



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

27

2EJ

FACULTAD DE QUIMICA

RELACION DEL CONTENIDO DE PEROXIDOS Y
LA RANCIDEZ EN PASTA DE
CACAHUATE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
CLAUDIA DE SANTIAGO BRAVO



MEXICO, D. F

1995

FALLA DE ORIGEN



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.

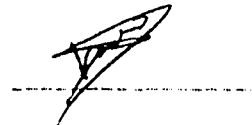
Jurado Asesorando

Presidente : Dr. Pedro Valle Vega
Vocal : M. en C. Josefina Viades Trejo
Secretario : QFB María de los Angeles Valdivia López
Int. Fuente: QFB Hugo Sosa Rojas
Edo. Fuente: QFB Bertha Julieta Sandoval Guillen


Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio 4-A
Departamento de Alimentos y Biotecnología
Edificio A
Facultad de Química

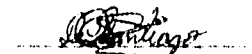
Asesor del Tema: Dr. Pedro Valle Vega



Supervisor Técnico: QFB Rodolfo Sastre Alvarado



Sustentante: Claudia De Santiago Bravo



DEDICADA A:

El Sr. Félix De Santiago Pérez, por su apoyo y guía en la vida, por estar siempre a mi lado enseñándome tantas maravillas de la naturaleza. Gracias papito.

La Sra. Bertha Bravo Infante, por los veinticinco años de amor y perdón. A ti mamá.

El Sr. Luis Cabrera García, por su ayuda, consejo y cariño, además de sus libros. Gracias abuelito.

Abuelitos Luisa Pérez y Teodoro Baltazar, bisabuelitos María Hernández y Leandro Bravo, y toda su descendencia.

Claudia, Mónica, Nadira, Angeles, Martha, Sandra y Mireya, por ser mis hermanas de estudio y maravillosas compañeras en el camino de la vida.

Francisco, J. Mauricio, Ricardo, Adrián, Salvador, Jaime Ch., Jaime C., Jorge y Tonatuh, porque compartimos una bella etapa en la vida: la de estudiantes.

Mis asesores: QFB Rocho Sasián y Dr. Pedro Valle, por su paciencia, guía y apoyo para que culminara mis estudios de licenciatura.

La Probra, Josefina Vlades y el Probr. Oscar López, por su ejemplo en la enseñanza, la responsabilidad y la amabilidad. En representación de todos los profesores que me han formado no sólo académicamente.

Luis por ser hermano, primo, sobrino y amigo, dándome un lugarcito en su corazón.

A David Riveros Rosas, por el amor, la música y la
poesía, por la alegría y la tristeza.

*"En torno a los alimentos se han
construido civilizaciones, perpetrado
crímenes, se ha hecho frente a imperios,
se han elaborado leyes y se ha modificado
la cultura."*

Maguelonne Toussaint-Samat.

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	4
I OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	
OBJETIVOS.....	6
ANTECEDENTES	
1. Hábitos alimentarios en México.....	6
2. Los lípidos en la alimentación	
2.1 Características químicas.....	8
2.2 Compuestos de oxidación y su toxicidad..	12
2.3 Importancia sensorial.....	16
3. Evaluación de la oxidación lipídica.....	18
4. El cacahuete: una leguminosa.....	23
II MATERIALES Y METODOS	
1. Condiciones experimentales.....	26
2. Técnicas empleadas.....	30
III RESULTADOS Y DISCUSION	
1. Características de la materia prima y del producto.....	31
2. Nivel de peróxidos para la aceptación sensorial de la pasta de cacahuete.....	32
3. Cinética química.....	45
IV CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFIA.....	51

INTRODUCCION

Cada nación cuenta con su comida representativa, e inmersa en ella se encuentran las cocinas regionales, siendo un signo característico de un pueblo. En México, la comida cotidiana es el resultado de un mestizaje, el "encuentro de la olla de barro indígena con el caldero de cobre español" (20); a la cocina azteca, sus productos y métodos de cocción, se le integró la manteca, el aceite, la leche y el cerdo, entre otros alimentos, así como la técnica de freír para cocer, sazonar o conservar la comida diaria.

Hoy en día, el gusto del mexicano por consumir alimentos grasos es evidente en los platillos, en donde por lo menos se frien los condimentos, sin contar con los "antojitos", "fritangas" y semillas secas. Ese abuso en el consumo de lípidos, ya sea porque el alimento los absorbió o los contiene de manera natural, conducen a dos aspectos importantes:

- 1) Degradación de lípidos insaturados, formándose radicales libres, entre ellos los peróxidos, los cuales han presentado efectos negativos como: hepatomas carcinogénicos, úlceras y depresión en el crecimiento (14, 16, 44, 45, 48); siendo cuantificables y reportados como índice de peróxidos (abreviado como I.P., con las unidades de miliequivalentes de oxígeno/kilogramo de aceite), y por sus consecuencias dañinas en el ser humano, se ha establecido un máximo aceptable de 10 meq/kg (15, 24). Por lo anterior, es importante conocer el

contenido de peróxidos en los alimentos grasos consumidos por el mexicano, ya que la posibilidad de ser ingeridos con un nivel avanzado en la oxidación lipídica, es grande.

2) Desarrollo de aroma y sabor en los alimentos, lo cual puede representar una descomposición o una característica agradable al consumidor, según los hábitos alimentarios establecidos por una población (de manera intuitiva); sin embargo, en algunos casos el rechazo sensorial ocurre cuando se han sobrepasado los límites indicadores de que se pone en riesgo la salud. Por ello, es necesario saber la aceptación del consumidor mexicano hacia los alimentos que, químicamente han iniciado el proceso de autooxidación pero cuyas características sensoriales permiten, e incluso pueden favorecer, su ingesta.

Se evaluó un fruto originario de América: el cacahuete (*Arachis hypogea*). Su consumo, extendido y su contenido promedio de materia grasa del 50% (37) lo hacen susceptible de enranciarse al aplicarle un tratamiento térmico, y sujeto a la evaluación sensorial para los fines planteados en este trabajo.

CAPITULO I

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

OBJETIVOS

Las metas propuestas para este trabajo fueron:

- 1) Analizar el comportamiento de los peróxidos en relación a su aceptación sensorial.
- 2) Relacionar el nivel de aceptación sensorial de la pasta de cacahuete al contenido de peróxidos, comparándolo con el nivel recomendado como máximo aceptable para la ingesta de peróxidos en alimentos.

ANTECEDENTES

1. Hábitos alimentarios en México

Al presentarse un cambio en el estado energético del cuerpo, éste lo manifiesta como hambre. Esta necesidad de alimentarse era la primera que debían satisfacer las comunidades primitivas, pero al dominar la ganadería, y descubrir la agricultura y el uso del fuego, esos hombres primitivos se volvieron sedentarios. El trabajo, que permitió la evolución del hombre, originó el plusproducto en estas civilizaciones, modificando el sistema de producción, surgiendo la cocina, una preparación razonada, ordenada de productos comestibles (42), y creando clases sociales, haciendo avanzar la historia del mundo.

La elección y preferencia de uno u otro alimento se dio entonces en la abundancia de éstos, con los siguientes lineamientos:

a) antecedentes culturales, como el mestizaje o la aniquilación de las culturas nativas.

b) establecimiento de normas, las cuales se fundan y transmiten en el núcleo familiar,

c) influjo comunitario, las costumbres establecidas,

d) influencia étnica, según la estructura y el valor cultural que se le dé al estudio de las razas.

e) patron de comidas, refiriéndose al número de ellas, el modo en que se desarrollan y utensilios empleados.

f) ubicación geográfica pues el clima delimita los productos y la abundancia con que se obtienen.

g) adelanto tecnológico, el cual implica los procesos para obtener, conservar y almacenar los alimentos.

h) economía, que permite el desarrollo técnico, además de la adquisición y consumo de productos internos y externos.

i) festividades, con la elaboración de platillos en determinadas fechas.

j) religión, cuyos preceptos establecen que productos son impuros o tienen significado de penitencia, e

k) individualidad, formada por la digestión, energías, temperamento, imaginación y percepción que cada persona tiene, y es influenciada y modificada por el ambiente en donde se desenvuelve.

México, como país mestizo, reúne en su cocina a los vegetales y animales nativos como: calabazas, jitomates, hocotonstiles, pitahayas, aguacates, cacahuates, amaranto, palomas, ciervos y tapires (20, 33), con los que llegaron de Europa como el aceite, la manteca, las especias, la leche y el azúcar, entre otros. Las técnicas de cocción empleadas eran: asado, quisado, tostado, hervido o cocido al vapor, con la llegada de los españoles se integró el freír o aliñar con aceites los alimentos.

De esta forma, la cocina actual integra en la comida: tamales, pambazos, gorditas, salsas, mazapanes y otros productos más que contienen grasas, ya sea por el freído del condimento, de la carne o del quisado, o por venir en los ingredientes.

2. Los lípidos en la alimentación

2.1 Características químicas

La definición general de lípido es: "substancias insolubles en agua pero solubles en éter y otros disolventes orgánicos de polaridad semejante"(6), siendo los aceites y grasas los más abundantes en los alimentos, contribuyendo de forma importante en sus características sensoriales.

El tipo, la concentración y la posición de los ácidos grasos dan las diferencias en el comportamiento, estado físico, plasticidad, etc., de los lípidos. La gran mayoría de estos ácidos son monocarboxílicos, de cadena alifática, y pueden ser

FALLA DE ORIGEN

alimentos

saturados o insaturados. Los ácidos grasos más comunes en alimentos se muestran en el cuadro I.1

Cuadro I.1 Ácidos grasos más comunes en alimentos (6)

nombre	formula	p. eb (°C)	p. fus (°C)	algunas fuentes
ácido láurico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	130.0	44.2	mantequilla, coco
ácido mirístico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	149.0	54.4	palmitate, sebo
ácido palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	167.0	63.0	cacao, algodón
ácido esteárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	184.0	69.4	pollo, cacao
ácido oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		13.0	oliva, cacahuate
ácido linoleico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ \parallel $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$		-5.0	pollo, maíz
ácido linoléico	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ \parallel $\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$		-11.0	soya, maíz
ácido arácido	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$		39.5	mantequilla
ácido cáprico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$		33.5	mantequilla, cerdo

De los ácidos grasos saturados (sin dobles ligaduras C=C), los de menos de 10 carbonos contribuyen al aroma y sabor del alimento (6, 49). Por otro lado, los ácidos grasos insaturados (con una o más dobles ligaduras C=C no conjugadas), son propensos a la oxidación e isomerización.

Las características físicas y químicas de los lípidos son evaluadas en la industria con diferentes técnicas, entre ellas están: los índices de acidez, de peróxidos, de

saponificación y de yodo, punto de fusión, densidad y prueba del frío (6, 31).

Las alteraciones que pueden sufrir los lípidos se deben al enlace éster susceptible a la hidrólisis química y enzimática, así como a la sensibilidad de los ácidos grasos insaturados a la oxidación. Ésta puede deberse a la lipólisis (rancidez hidrolítica) y a la autooxidación (rancidez oxidativa), pudiendo darse independiente, sucesiva o simultáneamente en el alimento.

La lipólisis se origina por la acción de las lipasas en el enlace éster. En los aceites vegetales no se manifiesta sensorialmente pues los ácidos liberados son de 14 o más carbonos.

La autooxidación es un fenómeno autocatalítico, pues ocurre por la formación de radicales libres, que al descomponerse da lugar a nuevos radicales y otros compuestos, algunos de bajo peso molecular, manteniéndose y acelerándose la reacción.

Generalmente se necesita de catalizadores que la inicien dado que el oxígeno es muy poco electrófilo en su estado normal de triplete, pero cuando los spin son diferentes se presenta una fuerte repulsión entre ellos y el oxígeno se vuelve más electrófilo, siendo lo suficientemente reactivo como para unirse directamente a los ácidos grasos (6). De esta manera, los cambios químicos sufridos por el lípido dependen de: a) tiempo de calentamiento o almacenamiento, b) temperatura de proceso o almacenamiento, c) presencia de factores que

aceleren la oxidación como radiaciones y metales traza, y de composición y posición de los ácidos grasos (8, 48).

