película metalizada inhiben con mayor eficiencia el deterioro del producto.

- Se estableció que es importante asegurar que los cacahuates utilizados como materia prima presenten niveles de peróxidos por debajo de 0.5 meq/Kg. de grasa. para que una vez adicionado el antioxidante se pueda asegurar la vida máxima en almacenamiento.
- Se encontró que modificar la forma de adición del antioxidante puede favorecer la extensión de la vida en anaquel. Se establece que la incorporación del antioxidante por aspersión y la adición en el jarabe, son las más eficientes en inhibir el proceso oxidativo.
- Se estableció que la adición de 200ppm de antioxidante por aspersión así como de 400ppm en el jarabe presentan un comportamiento similar en la inhibición del proceso oxidativo.
- Se estableció que el producto presenta una vida en anaquel de 43 días almacenado a temperatura ambiente y 40°C.
- Se encontró que el consumidor no rechaza el producto aún cuando la concentración de peróxidos que presenta es mayor a 30mEq/Kg. grasa. Y que aún cuando los niveles de peróxidos en el producto son mayorea o iguales a 60 mEq/Kg. el consumidor no logra detectar la rancidez del producto y en consecuencia no lo rechaza.
- Se estableció que los niveles de peróxidos en que se expenden los productos comerciales envasados en celofán en la mayoría de los casos, corresponden con valores superiores a 30 meq/Kg. grasa.

- Se estableció que los productos envasados en bolsas metalizadas son expandidos generalmente con niveles de peróxidos menores a 30 meq/Kg grasa.
- Se encontró que la adición de 400ppm de antioxidante por aspersion a cacahuete, pueden ofrecer la máxima extensión de la vida en anaquel de cacahuete estilo japonés.

1. Agbo, O. F.; Anderson. J. C.; Singh, B. (1992). **"Lipid oxidation of edible peanut pastes during storage with variation of environmental and processing factors"**. Peanut Sci.19. En Whey Protein Isolate Edible Coatings: Effect on the Rancidity Process of Dry Roasted Peanuts. (1996). J. Agric. Food Chem. 44:1736.
2. Allen, J. C. y J. R. Hamilton **"Rancidity in Foods"**. 3ª Edición. Blackie Academic & Professional. New York. 1994. Cap. 3 y 7.
3. Allen J. St. Angelo. **"Lipid Oxidation in Food"**. American Chemical Society, Washington, D. C. (E. U. A), 1992. Cap. 2,5 y 6.
4. Allen J. St. Angelo, James C. Kuck, y Robert L. Ory. (1979). **"Role of Lipoxygenase and Lipid Oxidation in Quality Of Oilseeds"**. J. Agric. Food Chem., 27:2:229.
5. Anon, 1965. En **"Production PEANUTS Processing Products"**. Woodroof, G. J. AVI Publishing Company. U. S. A. 1983.
6. AOAC. **"Association of Official Analytical Chemists"**. 16ª Edición.1995.
7. Belitz. **"Química de los Alimentos"**. Editorial Acribia. España. 1998. pp.159-189.
8. Bender. **"Nutrición y Alimentos Dietéticos"**. Editorial Acribia. España. 1977. pp.197-198 y 211-227.
9. Braddock, C. J., C. A. Sims y S. F. O'Keefe. (1995). **"Flavor and Oxidative Stability of Roasted High Oleic Acid Peanuts"**. J. Food Sci. 60:3:489.
10. Cherry, J. P. (1990). **"Peanut Protein and Product Functionality"**. JAOCS,76:5:293.

11. CGIAR (2000). **"Encyclopedia of Agricultural Science"**. Academic Press. 1994. Vol.3. (www.cgiar.org/80/areas/ground.html).
12. Claridades Agropecuarias (1995). **"Panorama mundial del Cacahuete y la Nuez"**. 27:28:3
13. De Santiago Bravo Claudia. **"Relación del Contenido de Peróxidos y la Rancidez en Pasta de Cacahuete"**. Tesis. Q. A. UNAM. 1995.
14. Deshpande S. S.; Deshpande, U. S. y Salunkhe K. D. En **"Food Antioxidants"**. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 1996. Cap. 6.
15. Divino, G. L., Koehler, P. E. y Akoh, C.C. (1996). **"Enzymatic and Autoxidation of Defatted Peanuts"**. J. Food Sci. 61:1:120.
16. Donal, B. **"Drying and storage of grains and oilseed"**. AVI. U. S. A. 1992. p.889-910.
17. Duke, J.A., **"*Arachis hypogaea L.*"** Handbook of Energy Crops, unpublished. 1983. pp.1-8 (www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Arachis_hypogaea.html).
18. Evranuz, E. O. (1993). **"The effect of temperature and moisture content on lipid peroxidation during storage of unblanched salted roasted peanut: shelf life studies for unblanched salted peanuts"**. Int. J. Food Sci. Technol. 28:193.
19. FAO. **"Utilización de alimentos tropicales: semillas oleaginosas tropicales"**. Compendio sobre aspectos tecnológicos de la elaboración y la utilización de alimentos tropicales, tanto de origen animal como vegetal, con fines de capacitación y de referencia sobre el terreno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (47/5). 1991. pp:42-43.