El mecanismo de autooxidación se considera integrado por tres etapas (cuadro 1.2): Durante la iniciación, las sustancias insaturadas liberan un hidrógeno para formar radicales alquilo, y el oxígeno se incorpora para originar radicales hidroperóxido. En la etapa de propagación, los radicales libres reaccionan con el oxígeno formándose radicales peróxido, capaces de reaccionar con nuevas moléculas sustrato, formando más radicales libres e hidroperóxidos, los cuales se incorporan al ciclo. Finalmente, las reacciones de terminación son condensaciones de radicales libres, que forman compuestos no radicales, muy estables.

Cuadro 1.2 Mecanismo de oxidación de lípidos (6, 49)

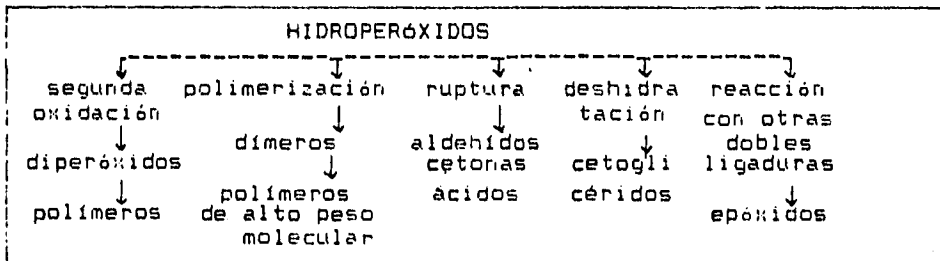
Iniciación	RH	----->	R° + H°	radicales
	RH + O ₂	----->	ROO° + H°	libres
Propagación	R° + O ₂	----->	ROO°	peróxido
	ROO° + PH	----->	R° + ROOH	hidroperóxido
	ROOH	----->	RO° + OH°	alcohóido
	RO° + RH	----->	ROH + R°	alquilo
	OH° + PH	----->	H ₂ O + R°	
Terminación	R° + R°	----->	RR	compuestos
	R° + ROO°	----->	ROOR	
	ROO° + ROOR	----->	ROOR + O ₂	muy
	RO° + R°	----->	ROR	
	2 RO° + 2 ROO°	----->	2 ROOR + O ₂	estables

Paralelamente se producen oxidaciones "secundarias" sobre fosfolípidos insaturados e hidrocarburos: estas reacciones conducen a una disminución del contenido vitamínico y a una alteración del color. Además, los peróxidos actúan sobre algunas proteínas, generando sustancias tóxicas.

perdiéndose aminoácidos como la metionina, triptofano, histidina y lisina (9, 14, 49).

Aunque los hidroperóxidos carecen de olor y sabor, los productos finales de su descomposición son los que participan en la formación de olores y sabores extraños (cuadro I.3), siendo algunos de esos compuestos: el 2,4-decadienal, hexanal, 1-buten-3-ona, aldehído malónico, ácido heptanoico y octano.

Cuadro I.3 Substancias producidas a partir de los hidroperóxidos (6)



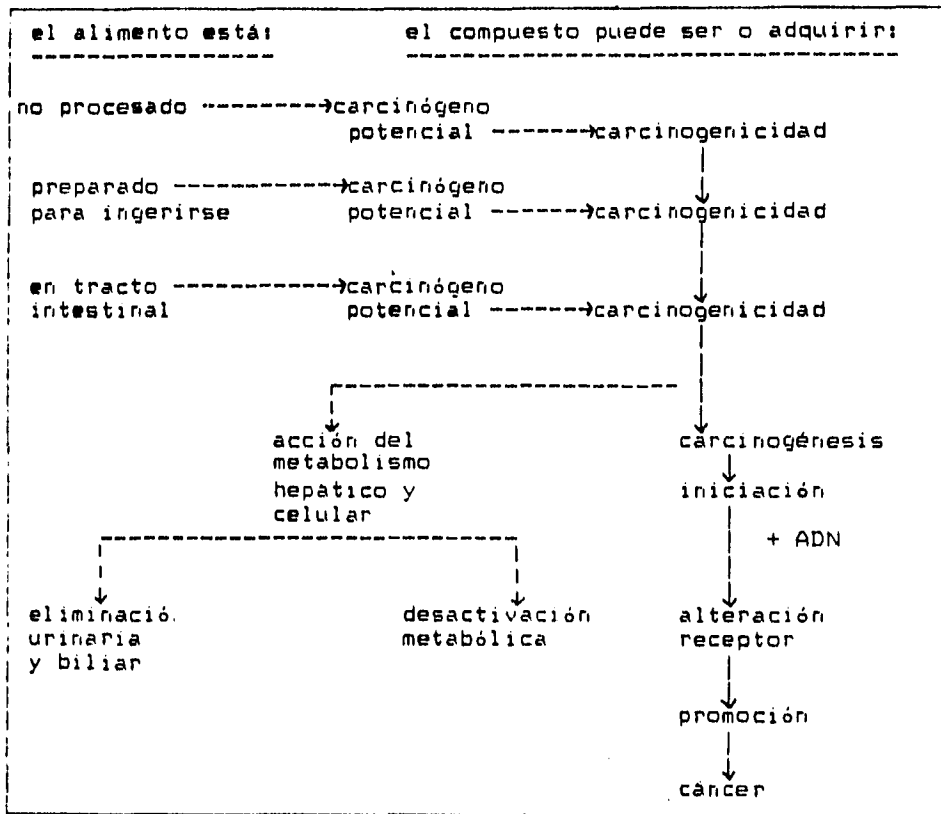
2.2 Compuestos de oxidación y su toxicidad

Una sustancia tóxica provoca un efecto nocivo (que puede ser funcional o hasta la muerte) en un órgano vivo, dependiendo de: la dosis, frecuencia de ingesta, condiciones de uso y susceptibilidad del organismo involucrado (25). La acumulación de algunas de ellas puede conducir a una intoxicación crónica como la producción de tumores malignos, (cuadro I.4)

En lo referente al consumo excesivo de grasas termoestables, se ha detectado el incremento en la incidencia de enfermedades arterial coronarias, carcinoma de mama, colon, próstata y otros tejidos, retraso en el crecimiento,

hepatomegalia, diarrea, cuenta baja de hematocrito, daño histológico en riñón e hígado, disminución en la producción de proteínas séricas e incluso la muerte (6, 14, 16, 22, 45, 48, 50).

Cuadro I.4 Etapas en las cuales un compuesto puede adquirir carcinogenicidad. (22).



Los factores que pueden estar relacionados con este incremento son:

- 1) la presencia de compuestos como los peróxidos, acroleína, malonaldehído y derivados aromáticos policíclicos del antraceno, y

2) el aumento de ácidos y sales biliares, los cuales han demostrado ser promotores del cáncer de colon (22, 44).

Un compuesto se considera carcinogénico si tiene la característica de reaccionar con el ADN, presentando un efecto biológico persistente, acumulativo y lento con los elementos genéticos, manifestándose por la formación de neoplasmas. En esto, las grasas termoxidadas muestran una participación significativa, dada la alta reactividad de los radicales libres H^{\bullet} , OH^{\bullet} y ROO^{\bullet} , que actúan y alteran moléculas o estructuras de importancia biológica (50); la manifestación y magnitud de estos cambios dependen de la función, viabilidad, estado de oxidación y ciclo de la(s) célula(s) afectada(s), además de la mayor o menor eficiencia de los mecanismos de defensa con que cuenta el organismo humano: factores dietéticos, barreras mecánicas epiteliales y acción de sustancias antioxidantes (23).

Los primeros indicios de la toxicidad de los lípidos sobrecalentados, aunque enmascarados por la deficiencia vitamínica, fueron evidentes porque: "la mayoría de las grasas son nutricionalmente dañadas cuando se manejan normalmente en la preparación de alimentos" (48), además del reuso de grasas en la elaboración de frituras, que algunas industrias realizan; resultando un consumo de lípidos termoxidados en los que se han detectado 200 compuestos de degradación, identificándose tóxicos entre ellos (44, 48)

La investigación realizada por Vidaunni en 1988, indica el aumento en la concentración de proteína celular del riñón,

de la proteína microsomal y del aldehído malónico endógeno (que en condiciones normales, induce la síntesis de enzimas que biotransforman a los radicales libres) (48). Los trabajos de Erickson y Thomas, indican una relación entre la inducción de hepatomas carcinógenos y la tumorigénesis mamaria con el consumo de lípidos insaturados (16), debido a que los productos de la oxidación de éstos resultan ser agentes promotores e iniciadores de la tumorigénesis, dada su alta reactividad electrofílica.

En el caso específico de los lípidos oxidados, el metabolismo presenta las siguientes características:

- 1: los peróxidos son más tóxicos intraperitonealmente que por vía oral, detectándose su acción en el lumen intestinal; la destrucción de estos compuestos es una propiedad general de la mayoría de los tejidos, debida a un pigmento parecido a la hematina, que por contener Fe II, reduce a los peróxidos, siendo absorbidos los ácidos oxigenados resultantes, y
- 2: los compuestos poliméricos no son absorbidos, mientras que los ácidos cíclicos oxigenados se separan del glicérido, apareciendo en la linfa durante la absorción pero no son digeridos. De esta forma, la toxicidad de los peróxidos ocurre dentro del lumen o de la célula intestinal (48), en donde existen enzimas oxidasas microsomales (22)

La presencia de agentes potencialmente carcinogénicos en alimentos, levantó controversia en la década pasada, desarrollándose complejas técnicas de bioanálisis, llevando a organismos como la FDA, establecer procedimientos y emitir

cláusulas sobre los riesgos potenciales ante el consumo y consumo de determinados alimentos (29, 41). Sin embargo, en México falta reglamentación sobre el uso de aceites y grasas a nivel industrial, en particular en los procesos de freído, así como criterios unificados para eliminar aceites degradados o la posibilidad de un uso final en puestos callejeros (44); sumado a esto, la cultura mexicana cuenta con una cocina donde el uso de aceites y grasas, sobre todo con tratamiento térmico, es amplio.

2.3 Importancia sensorial

La presencia de lípidos en la dieta, cumple las siguientes funciones: a) son empleadas por el organismo para formar biomoléculas, b) son el vehículo de las vitaminas A, D, E, K, c) dan sabor y textura al alimento, d) proporcionan la sensación de saciedad, y e) en la preparación de alimentos se emplean para atrapar aire y dar textura cremosa al producto (3, 18, 40). Por ello, no sólo debe importar la cantidad de ellos, sino también el estado en que se encuentran al momento de la ingesta. El manejo previo a su consumo modifica sus características fisicoquímicas, pero como se han presentado así a lo largo de miles de años, la alteración en el contenido de sustancias nutritivas, ha sido aceptada por el hombre.

En el caso de los lípidos, el proceso térmico normalmente los hidroliza, mejorando el valor nutritivo (2). Pero "si el calor es excesivo o se exponen a la luz y al aire, se puede llegar a una oxidación bastante avanzada.

desarrollándose una rancidez objetable por el aroma y sabor, haciendo impalatable el alimento" (17); esta modificación sensorial es muy importante, ya que los productos se vuelven inaceptables y no se ingieren los compuestos tóxicos formados, a pesar de esto, los hábitos alimentarios de una población pueden no alertarlos a tiempo, y esos compuestos se irán acumulando, volviéndose un riesgo crónico (50).

El rechazar o aceptar un alimento depende de los datos que el sentido individual de la calidad reúne de todos los sentidos en conjunto. El aroma es asociado con los productos cocinados, y combinado con el gusto nos da el término sabor, siendo "los sabores apetitosos...asociados con efectos de calor" (1). El sentido del tacto desarrollado en la boca, no sólo involucra al sabor sino también al contenido de grasa, pues ésta da la sensación de tener la boca llena (40).

La relación entre percepción sensorial y las ondas cerebrales han sido motivo de estudio, encontrándose que el azúcar y la grasa tienen un efecto estimulante en las zonas de placer, lo cual resulta en que estas zonas son entrenadas con el tiempo, y por lo tanto el hombre busca ese factor estimulante en el creativo arte culinario (1): "por ello los pueblos mediterráneos y el de México frien, refrien o aliñan con bastante aceite." (46)

Por el importante papel que desempeñan los lípidos, no debe permitirse el desarrollo de la rancidez, además de la presencia de compuestos tóxicos que ésta genera. Para evitarlo se añaden compuestos antioxidantes con la finalidad de

controlar el deterioro de los lípidos y prolongar la vida útil de los productos (6). Las dos categorías fundamentales se presentan en el cuadro I.5. Para su mejor efectividad son empleados conjuntamente, probándose su efectividad en diversos estudios, donde el almacenamiento a una temperatura de 15 a 20°C permite una duración de un año, si es de 0 a 2°C hasta dos años y si es menor la temperatura se logra hasta 5 o más años (7, 37).

Cuadro I.5 Antioxidantes usados en alimentos

donadores de protones	secuestrantes
ácido ascórbico	ácido cítrico
beta-caroteno	fosfatos
glutación	sales de EDTA
tocoferoles	ácido fosfórico
galatos	ácido ascórbico
BHA	lecitina
BHT	histidina
TBHQ	cisteína

3. Evaluación de la oxidación lipídica

Los métodos analíticos empleados para estimar la estabilidad de los lípidos a la oxidación, se basan en la medición del oxígeno o en la cuantificación de ciertos compuestos, siendo sometidas las muestras a un almacenamiento semejante al que se empleara en la comercialización o bien, efectuando un deterioro acelerado. Los análisis más comunes son (6, 21, 31):

1) Índice de acidez: el más usado en la fritura industrial, se basa en que, conforme envejecen los aceites se liberan ácidos grasos, favoreciendo el enranciamiento; éstos

serán neutralizados por una sustancia alcalina para obtener así el índice.

2) Índice de peróxidos: se basa en la capacidad de los peróxidos de oxidar el ión yoduro, liberándose yodo y cuantificándose este con tiosulfato de sodio valorado, usando almidón como indicador; se limita a las primeras etapas de la oxidación debido a que la concentración de peróxidos llega a un máximo que disminuye posteriormente, es poco exacto en productos deshidratados y con bajo contenido de lípidos.

3) Método de oxígeno activo: en él se mide el tiempo en que una muestra tarda en llegar a un índice de peróxidos prefijado, bajo una temperatura y una velocidad de corriente de aire controladas.

4) Método bomba de oxígeno: se mide la diferencia de presión al consumirse el oxígeno dentro de un recipiente que contiene a la muestra.

5) Método ácido tiobarbitúrico: se basa en la reacción de dos moléculas de TBA con una de malonaldehído, produciendo un compuesto cromógeno cuya concentración se determina espectrofotométricamente a 530 nm; este método adolece de varias fallas, pues el TBA reacciona con otros compuestos, no siempre se forma el malonaldehído o éste reacciona con otros compuestos, además de la interferencia de otras sustancias del alimento.

6) Valor de anisidina: usado principalmente para los productos de una oxidación secundaria, pues el índice de

peróxidos es bajo, pero se sospecha de un tratamiento térmico previo.

Optar por un método u otro depende del propósito de la medición, pues el desarrollo de métodos analíticos no implica relegar los ya conocidos. Pérez-Camino y col., en 1988, realizaron un estudio con el fin de comparar algunos métodos analíticos cromatográficos con los índices de frecuente uso en el control de grasas; encontrando que "es necesario emplear un método cromatográfico para evaluar una grasas cuando se desconoce la historia [térmica] de la muestra" (36).

El momento exacto de la rancidez es arbitrario considerando el punto de vista del consumidor, el cual juzga la calidad de las grasas y aceites, aceptando o no lo productos: en la industria se emplean catadores junto con pruebas físicas y químicas. Para no evaluar subjetivamente los productos se han desarrollado métodos para elegir jueces, prueba y las condiciones de su aplicación, seleccionar la muestra y su presentación, elaborar escalas para calificar y recopilar los datos así como su análisis estadístico, todo esto para disminuir el error que se presenta al ser el hombre el sensor y traductor de los estímulos (11, 27, 35). Una agrupación de esos métodos los divide en analíticos y afectivos (35).

En las pruebas afectivas participan consumidores del producto en estudio, siendo sus respuestas subjetivas, lo cual implica una variación amplia en sus respuestas, requiriéndose entonces de un gran número de participantes para que "aparezcan las diferencias más importantes del producto en estudio.

disminuya el error y reflejen las tendencias de la población elegida" (35).

Los análisis físicos y químicos consideran a los componentes alimenticios de forma individual, permitiendo conocer su efecto tóxico o nutritivo, mientras que en un alimento se les consume en conjunto, por ello es necesario el análisis sensorial en el control de calidad y el desarrollo de nuevos productos, pues deben conocerse las preferencias de los consumidores y los niveles de detección de los jueces analíticos. Relacionar la composición con las apreciaciones de los jueces sobre un problema en particular, permite el mejor conocimiento de éste y contribuye a su solución; ejemplo de lo anterior son los siguientes estudios:

Del Barrio y col. investigaron el problema del atrojado (alteración por procesos microbiológicos no bien conocidos pero sufridos durante el almacenamiento), en aceite de oliva, empleando catadores y la cromatografía gas-líquido (13). Correlacionaron las áreas de los picos con las respuestas a las características sensoriales, encontrando una correlación del contenido de octano con el desarrollo y detección del atrojado, lo cual "induce a pensar que en los procesos químicos que tienen lugar durante el atrojado, se produce ese compuesto, correlacionando con la alteración total sufrida por los frutos" (13).

Vidal y Johnson evaluaron la oxidación de lípidos en masa instantánea de maíz, determinando peróxidos, ácidos hidroxiclorados conjugados y evaluaciones sensoriales (47). Para

establecer la vida de anaquel, relacionaron el índice de peróxidos con el punto en el cual los sabores y olores desarrollados eran desagradables, encontrando que "con un I.P. de 14.2 a 65.9 meq/kg, la oxidación de lípidos es responsable de la rancidez en la tortilla de maíz"(47).

Las observaciones sobre la interacción entre lípidos, proteínas y carbohidratos, muestran entre otros cambios: una reducción en la viscosidad de los productos, estabilización de compuestos aromáticos frente a la oxidación y disminución de la solubilidad del almidón al añadir ácidos grasos hasta cierto límite, pero sin dañar su utilización (23).

Sin embargo la proporción de cada uno de los compuestos en un alimento imparte las características del mismo (cuadro 1.6); interfiriendo estas interacciones en la extracción de la fracción lipídica, pero no en la percepción global que el consumidor hace del alimento, desarrollándose métodos con sistemas de múltiples disolventes para una extracción mejor (8, 23), aunque respecto al contenido de grasa cruda "los resultados son casi idénticos a los obtenidos por el oficial de Soxhlet"(23)

Cuadro 1.6 Efecto del contenido de almidón, proteínas y lípidos en los alimentos

mayor cantidad de:	aumenta la:
almidón	gelatinización
proteínas	texturización
lípidos	lubricación

4. El cacahuate (*Arachis hypogaea*): una leguminosa

"Los romanos nombraron legumen a toda semilla comestible que se presentara en vaina, permitiendo su provisión, y que pudiera comerse cocida o hecha puré, dejando al estomago lleno y satisfecho"(42). En México, la leguminosa nativa es el cacahuate (tial-ca-cahuatl: cacao de tierra), consumido crudo, tostado o cocido (33, 38), es la 3ª fuente de aceite comercial, molido previamente dá un sabor agradable, tostado se consume como golosina, pero mezclado con harina y otros ingredientes es utilizado en la confitería y galletería (7, 19, 46). La composición de algunos productos del cacahuate se reportan en el cuadro 1.7

Cuadro 1.7 Composición por 100g de cacahuate y algunos productos derivados (37)

	agua (g)	E (kJ)	Prot (g)	Grasa (g)	Carbohi (g)	Fibra (g)	Cenizas (g)
semilla cruda	6	2260	25	49	15	2	2
semilla tostada	4	2390	25	49	15	2	4
manteca	1	2425	25	52	15	2	4
harina desengra.	6	1550	50	8	30	3	4

Su parte lipídica cuenta con casi un 80% de ácidos grasos insaturados (cuadro 1.8), por ello es necesario emplear antioxidantes y un almacenamiento de 2-5°C (34). Este aceite de cacahuate imparte una distintiva picura en el bocado, dando cuerpo y textura al producto, retardando la cristalización del azúcar y lubricando la confección del dulce. La semilla complementa el sabor del chocolate y reduce la dulzura del producto final (7, 19). La harina de cacahuate parcialmente

4. El cacahuete (*Arachis hypogaea*): una leguminosa

"Los romanos nombraron legumen a toda semilla comestible que se presentara en vaina, permitiendo su provisión, y que pudiera comerse cocida o hecha puré, dejando al estomago lleno y satisfecho"(42). En México, la leguminosa nativa es el cacahuete (tial-ca-cahuatl: cacao de tierra), consumido crudo, tostado o cocido (33, 38), es la 3ª fuente de aceite comercial, molido previamente da un sabor agradable, tostado se consume como golosina, pero mezclado con harina y otros ingredientes es utilizado en la confitería y galletería (7, 19, 46). La composición de algunos productos del cacahuete se reportan en el cuadro 1.7

Cuadro 1.7 Composición por 100g de cacahuete y algunos productos derivados (37)

	agua (g)	E (KJ)	Prot (g)	Grasa (g)	Carbohi (g)	Fibra (g)	Cenizas (g)
semilla cruda	8	2260	25	49	15	2	2
semilla tostada	4	2070	25	49	15	2	4
manteca	1	2425	25	52	15	2	4
harina desengra.	6	1550	50	8	30	3	4

Su parte lipídica cuenta con casi un 80% de ácidos grasos insaturados (cuadro 1.8), por ello es necesario emplear antioxidantes y un almacenamiento de 2-5°C (34). Este aceite de cacahuete imparte una distintiva ricura en el bocado, dando cuerpo y textura al producto, retardando la cristalización del azúcar y lubricando la confección del dulce. La semilla complementa el sabor del chocolate y reduce la dulzura del producto final (7, 19). La harina de cacahuete parcialmente

desengrasada presenta una ayuda en la absorción de aceite, minimizando el problema de agrietado en las coberturas de chocolate. La mantequilla de cacahuate anteriormente sólo se empleaba para preparar emparedados, pero hoy en día, en México es usada en la elaboración de dulces, pasteles, galletas, helados, entre otros (7)

Cuadro I.8 Composición de ácidos grasos del aceite de cacahuate (34, 43)

ácido graso		Nigeria (%)	Virginia (%)	Argentina (%)	España (%)
palmitico	C16:0	10.0	11.3	11.0	12.7
esteárico	C18:0	3.5	3.4	3.0	6.1
oleico	C18:1	59.0	58.8	39.0	45.6
linoleico	C18:2	20.0	20.3	38.0	29.9
linolénico	C18:3	5.0	0.3	0.5	0.3
araquídico	C20:0	1.5	1.3	1.5	2.4
gadoléico	C20:1	1.5	1.2	1.5	1.1
behénico	C22:0	2.5	2.6	1.5	2.2

La contaminación con aflatoxinas (metabolitos hepatocarcinógenos) es frecuente en el cacahuate y productos derivados (43): las aflatoxinas no se eliminan al desengrasar la harina, y en la mantequilla su incidencia es de alrededor del 40% (10), pero la gran mayoría no sobrepasa los límites establecidos sobre su contenido (10, 37, 43). Por otro lado, el tratamiento térmico aplicado al cacahuate inicia la autooxidación de lípidos, que sumado a las condiciones de almacenamiento y uso, haciendo necesario el empleo de antioxidantes, pero existen diferencias entre los valores del índice de peróxidos, un indicador del deterioro lipídico (cuadro I.9) del producto.

Mientras que en EUA, productos con un I.P. mayor a 10 meq/kg ya presentan sabores indeseables, en México se analizaron doce marcas de manteca vegetal, 5 de las cuales presentaban rancidez objetable según los criterios estadounidenses, pero comercializadas en los mercados mexicanos (26). Este contraste es indicativo de la diferencia en cuanto a la percepción sensorial entre las culturas, así como la necesidad de conocer los niveles de compuestos tóxicos ingeridos por el consumidor nacional, sin que él detecte sensorialmente el deterioro que los ha originado.