- 20.FAO. 1979/81-1994. **"Estadísticas agropecuarias mundiales. Superficie, rendimiento y producción de cultivos; producción pecuaria"**. Colección FAO datos estadísticos elaborados.
- 21.Fellows, P. **"Tecnología del Procesado de los Alimentos"**. Editorial Acribia. España. 1992. p.335.
- 22.Fennema. **"Química de los Alimentos"**. 2ª edición. Editorial Acribia. España. 1993. pp.55-70 y 197-228.
- 23.Gandhi, N. N. (1997). **"Applications of Lipase"**. JAOCS. 74:6:621.
- 24.García, J. A. L. **"Producción e Industrialización del cacahuete en el poniente del estado de Morelos. El caso de la S.S.S. Ahuehuetzingo y la sociedad Cooperativa Nahuimilli"**. Tesis M. en C. en Desarrollo rural regional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 1999.
- 25.García, R. C. F. **"Canales y Márgenes de comercialización de cacahuete (*Arachis hipogea* L.) en Tlaxmalac Guerrero"**. Tesis Departamento de Economía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 1992.
- 26.Gillier, P y P, Silvestre. **"El cacahuete o maní"**. Editorial Blume. España. 1970. pp. 9-11 y 13-16.
- 27.Gopala Krishna, A. G., y Prabhakar, J. V. (1995). **"Retarding Autoxidation in Raw Peanut Oil by Addition of Water"**. JAOCS. 72:10:1219.
- 28.Gopala Krishna, A. G., y Prabhakar, J. V. (1994). **"Antioxidants constituents of Peanut Oil"**. JAOCS. 71:11:1245.
- 29.Guillaumin, R. En **"Preservation and Storage of Grains and their By-products"**. Multon. Editorial Lavoisier. Francia. 1988. pp. 889- 910.

30. Gunstone, D. F., y Norris, A. F. **"Lipids in Foods, Chemistry, biochemistry and technology"**. Gran Bretaña. Pergamon Press. 1983. pp. 58-165.
31. Hart, F. L. **"Análisis Moderno de los Alimentos"**. Acribia Editorial. España. 1971. pp. 353, 355 y 357.
32. Hall y Sair (1950). En **"Production PEANUTS Processing Products"**. Woodroof, G. J. AVI Publishing Company. U. S. A. 1983.
33. Jadhav, S. J., Nimbalkar, S. S., Kulkarni, A. D. y Madhavi, D. L. En **"Food Antioxidants"**. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 1996. Cap. 2.
34. Karel, M; Yong, S. En **"Water Activity: Influences on Food Quality"**; Rockland, L. B. y Stewart G. F., Eds; Academic Press. New York. 1981. pp. 511-529.
35. Kirk, R. S, R. Sawyer and H. Egan. **"Composición y Análisis de Alimentos de Pearson"**. 2ª Edición. CECOSA. México. 1996. pp. 25-27.
36. Labuza, T. P. (1969). En **"Stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid Oxidation"**. Labuza, T. P. (1972). J. Food Sci. 37:154.
37. Labuza, T. P. (1971) **"Kinetics of lipid oxidation in foods"**. CRC Critical Reviews in Food Technology. October. 369.
38. Labuza, T. P., McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J. y Hurtado, F. (1972). **"Stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid Oxidation"**. J. Food Sci. 37:154.
39. Labuza, T. P. (1980). **"The Effect of Water Activity on Reaction Kinetics of Food Deterioration"**. Food Technology . 4:36.
40. Lin, S. S., **"In Introduction to Fats and Oils Technology"**. Editado por P. J. Wan, American Oil Chemists' Society, Champaing. 1991. pp. 211-231.