Cuadro I.9 Índices de peróxido en diferentes productos

Producto	I.P.	Producto	I.P.
grasas no líquidas	0	aceite refinado	
grasa fundida de cerdo	5	de: soya	< 10
manteca de coco	1	girasol	< 10
manteca de palma	2	cacahuete	< 10
aceite de oliva:		cartamo	< 10
virgen	= 20	algodón	< 10
refinado	= 10	producto fresco	< 1
aceite de orujo	= 10	producto rancio	
		objetable	>= 10

fuentes: Jamieson, G. S. (1943)
 Madrid, A. (1988)
 Patterson, H. B. W. (1992)

Mientras que en EUA, productos con un I.P. mayor a 10 meq/kg ya presentan sabores indeseables, en México se analizaron doce marcas de manteca vegetal, 5 de las cuales presentaban rancidez objetable según los criterios estadounidenses, pero comercializadas en los mercados mexicanos (26). Este contraste es indicativo de la diferencia en cuanto a la percepción sensorial entre las culturas, así como la necesidad de conocer los niveles de compuestos tóxicos ingeridos por el consumidor nacional, sin que él detecte sensorialmente el deterioro que los ha originado.

Cuadro I.9 Indices de peróxido en diferentes productos

Producto	I.P.	Producto	I.P.
grasas no líquidas	0	aceite refinado	
grasa fundida de		de: soya	< 10
tercio	5	girasol	< 10
manteca de coco	1	cacahuete	< 10
manteca de palma	2	cartamo	< 10
aceite de oliva:		algodón	< 10
virgen	= 20	producto fresco	< 1
refinado	= 10	producto rancio	
aceite de orujo	= 10	objetable	>= 10

fuentes: Jamieson, G. S. (1943)
Madrid, A. (1988)
Patterson, H. B. W. (1992)

FALLA DE ORDEN

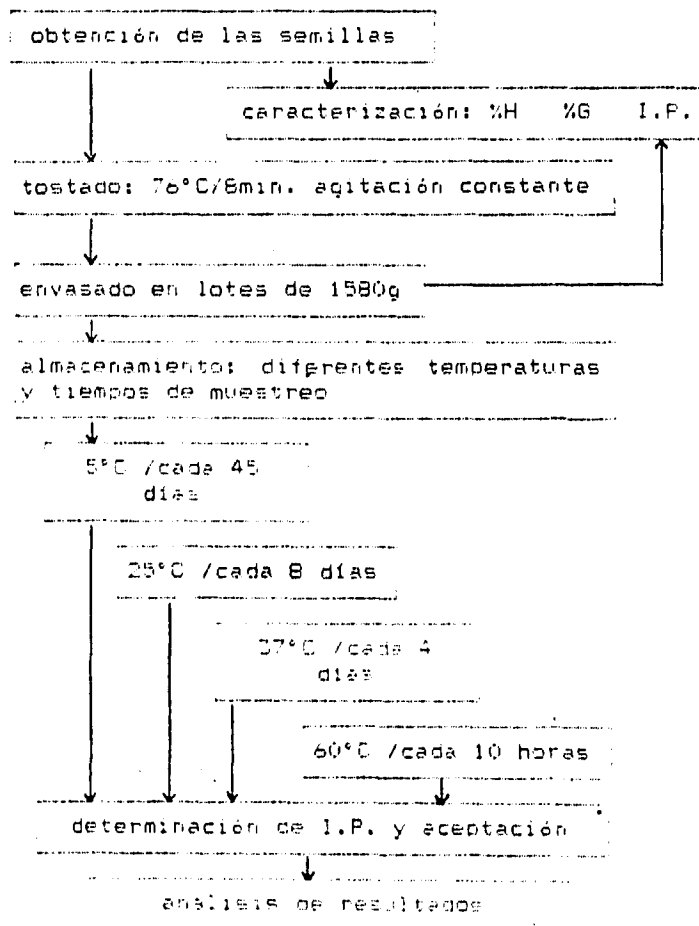
FALLA DE GARNEN

CAPITULO II MATERIALES Y METODOS

1. Condiciones experimentales

La figura II.1 presenta los pasos seguidos en la parte experimental, las condiciones y pruebas realizadas.

Fig. II.1 Diagrama de las condiciones experimentales



condes: %H=humedad, %G=grasa cruda, I.P.= índice de peróxidos

Debido a que la pasta de cacahuete de venta en el mercado contiene algún tipo de antioxidante, se requirió elaborar la pasta sin conservadores. Así, la pasta se obtuvo a partir de la semilla de cacahuete, tipo Virginia cosecha 1994, cultivada en el Estado de Querétaro. Siguiendo los pasos indicados en los trabajos de Bernal y Uribe (7, 43) se procedió a elaborar la pasta de cacahuete bajo las condiciones siguientes:

- a) descascarado: manual, a una temperatura de 20°C promedio
- b) tostado: porciones de 800g, movimiento constante durante 8 minutos, alcanzando los cacahuates una temperatura de 46°C
- c) seleccionado y enfriado por aereación, eliminándose la cascarrilla del grano y las semillas quemadas
- d) molienda: en un molino de mano, modelo Universal No. 2, de la compañía L.F. & C., de Nueva Bretaña, Conn., EUA; saliendo la pasta con una temperatura de 34°C
- e) envasado: en recipientes de plástico opaco, almacenándose en refrigeración (4-6°C) mientras se empleaban.

Las temperaturas experimentales de almacenamiento fueron: 5°C promedio (refrigeración), 25°C (como ambiental mantenida en estufa), 37°C (como referencia de un mal almacenamiento) y 60°C (como condición de deterioro acelerado).

Para determinar el I.P. se obtuvieron 16 muestras, de 5g cada una, del lote correspondiente, submuestreándose para analizar solamente 3 debido al tiempo y costo (4). La extracción duraba 4 horas y 30 minutos, con 10 descargas por hora, determinándose el I.P. a una temperatura ambiente

promedio de 20[°]C. inmediatamente al pesado del aceite extraído (12, 15).

Al mismo tiempo se separaban 510g y se almacenaban en refrigeración, en espera de reunir dos muestras de diferente I.P. para realizar la evaluación sensorial. Los tiempos para determinar el I.P. y degustar la pasta fueron distintos por ser diferentes temperaturas.

Con los resultados de I.P. se realizaron los cálculos correspondientes para comprobar el orden (que en otros alimentos lo ha presentado de uno) (40) [ecuación 1] y la constante de reacción [ecuación 2] para este modelo y obtener el valor Z de generación de peróxidos, manejándose por ello el logaritmo natural del I.P. (\ln I.P.), y también para obtener el punto de máxima aceptación de la pasta de cacahuete, por presentar un comportamiento más lineal.

$$\text{método diferencial} \quad r = \log K'_n + n \log C \quad (1)$$

$$\text{método integral} \quad K_1 = \frac{\ln C_0 - \ln C_t}{t} \quad (2)$$

donde r= velocidad de reacción
 K= constante de reacción
 C= concentración
 t= tiempo

La rancidez se evaluó por medio de la prueba de "aceptación-rechazo"(35), aplicada a jueces afectivos, que fueran consumidores habituales de cacahuete, para cada I.P. se obtuvieron 100 respuestas. Los consumidores eran clientes de una tienda de abarrotes localizada en la colonia Sta. Ma.

Tomatlán, Ixtapalapa, pertenecientes a la clase media baja, a los cuales se les presentaron dos muestras con diferente I.P., explicándoles que su contestación debía ser para cada una de las muestras.

La presentación de las muestras a los consumidores fue en las siguientes condiciones: se daban 5g de pasta de cacahuete en vasos de plástico, blancos, codificados, con cucharillas blancas; se daba una explicación de lo que debía realizarse y se entregaba un cuestionario (cuadro II.1):

Cuadro II.1 Cuestionario aplicado a jueces afectivos.

DEGUSTACIÓN DE PASTA DE CACAHUATE			
<i>Estimado cliente:</i>			
<i>Le pedimos nos de su amable respuesta sobre las siguientes muestras de pasta de cacahuete, indicando con una cruz si acepta o no a cada una de ellas.</i>			
¡GRACIAS!			
clave	ACEPTA	SI	NO
-----		---	---
-----		---	---

Los I.P. de cada lote degustado se promediaron para manejar solamente la media, junto con el porcentaje de aceptación correspondiente a esa muestra y tiempo. Los resultados de I.P. y % de aceptación se agruparon por temperaturas para observar el comportamiento, tanto de la generación de peróxidos como el de la aceptación sensorial.

2. Técnicas empleadas

Humedad

Determinada por secado en estufa (pérdida de peso), de acuerdo a la metodología descrita por el A.O.A.C (15).

Grasa

Determinada por extracción con solventes polares, de acuerdo con el método de Soxhlet (12), empleándose éter etílico como agente extractor y calculándola por diferencia de peso del matraz receptor.

Índice de Peróxidos

Determinado a partir del extracto etéreo de las muestras, revisando la solución de yoduro de potasio diariamente, siguiendo la metodología indicada por el A.O.A.C. (5, 12, 31).

Rancidez

Determinada por el método sensorial afectivo, aplicando la prueba de "aceptación-rechazo": a partir del total se obtiene el porcentaje de respuestas afirmativas a la aceptación de la muestra. Con éste se determina si es significativo estadísticamente, consultando para ello la tabla "Estimación de significancia", manejando una alfa del 5%, $p=2$, de dos colas (35, 49).

CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSION

1. Características de la materia prima y del producto

El cuadro III.1 presenta los valores promedio de las tres determinaciones de I.P., tanto de la materia prima como de la pasta al iniciar cada tratamiento.

Cuadro III.1 Caracterización de la semilla de cacahuate y de las pasta al iniciar cada tratamiento

	humedad (%)	grasa (%)	I.P. (meq/kg)
semillas crudas	5.61	48.92	0.40
pasta fresca para almacenar a 5°C	4.14	51.53	3.34
pasta para iniciar almacenamiento a 25°C	--	50.82	7.93
pasta para iniciar almacenamiento a 37°C	--	51.71	3.34
pasta para iniciar almacenamiento a 60°C	--	51.70	5.24

El tratamiento del tostado modifica el I.P. inicial de la materia prima, llevándolo de 0.40 hasta 3.34 meq/kg, es decir, incrementándolo 8.35 veces. El tostado y el manejo mecánico del cacahuate, además de la aereación, contribuyen a ese incremento. Comparando el I.P. de la pasta con las especificaciones estadounidenses de 1 meq/kg (24, 50) para producto fresco, esta no puede considerarse como tal pues presenta un avance en su deterioro lipídico.

El almacenamiento de los lotes a diferentes temperaturas (por no ser simultáneo) presentó distintos valores iniciales de peróxidos, pero que comparados con los del almacenamiento a 5°C siguen esa velocidad al analizar su cinética química, lo que permitió el ajuste a un cero relativo para el estudio de la cinética de reacción y determinación del valor Z de generación de peróxidos.

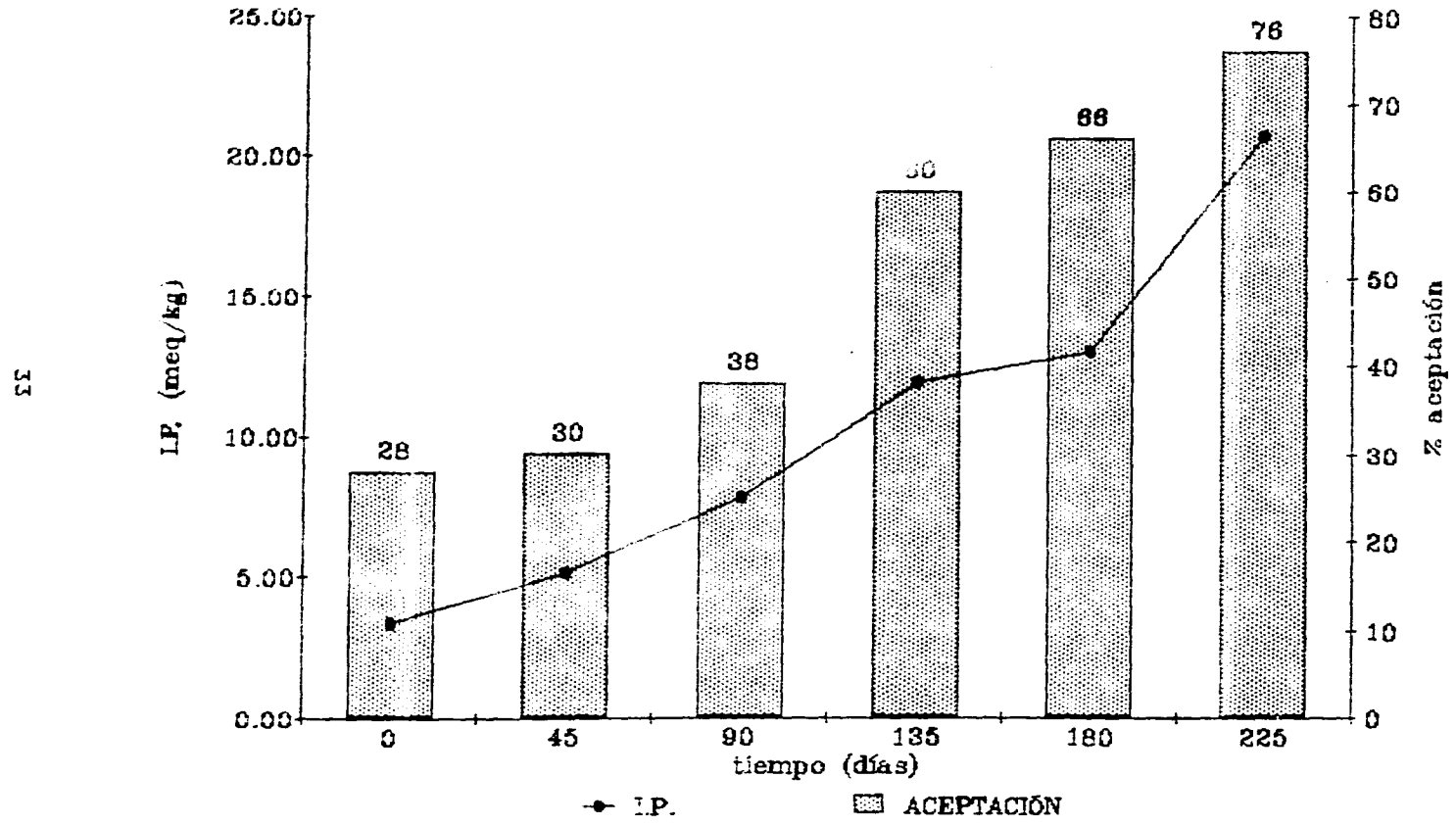
2. Nivel de peróxidos para la aceptación sensorial de la pasta de cacahuete

Las determinaciones se agrupan por temperatura de almacenamiento, correspondiendo a cada cuadro una figura combinada: en representación lineal está el incremento de peróxidos, conforme transcurre el tiempo, y la aceptación de la pasta se presenta en forma de barras, (cuadros del III.2 al III.5 y figuras de la III.1 a la III.4).

Cuadro III.2 Almacenamiento a 5°C: I.P., aceptación y comentarios

TIEMPO (min)	I.P. (mg/kg)	ACEPTACIÓN (%)	COMENTARIOS (de algunos consumidores)
0	2.24	15	desabrido, le falta sabor
45	5.15	30	desabrido
90	7.66	38	le falta sabor
135	11.90	60	sabe a cacahuete tierno
180	13.00	68	medio humedo, como tierno
225	20.76	76	poco dulce, tierno

Fig. III.1 Generación de peróxidos y
% de aceptación Almacenamiento a 5°C



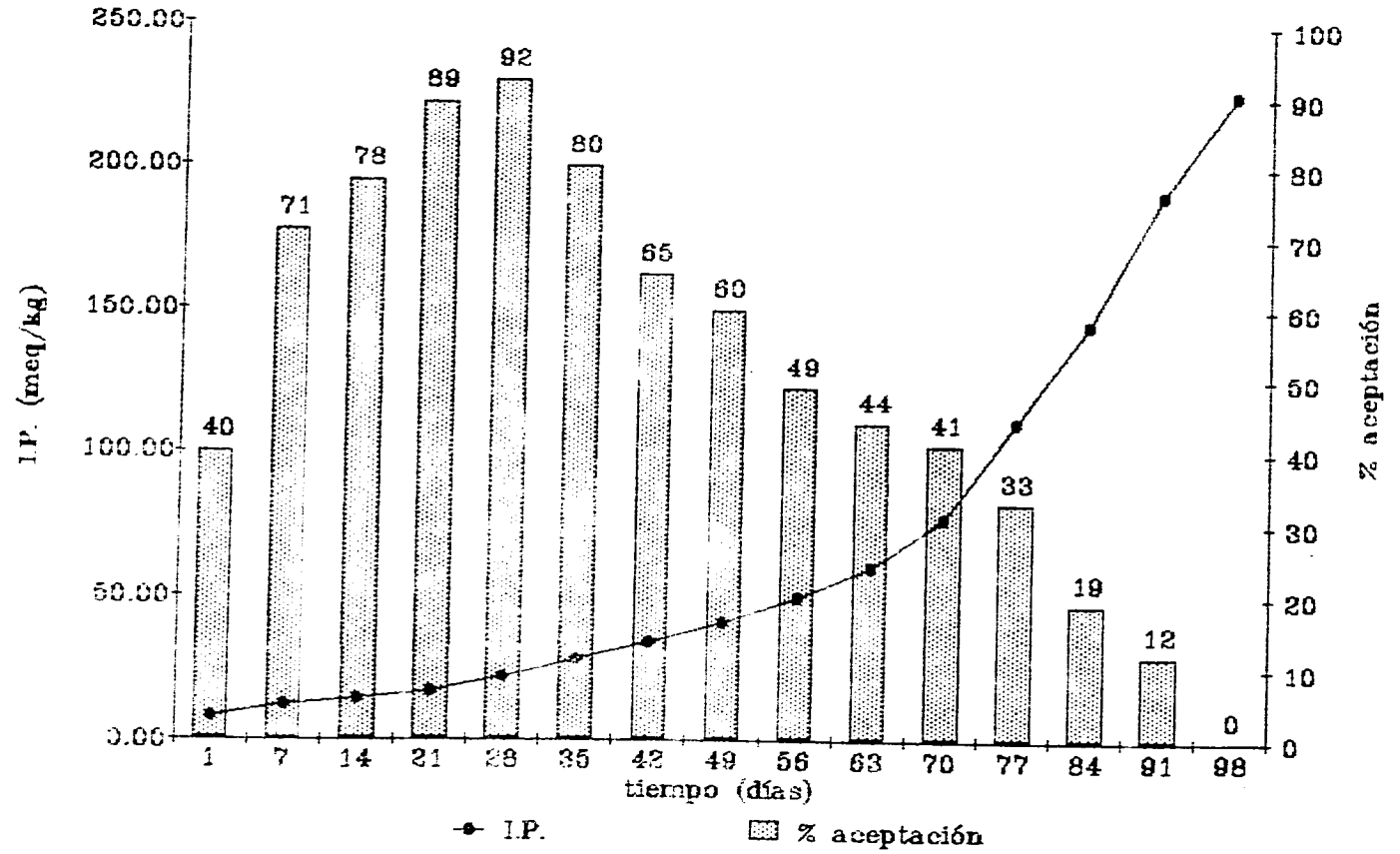
Resultados y Discusión

Los tiempos indicados corresponden al principio de los tratamientos, que no fueron simultáneos, sin embargo se consideró el inicio de cada serie como tiempo inicial "cero".

Cuadro III.3 Almacenamiento a 25°C

TIEMPO (días)	I.P. (meq/lg)	ACEPTACIÓN (%)	COMENTARIOS
1	7.93	40	desabrido
7	12.48	71	dulce
14	14.52	78	dulce, rico
21	16.58	89	dulce, sabroso
28	22.09	92	muy dulce
35	28.54	80	duzón
42	34.63	65	dulce
49	41.52	60	como correoso
56	50.11	49	un poco rancio
63	60.44	44	algo rancio
70	77.69	41	como rancio, correoso
77	110.49	33	correoso
84	145.00	19	rancio
91	190.55	12	rancio y correoso
98	226.22	0	muy rancio

Fig. III.2 Generación de peróxidos y % de aceptación Almacenamiento a 25°C

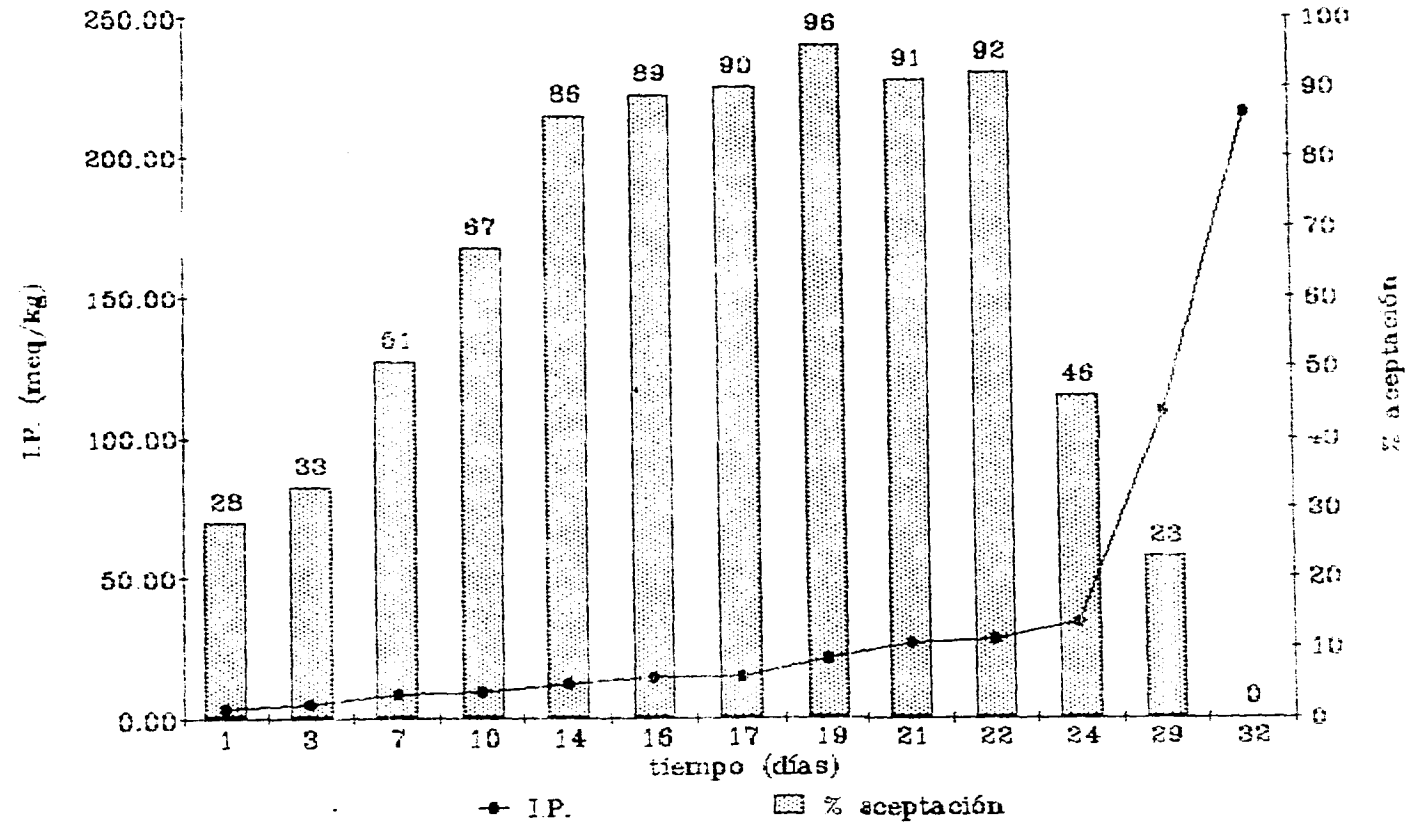


Cuadro III.4 Almacenamiento a 37°C

TIEMPO (días)	T.P. (mg/kg)	ACEPTACIÓN (%)	COMENTARIOS
1	3.34	38	está cruda
3	5.16	32	sabe a crudo
7	9.91	51	desapricada
10	9.79	67	un poco dulce
14	12.90	86	dulce, sabrosa
16	14.73	89	dulce
17	15.07	90	dulce, rica
19	21.39	96	dulce
21	27.07	91	dulce
22	28.05	92	dulce, algo corneosa
24	34.07	46	corneosa, algo rancia
29	109.57	23	olor a rancio
32	216.17	0	rancia, muy rancia

Se empleó el método de "Estimación de significancia para pruebas de preferencia por pares" como parte de la prueba afectiva; en ésta, la opción de aceptar o rechazar la pasta de cacahuete equivale al par de muestras (en el cual se preferiría una u otra), presentando una probabilidad del 50% de dar una u otra respuesta. El porcentaje de aceptación es el equivalente al número de juicios considerados como correctos, pues cada muestra fue evaluada por 100 jueces (25). Con un nivel de significancia del 0.05, el porcentaje de aceptación igual o mayor a 51, se considera estadísticamente representativo de la población.