41. Madhavi, D. L.; S.S. Deshpande y D. K. Salunkhe. **"Food Antioxidants"**. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 1996. Cap. 2 ,3, 6
42. Mangla, B. (1992). **"Nuevas variedades del vulnerable cacahuete se adaptan mejor a las necesidades de los pequeños campesinos"**. Ceres, revista de la FAO. 138 (24-26), Noviembre -Diciembre.
43. Maskan. M y S. Karataş. (1998). **"Fatty Acid Oxidation of Pistachio Nuts Stored Under Various Atmospheric Conditions and Different Temperatures"**. J. Food Sci. Agric. 77:334.
44. Maté, I. J.; Frankel, E. N. y . Krochta, J. M. (1996). **"Whey Protein Isolate Edible Coatings: Effect on the Rancidity process of Dry Roasted Peanuts"**. J. Agric. Food Chem. 44:1736.
45. Maté, I. J.; Saltveit, M. E., y Krochta, J. M. (1996). **"Peanuts and Walnut Rancidity: Effects of Oxygen Concentration and Relative Humidity"**. J. Food Sci. 61:2:465.
46. Mercer, L. C., Wynne, J. C., y Young, C. T. (1990). **"Inheritance of fatty acid content in peanut oil "**. Peanut Science, 17:17-21. En Flavor and Oxidative Stability of Roasted High Oleic Acid Peanuts. J. Food Sci. (1995). 60:3.
47. Montgomery, D. C. **"Diseño y Análisis de Experimentos"**. Editorial Iberoamericana. México. 1991. pp.48-55.
48. Mugendí, J. B., Sims, C. A. Gorbet, D. W. y O'Keefe, S. F. (1998). **"Flavor Stability of Hig-Oleic Peanuts Stored at Low Humidity"**. JAOCS. 75:1.
49. Multon. **"Preservation and Storage of Grains and their By-products"**. Editorial Lavoisier. Francia 1988. pp. 889- 910.

50. O'Keefe, F. S.; A. V. Wiley y Knauff, D. A. (1993). **"Comparison of Oxidative Stability of High- and Normal-Oleic Peanuts Oils"**. JAOCS. 70: 5.
51. Pattee, H. E; Pearson; J. L., Young, C. T., y Giesbrecht, F. G. (1982). **"Changes in Roasted Peanut Flavor and Other Quality Factors whit Seed Size and Storage Time"**. J. Food Sci. 47:455.
52. Pattee, H. E., y Singleton, J. A. (1997). **"Isolation of Isomeric Hydroperoxides from the Peanut Lipoxygenase. Linoleic Acid Reaction"**. JAOCS. 54:183.
53. Pedrero, D. **"Evaluación sensorial de los alimentos"**, 1ª Edición. Editorial Alhambra. México. 1989. pp.105, 145-147 y 237.
54. Pickett, T. A. (1944). **"Vitamins in peanuts"**. Ga. Expt. Sta. Circ. 146. 1941. En Woodroof, 1983.
55. Pomeranz, Y. **"Food Analysis"**. 3ª Edición. Chapman & hall. New York. 1994. pp.715-717.
56. Quiñones P. J.(1992). **"Evaluación de las condiciones de almacenamiento en cacahuate (*Arachis hypogaea L.*)"**. Tesis Dpto. de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
57. Reed, G. **"Enzymes in Food Processing"**. 3ª edición. Academic Press, INC. U. S. A. 1966. pp. 192-193.
58. Rockland, L. B. y Stewart, G. F. **"Water Activity Influences on Food Quality"**. Academic Press. U. S. A 1981. pp.511-529.
59. SAGAR (1997). **"Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos"**. Centro de Estadística Agropecuaria, Tomo 1. México.

60. Salisbury, F. K., "Fisiología Vegetal". Grupo editorial Iberoamérica. México. 1994. p. 334.
61. Sánchez, D. S. "Taxonomía, origen y dispersión del cacahuete *Arachis hypogaea* L". Dpto. difusión cultural. Dpto. publicaciones, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 1992. pp. 9-12.
62. Sánchez, G. L. A. "Estudio de la Estabilidad del Cacahuete Frito-Salado, Envasado en Diferentes Materiales, Determinando Hexanal como Parámetro de Rancidez". Tesis. Q. F. B. Universidad la Salle. 1984.
63. Shewfelt, A. L., y Clyde T. Y. (1997). "Storage stability of peanut-based foods: a review". J. Food Sci. 42:5.
64. St. Angelo, A.J., Kuckey, J.C., y Ory, R.C. (1979). "Role of lipoxygenase and lipid-oxidation in quality of oilseeds". J. Agric. Food Chem. 27:2.
65. USDA, 1995. (United States Department of Agriculture) "Peanuts". Reportes para 1995. Legislación Agrícola. Reporte Económico de Agricultura, Número 710.
66. Warner, K. J. H.; Dimick, P. S.; Ziegler, G. R.; Mumma, R. O. y Hoellender, R. (1996). "Flavor-Fade and Off-Flavors in Ground Roasted Peanuts As Related to Selected Pyrazines and Aldehydes". J. Food Sci. 61:2
67. Whitaker, J. R. "Principles of Enzymology for de Food Sciens". Marcel Dekker, INC., Vol. 2. U.S.A. 1972. pp. 607-608.
68. Woodroof, G. J. "Production PEANUTS Processing Products". AVI Publishing Company. U. S. A. 1983.