Fig. III.3 Generación de peróxidos y % de aceptación Almacenamiento a 37°C



Universidad de Chile - Facultad de Ingeniería

Resultados y Discusión

Cuadro III.5 Almacenamiento a 60°C

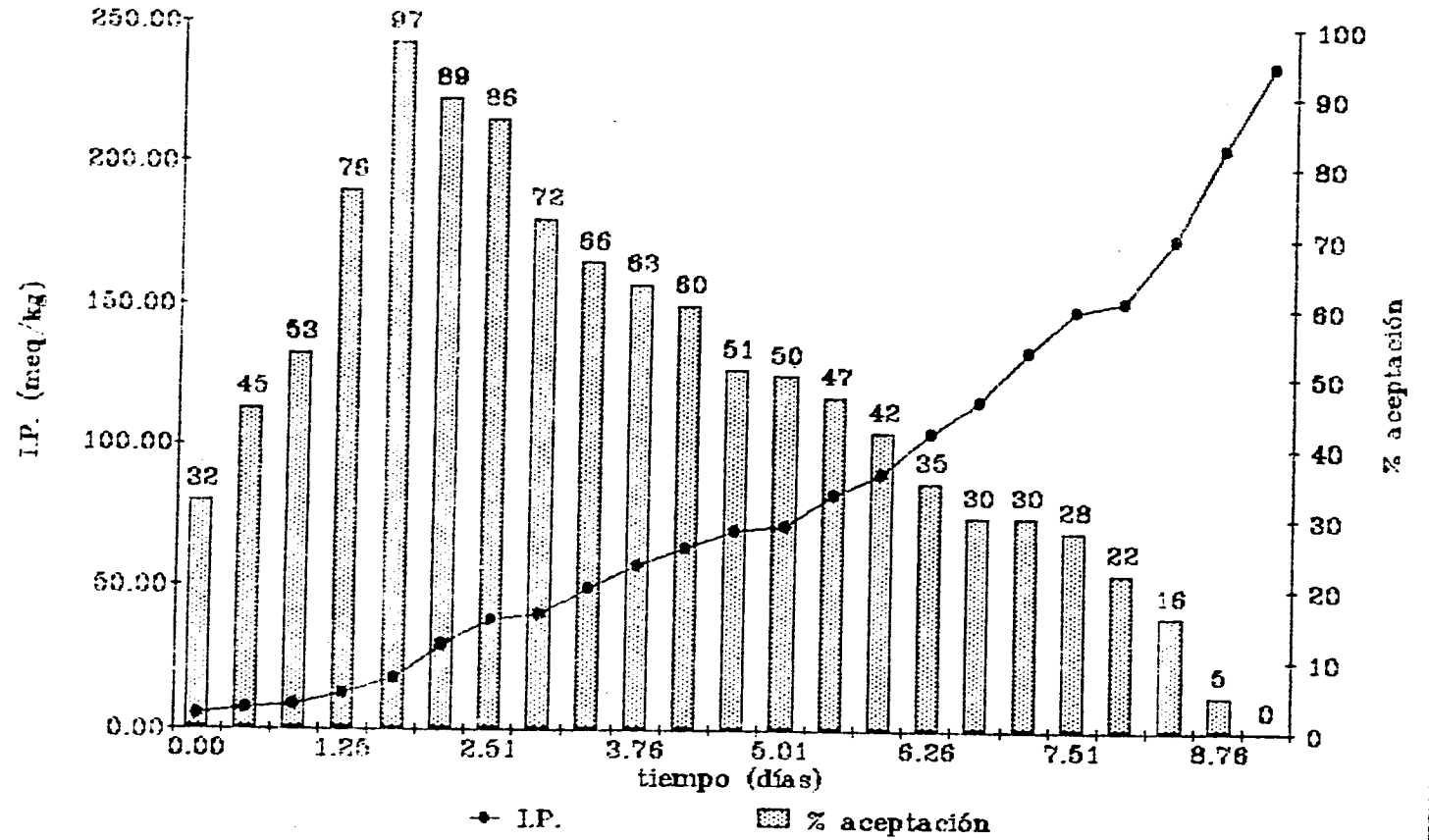
TIEMPO		I.P. ACEPTACIÓN		COMENTARIOS
(horas)	(días)	(meq/lg)	(%)	
0	0.00	5.24	32	cruda
10	0.42	7.32	45	desabrida
20	0.84	8.47	53	le falta sabor
30	1.25	12.30	76	dulce
40	1.67	18.00	97	dulce, rica
50	2.09	29.60	89	dulce
60	2.51	37.94	86	dulce
70	2.92	40.43	72	algo correosa
80	3.34	45.82	66	granulosa
90	3.76	57.24	63	dulce pero correosa
100	4.17	63.61	60	como correosa
110	4.59	70.35	51	grumosa, rancia
120	5.01	72.08	50	algo rancia
130	5.42	83.01	47	como rancia
140	5.84	90.65	42	rancia
150	6.26	105.02	35	parece alegría
160	6.68	115.97	30	rancia
170	7.09	134.31	30	esta rancia
180	7.51	148.66	28	rancia
190	7.93	152.05	22	ya esta muy vieja
200	8.34	174.63	16	muy rancia
210	8.76	206.47	5	esta muy rancia
220	9.18	225.27	0	esta muy vieja

Resultados y Discusión

Cuadro III.5 Almacenamiento a 60°C

TIEMPO (horas)	TIEMPO (días)	I. P. (meq/lg)	ACEPTACIÓN (%)	COMENTARIOS
0	0.00	5.24	32	cruda
10	0.42	7.32	45	desabrida
20	0.84	8.47	53	le falta sabor
30	1.25	12.30	76	dulce
40	1.67	18.00	97	dulce, rica
50	2.09	29.60	89	dulce
60	2.51	37.94	86	dulce
70	2.92	40.43	72	algo correosa
80	3.34	49.82	66	granulosa
90	3.76	57.24	63	dulce pero correosa
100	4.17	63.61	60	como correosa
110	4.59	70.35	51	grumosa, rancia
120	5.01	72.08	50	algo rancia
130	5.42	83.01	47	como rancia
140	5.84	90.65	42	rancia
150	6.26	105.02	35	parece alegría
160	6.68	115.97	30	rancia
170	7.09	134.31	30	esta rancia
180	7.51	148.66	28	rancia
190	7.93	152.05	22	ya esta muy vieja
200	8.34	174.63	16	muy rancia
210	8.76	206.47	5	esta muy rancia
220	9.18	235.77	0	esta muy vieja

Fig. III.4 Generación de peróxidos y % de aceptación Almacenamiento a 60°C



FALLA DE ORIGEN

... y Discusión

El intervalo de I.P. donde la aceptación sensorial es superior al 61%, sin considerar la temperatura de almacenamiento, va desde 9.79 hasta 57.24 meq/kg. De esos 22 valores obtenidos, sólo el de 9.79 meq/kg (con aceptación del 67%) es inferior al reportado como máximo aceptable en la bibliografía (15, 28, 31), que es de 10.0 meq/kg, a excepción únicamente del aceite de oliva virgen (31) en el cual el I.P. máximo es de 20. El resto de los niveles que resultaron con una aceptación representativa de la población, están muy por encima del criterio de 10 meq/kg. Aunque las unidades se reporten por kilogramo de pasta y un individuo no llega a consumir esa cantidad, se puede presentar una acumulación de peróxidos en el organismo debido a que la comida proporciona lípidos insaturados termoxidados, ya sea por los métodos de producción, almacenamiento o manejo previo a su consumo, con las consiguientes consecuencias toxicológicas. El cuadro III.6 reúne los niveles de peróxido y la aceptación correspondiente, en donde esta es significativa.

Cuadro III.6 I.P. y % de aceptación donde se afecta el producto significativamente.

50°C		25°C		37°C		50°C	
I.P.	%	I.P.	%	I.P.	%	I.P.	%
10.00	66	10.48	71	9.79	67	10.30	76
20.26	76	14.52	78	12.80	86	18.00	92
		16.68	89	14.73	89	29.50	89
		22.09	92	15.07	90	37.24	86
		28.54	90	21.39	96	40.47	72
		34.83	65	27.07	91	49.62	56
				28.05	92	57.24	63

La fig. III.5 muestra los resultados de las pruebas de temperaturas de almacenamiento (% de aceptación de la pasta) y el índice de rancidez. El empleo de pruebas afectivas, en donde el instrumento traductor del estímulo sensorial contiene como de individualidad, condujo a un nivel de aceptación diferente de un almacenamiento a otro.

Químicamente la rancidez inició desde el tostado de las semillas, pero los compuestos volátiles producidos no son detectados aun por el organismo humano. Por otro lado, las interacciones de los diferentes componentes presentes en la pasta, que dan lugar a otras reacciones de deterioro, se presentaron en diferente proporción debido al efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la velocidad de reacción.

En esa misma gráfica se marca una línea horizontal, dividiendo la zona de aceptación y de rechazo, estadísticamente significativas definiéndose a partir de su cruce con las líneas contadas, tres áreas que corresponden a:

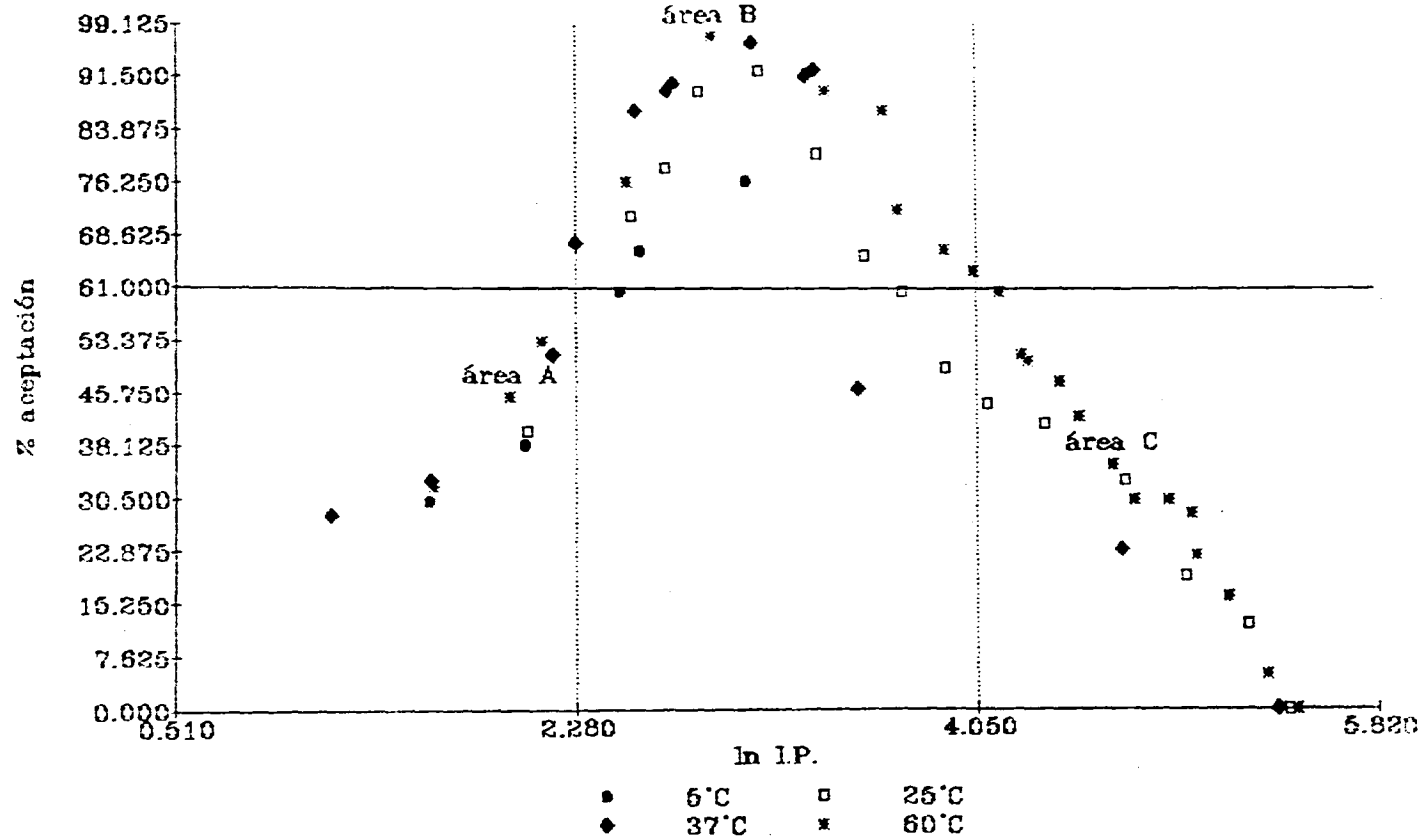
- A) inicio de la autoxidación,*
- B) máxima aceptación del producto, y*
- C) deterioro de la pasta de cacahuete,*

Los niveles indican diferentes niveles de peróxidos, con determinadas características, las cuales representan un cambio en la aceptación del consumidor.

Area de inicio de autoxidación.

Entre los dos niveles de peróxidos de 0.72 hasta 9.29, durante esta etapa los radicales comienzan a formarse en la pasta, constituyendo en el periodo de inducción; la actividad

Fig. III.5 Delimitación de la zona de aceptación de la pasta de cacahuete



de radicales no es elevada, por consiguiente las reacciones con otros compuestos y derivación hacia sustancias de menor peso molecular, aun no son suficientes para ser detectadas sensorialmente; sin embargo, el producto es rechazado de manera significativa por el consumidor (menos del 61% de aceptación). Puede pensarse en un posible desarrollo de sabor y aroma, pero para ello faltan determinaciones como por ejemplo: porcentaje de consumidores que encuentren el producto con sabor crudo, además de un análisis con jueces analíticos descriptivos y poder seguir la detección de sabores y aromas crudos.

Area de máxima aceptación.

Zona superior limitada por la horizontal trazada sobre el 61% aceptación, y cuyos I.P. limitantes son 9.39 y 57.24 meq/kg. Aquí se agrupan los porcentajes de aceptación significativa de la población, siendo los I.P. superiores a 10 meq/kg, recomendado como máximo aceptable (15, 28, 31). La cocina mexicana induce al consumo de alimentos cuya materia grasa ha sido tratada térmicamente, acostumbrándose el individuo a consumir alimentos que han iniciado ya la rancidez oxidativa; de manera que, cuando los estadounidenses consideran a un producto raso y rancio, para los mexicanos apenas lo están tomando sabor al mismo.

Una comparación, algo arbitraria, sobre el nivel de peróxidos en donde se detecta la rancidez sensorialmente, es con el trabajo de Vidal y col. (47), en él igualmente se determinaron I.P., se evaluó sensorialmente y se almacenó a diferentes temperaturas el aceite, aunque en diferente en

producto y las condiciones experimentales, cabe anotar que el I.F. donde inicia la aparición de sabores y olores característicamente rancios es en 14.2, resultando ser totalmente desagradables al llegar a 65.9 meq/kg. El primero de los valores se encuentra en el área de máxima aceptación determinada para el D.F., y el valor de total rechazo se localiza en la zona de rechazo. Lo anterior permite asumir que la población acepta las notas rancias en el alimento y las considera una característica atractiva para consumirlo, a pesar de que químicamente la autooxidación está avanzada, superando las recomendaciones de la cultura angloamericana de 1.0 como máximo para producto fresco y 10 como máximo aceptable (28, 34).

Área de deterioro.

Inició químicamente desde la preparación misma de la pasta de cacahuete, a pesar de ello, y siendo el consumidor el que finalmente ingiere el producto, resultó la identificación del deterioro por la disminución en la aceptación, por parte de los jueces afectivos, después de 57.24 meq/kg. Los compuestos generados por las segundas reacciones de los peróxidos, y otros compuestos, alcanzaron un nivel detectable por el consumidor, rechazando éste la pasta de cacahuete, pero el I.F. de 57.24 es muy superior al recomendado como máximo aceptable, pudiendo presentarse una acumulación de peróxidos que sobrepase los niveles de defensa del organismo.

Puede pensarse que los hábitos alimentarios limitarían el mejoramiento en las condiciones de producción, pero la

medida en el consumo llevara a implantar un mejor control de los sistemas productivos, pues la costumbre de almacenar alimentos es inherente al hombre desde sus primitivos orígenes, y no sería deseable que por un inadecuado almacenamiento el producto se rechace por estar rancio.

3. Cinética química

Para elaborar la fig. III.6, y determinar las constantes de reacción (cuadro III.7), se tienen los datos de la regresión lineal (ecuación 3) y datos de los cuadros III.2, 3, 4 y 5 para cada temperatura.

$$\ln I.P._t = -k^1 t + \ln I.P._0 \quad (3)$$

Cuadro III.7 Regresión lineal del método integral, para determinar la constante de reacción

T (°C)	ordenada	pendiente	coeficiente de regresión	constante de reacción (k)
5	1.283	0.007831	0.990	0.007838
25	2.150	0.033005	0.997	0.033050
37	1.073	0.155	0.966	0.118
60	2.266	0.376	0.963	0.373

Como los almacenamientos no se realizaron simultáneamente, existe una diferencia de tiempo inicial respecto a la temperatura de 5°C. a pesar de esto, la autooxidación de las muestras, al momento de iniciar el tratamiento térmico, presentó valores correspondientes a los de este almacenamiento. Por esta característica se ajustaron las respectivas ecuaciones 4, 5, 6 y 7 para que se continúe el estudio

a un mismo tiempo relativo de cero, y poder apreciar la cinética que en conjunto se desarrolló en este alimento.

$$5^{\circ}\text{C} \quad \ln I.P._t = 0.007831 t + 1.283 \quad (4)$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad \ln I.P._t = 0.033005 t + 2.150 - 0.867 \quad (5)$$

$$37^{\circ}\text{C} \quad \ln I.P._t = 0.155 t + 1.073 + 0.210 \quad (6)$$

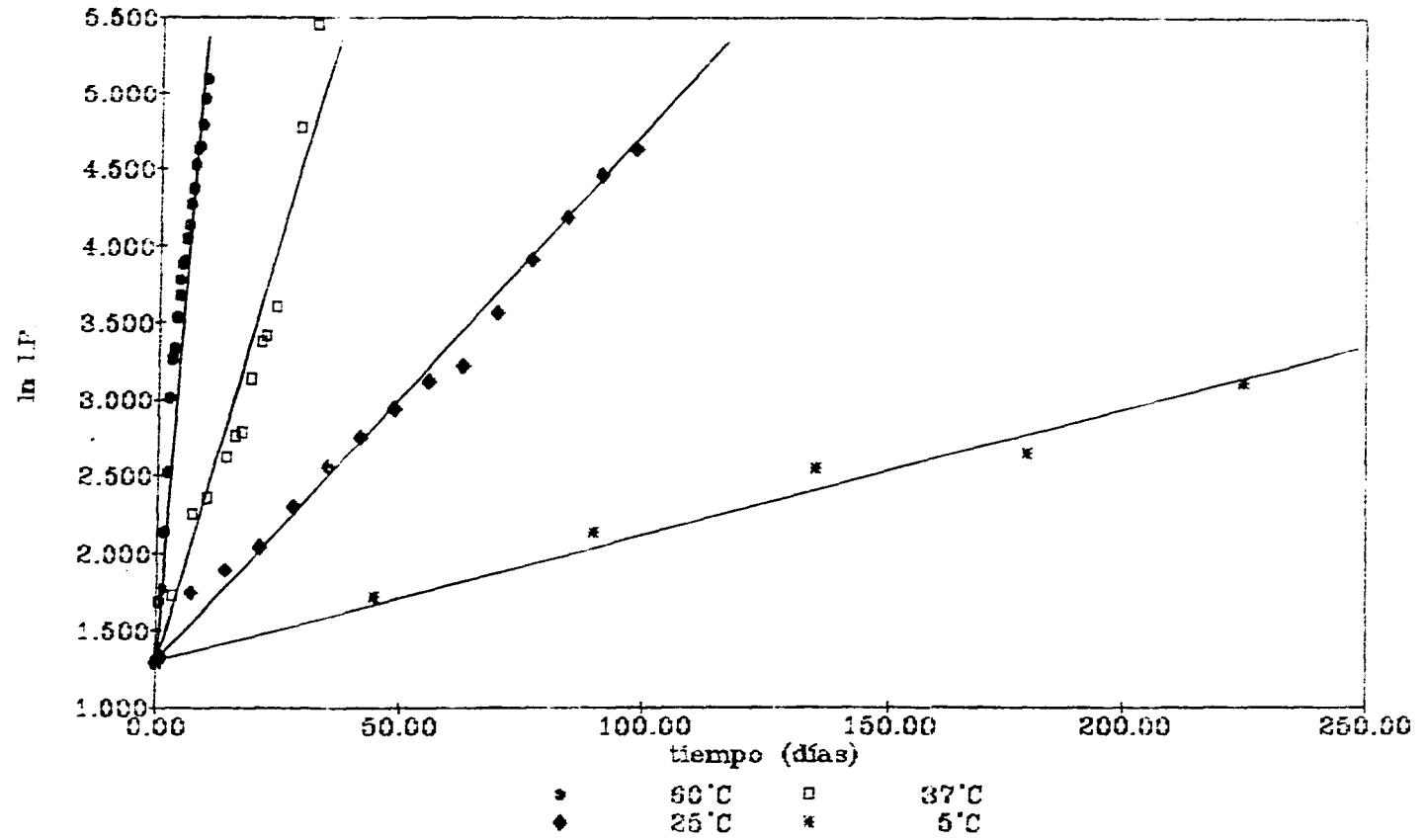
$$60^{\circ}\text{C} \quad \ln I.P._t = 0.376 t + 2.266 - 0.983 \quad (7)$$

A partir de las constantes de reacción (k) de cada temperatura, se calculó el valor G (cuadro III.8), el cual representa el tiempo necesario (a una temperatura constante) para generar un 90% de peróxidos a partir de los ya presentes. Continuando con los cálculos, se obtuvo el valor z de generación de peróxidos (Z_{gen}), el cual resultó de 32.15 grados (cuadro III.8 y fig. III.7, gráfica del log G vs. T), intervalo de temperatura que aumenta un 90% el valor G.

Cuadro III.8 Valores de G, obtenido a partir de la k de cada tratamiento térmico

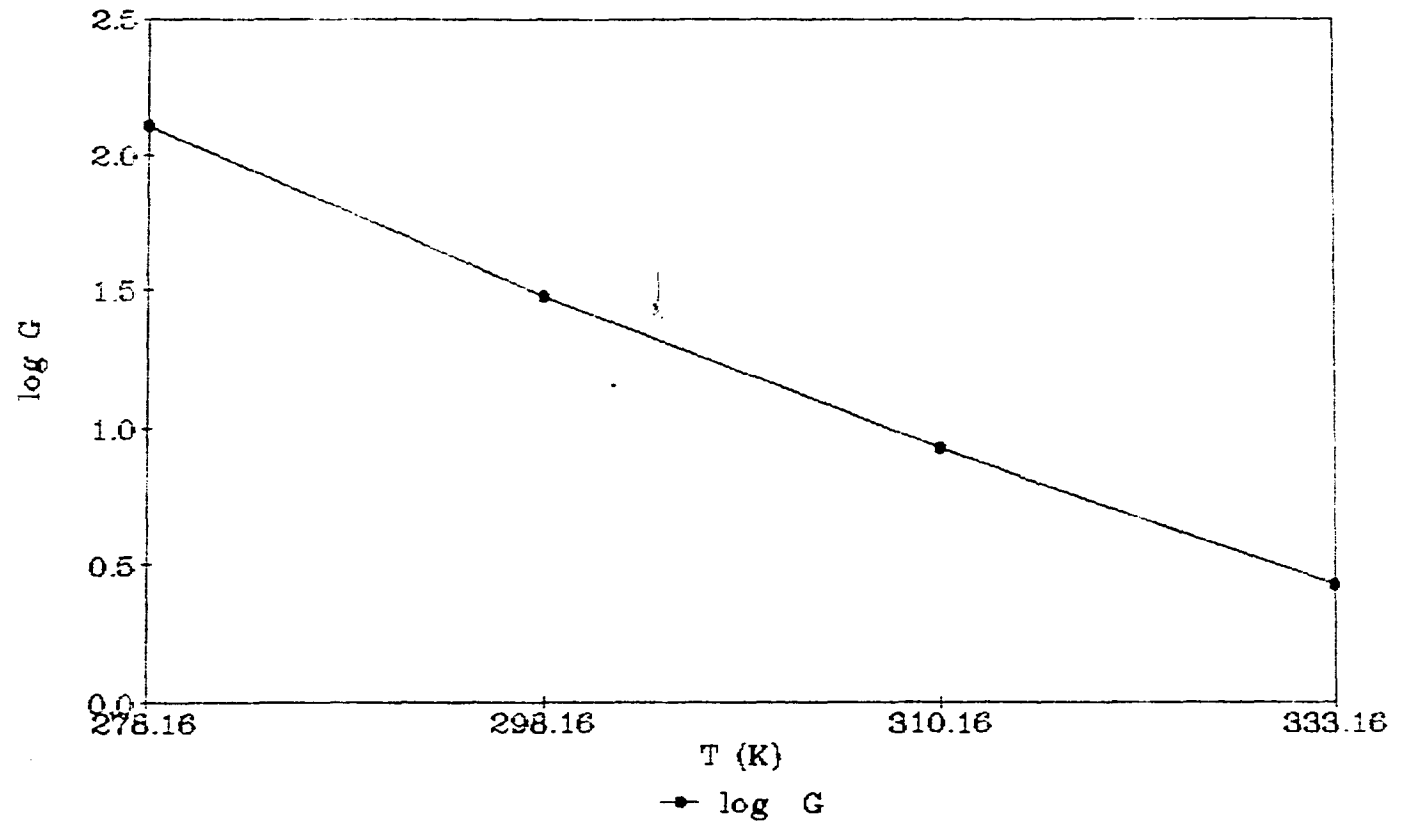
T (°C)	T (K)	k (1/días)	G=1/k (días)	log G
5	278.16	0.007948	127.20	2.106
25	298.16	0.033005	30.30	1.481
37	310.16	0.115	8.47	0.928
60	333.16	0.376	2.66	0.425
regresión lineal				
ordenada			10.713	
pendiente			-0.0011 1/K	
coef. reg.			-0.591	
valor Z _{gen}			32.15	

Fig. III.6 Cinética química de la generación de peróxidos



47

Fig. III.7 Obtención del valor Z_{gen} de peróxidos



48

Vale comentar que la pasta almacenada a 5 °C no llegó a niveles de peróxido elevados después de 225 días (20.76 meq/kg), sin embargo su aceptación fue del 76%. También la diferencia en la velocidad de reacción afecta el hecho de que, al ser menor la generación y el contenido de peróxidos, sus reacciones secundarias fueron menores, permitiendo el desarrollo de otras, lo cual puede explicar el que en esta temperatura de almacenamiento los consumidores detectaron un gusto a cacahuete tierno (gusto que no se manifestó en las otras temperaturas), en niveles de peróxido comparativamente de mayor aceptación en los otros almacenamientos.

Las siguientes temperaturas de almacenamiento (25, 37 y 60 °C), permitieron observar que durante el deterioro lipídico, las reacciones secundarias de los radicales peróxido no disminuyen la aceptación sensorial de la pasta de cacahuete, siendo más notable en el almacenamiento a 60°C, que cuenta con mayores datos. Lo anterior se explica por la separación de los lípidos de las proteínas y carbohidratos al éstos sufrir cambios en su estructura, por la elevación de la temperatura, lo que no sólo altera la apreciación de la materia grasas sino que también permite la interacción de los radicales ya formados con los compuestos antes ligados a los lípidos.

FALLA DE IMPRESIÓN

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

La cinética química presentada por la generación de peróxidos en este modelo, resultó seguir la cinética de reacción de primer orden, con las siguientes constantes de reacción para cada temperatura:

5°C	0.007948	1/días
25°C	0.03305	1/días
37°C	0.118	1/días
60°C	0.373	1/días

y una Z de generación de peróxidos de 32.15 grados, la velocidad relativa en la cual se genera el sabor rancio objetable.

El almacenamiento a 5°C es el más estable, presentándose una aceptación significativa de 66% a los 180 días, con un I.F. de 13.00 meq/kg.

El valor de peróxidos en donde la población no aceptó la pasta de cacahuete presentó dos rangos: de 2.72 a 9.39 meq/kg, inicio de la autooxidación; y el que inicia a los 57.24 meq/kg, en donde la rancidez oxidativa era ya objetable.

La relación entre la aceptación y el índice de peróxidos, de la pasta de cacahuete, resultó ser un indicativo del nivel de aceptación del producto por parte del consumidor.

El consumidor evaluado en este trabajo indica una tendencia a preferir alimentos ligeramente rancios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo (1994) "Tres dimensiones para diseñar sabor" Alimentos procesados 13 (1) 66-71.
2. Abdel-Rahman, A.Y. (1982) "Effect of fungi on lipid free fatty acid and fatty acid composition of stored peanuts" Grasas y Aceites 33 (5) 271-273.
3. Armstrong, B. (1976) Stability and nutritive value of lipid, CRC, EUA, 356-358.
4. Ashman, F. (1984) "Tecnología de la inspección y muestreo de productos" cap. 21 de Manejo de los alimentos, Jamieson-Jobb ed., Pax-México, México, 437, 451-454, 550.
5. Ayres, G. (1970) Análisis químico cuantitativo, Haria, Mexico, 275-278, 430-443.
6. Badui Dergal, S. (1992) Química de los alimentos, 2a. ed., Alhambra, México, 247-258, 267-269.
7. Bernal Guardado, P.G. (1991) Industrialización y conservación del cacahuete, Trabajo monográfico, Facultad de Química, UNAM, 19-27, 98-126.
8. Bernardini, E. (1981) Tecnología de aceites y grasas, Alhambra, España, 47-50, 140-148, 450-467.
9. Braverman, J. (1980) Introducción a la bioquímica de los alimentos, El Manual Moderno, México, 230, 248-265, 324.
10. Burdaspal, P., Jiménez, I., y Tejedor, M. (1991) "Prospección sobre la contaminación por aflatoxinas en manteca de cacahuete" Alimentaria, XXVII (217) 39-42.

11. Colavita, F.B. (1978) Sensory changes in the elderly, Charles Thomas Pub., EUA, 53-61.
12. Cornejo Barrera, L. (1993) Índice de peróxidos, Concurso de oposición del laboratorio de Análisis de Alimentos, Facultad de Química, UNAM, 20p.
13. Del Barrio, A., Gutiérrez, F. (1981) "Cromatografía gas-líquido, técnica de espacio de cabeza, al problema del atrojado en aceites de oliva" Grasas y Aceites 32 (3) 155-161.
14. Dobarganes, M., Pérez-Camino, M., Márquez, G. (1985) "Aceites calentados: estudios de toxicidad crónica" Grasas y Aceites 36 (1) 30-34.
15. Egan, H., Ronald, S. y Sawyer, R. (1987) Análisis químico de alimentos de Pearson, Continental, México, 65.
16. Erickson, K.,L. y Thomas, K. (1985) "The role of dietary fat in mammary tumorigenesis" Food Techn. 39(2) 69-72.
17. Expert Panel IFT (1986) "Effect of food processing on nutritive value" Food Techn. 40 (12) 109-116.
18. Expert Panel IFT (1986) "Fats in dietary: who and where?" Food Techn. 40 (10) 115-120.
19. Expert Panel IFT (1989) "Ingredients for sweet success" Food Techn. 43 (10) 94-114.
20. Farga, A. (1993) Historia de la comida en México, Diana, México, 15-56, 113-126, 139-143.
21. Gunston, F. D. (1983) Lipids in foods: chemistry, biochemistry and technology, Pergamon Press, R.U.,19, 156-161.

22. Hardisson, A. y Castells, S. (1988) "Cancerígenos en alimentos " Alimentaria, XXV, (190) 71-84.
23. Hernández Romero, Ma. A. (1988) Interacción lípido-carbohidrato-proteína y su efecto sobre la determinación de lípidos en alimentos extruídos, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, 11-19, 37-43, 55-59.
24. Jamieson, G. S. (1943) Vegetable fats and oils, 2a. ed., Reinhold Pub, EUA, 151-158, 219.
25. Jauge, P. y De Fernicola N.A.G.G. (1985) Nociones básicas de toxicología, OMS, México, 3-6, 57.
26. Juárez Lomelí, F. (1946) Digestibilidad de grasas y aceites con relacion a las características comerciales de sabor y rancidez principalmente, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, 9,10, 19, 20, 26-33.
27. Kare, M. R. (1975) " Changes in taste with age- infance to senescence " Food Techn. 29 (8) 78.
28. Lees, R. (1984) Análisis de los alimentos, 2a. ed., Acribia, España, 13, 164, 165.
29. Lorentzen, R. J. (1984) " FDA procedures for carcinogenic risk assessment" Food Techn., 38 (10) 108-111.
30. Lowenberg, L. (1979) Los alimento y el hombre, Limusa, México, 97-165.
31. Madrid, A. (1988) Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestibles, AMV, España, 23-32.
32. Muller, H. G. y Tobin, G. (1984) Nutrición y ciencia de los alimentos, Acribia, España, 149,150.

33. Osnaya Brisuela, O. R. (1982) Estudio sobre la alimentación de México prehispánico, Trabajo monográfico, Facultad de Química, UNAM, 1, 2, 27, 131-133.
34. Patterson, H.B.W. (1992) Bleaching and purifying fats and oils, AOCS Press, EUA, 115-117.
35. Pedrero, D. (1989) Evaluación sensorial de los alimentos, Alhambra, México, 20-29, 103-107.
36. Pérez-Camino, M., Márquez, G., Dobarganes, M. (1988) "Aceites calentados: Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación" Grasas y Aceites 39 (2) 72-76.
37. Ramírez Fuentes, I.J. (1992) Diferentes condiciones de almacenamiento en cacahuete: su repercusión en el incremento de aflatoxinas, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, 5-12, 30.
38. Robelo, C. (1965) Diccionario de aztequismos, 3a. ed., Fuente cultural, México, 184-190.
39. Roessler, E.B., Pangborn, R.M., (1978) "Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests" J. Food Science, 43 (11) 940-943.
40. Sánchez Mora, Ma. del C. (1989) Vida y nutrición, Siglo XXI, México, 12-16, 58-63, 90-93.
41. Smith, M.V. (1984) " Use of risk assessment in regulatory decision making" Food Techn., 38 (10) 113-116.
42. Toussaint-Samat, M. (1991) Historia natural y moral de los alimentos, Alianza Editorial, España, 16-24, 64-81.

43. Uribe Zúñiga, S.M. (1977) Investigación de aflatoxinas en cacahuete mexicano, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, 5-15, 26-40, 122.
44. Valle Vega, P. (1994) "Derivados generados por el sobrecalentamiento de aceites vegetales y su efecto al ser consumidos" Tecnol. de Alimentos, 29 (2) 40-49.
45. Valle Vega, P. (1986) Toxicología de alimentos, OMS, México, 169-172.
46. Ventosa Roig, J. (1947) La alimentación popular, Núm.. 173 de la Colección Biblioteca Enciclopédica Popular, SEP, México, 24, 31, 61-64.
47. Vidal Quintanar, R.L. y Johnson, L.A. (1994) "Evaluación de la oxidación de lípidos en masa instantánea de maíz" Tecnol. de Alimentos, 29 (1) 54.
48. Vidaurri González, A. (1983) Cambios en las características químicas de la manteca de cerdo sobrecalentada y posibles implicaciones toxicológicas, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, 2-8, 18.
49. Villadrich, E, Buxaderas, S., Marine-Font, A. (1990) "Influencia de los metales traza en la estabilidad de las grasas comestibles" Alimentaria XXVII (210) 37-42.
50. Williams, G. M. y Weisburger, J.H. (1986) "Chemical carcinogenesis" cap. 5 de Toxicology: the basic science of poisons, 3a. ed., Casarett & Douk's edit., MacMillan Pub, EUA, 99-147, 177.