



9 300627

2ej<sup>7</sup>

# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

“Determinación del Tiempo Optimo de  
Vida de Anaquel de Cuatro Tipos de  
Cacahuates Comerciales”

## TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:  
Químico Farmaceutico Biologo

P R E S E N T A:

MARtha CLAUDIA CORREA



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.



**Asesor: D. Irene Montalvo Delgado.**

## INDICE DE MATERIAS

	Pág.
	XI
<b>Prefacio</b> .....	<b>XI</b>
<b>Capítulo I</b> <b>Introducción y Justificación</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo II</b> <b>Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<b>Capítulo III</b> <b>Generalidades</b>	
<b>3.1 Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2 Origen e historia del cacahuate</b> .....	<b>5</b>
3.2.1 Descripción de la planta .....	<b>8</b>
<b>3.3 Clasificación y composición</b>	
3.3.1 Clasificación .....	<b>10</b>
3.3.2 Composición .....	<b>13</b>
<b>3.4 Rancidez</b>	
3.4.1 Aspectos generales .....	<b>20</b>
3.4.2 Importancia de las reacciones de oxidación en los productos alimenticios .....	<b>22</b>
3.4.3 Factores que influyen en la oxidación .....	<b>23</b>
3.4.4 Mecanismo de las reacciones de oxidación .....	<b>26</b>
3.4.5 Formación y descomposición de hidroperóxidos .....	<b>35</b>
3.4.6 Productos secundarios de la reacción de oxidación .....	<b>46</b>
3.4.7 Técnicas para medir la oxidación de lípidos .....	<b>55</b>
<b>3.5 Proceso del cacahuate</b> .....	<b>57</b>
3.5.1 Ventajas del proceso .....	<b>60</b>
3.5.2 Importancia del empaque .....	<b>61</b>
<b>3.6 Definición de " vida de anaquel "</b> .....	<b>63</b>
3.6.1 Criterios de calidad .....	<b>63</b>
3.6.2 Métodos para evaluar la calidad .....	<b>64</b>
<b>3.7 Definición de " vida acelerada "</b> .....	<b>66</b>
<b>3.8 Principales factores a considerar para la         determinación de la " vida de anaquel "</b> .....	<b>67</b>

	Pág.
<b>Capítulo IV</b>	<b>Metodología</b>
	4.1 Descripción de las muestras ..... 69
	4.2 Origen y tratamiento de las muestras ..... 71
<b>Capítulo V</b>	<b>Resultados y Discusión</b>
	5.1 Resultados de la auditoría externa
	5.1.1 Auditoría de los Centros Comerciales ..... 75
	5.1.2 Análisis Físicos y Químicos de las muestras recolectadas ..... 77
	5.2 Resultados de la auditoría Interna
	5.2.1 Análisis Físicos y Químicos de las muestras..... 79
	5.2.1.1 Resultados y discusión de la vida acelerada ..... 81
	5.2.1.2 Resultados y discusión de la vida de anaquel ..... 106
	5.2.2 Resultados de la correlación entre la vida de anaquel y la vida acelerada para cada tipo de cacahuete ..... 126
<b>Capítulo VI</b>	<b>Conclusiones</b> ..... 140
<b>Capítulo VII</b>	<b>Recomendaciones</b>
	7.1 Materia prima ..... 142
	7.2 Proceso ..... 143
	7.3 Empaque ..... 144
	7.4 Control de calidad ..... 145
	7.5 Otras Investigaciones ..... 146
<b>Capítulo VIII</b>	<b>Anexos</b>
Anexo 1	Fundamentos de las técnicas utilizadas ..... 147
Anexo 2	Material y Equipo ..... 150
Anexo 3	Escalas de calificaciones de las pruebas sensoriales ..... 151
Anexo 4	Mecanismo de antioxidación ..... 153
Anexo 5	Tratamiento matemático ..... 154
<b>Capítulo IX</b>	<b>Bibliografía</b> ..... 155

## RELACION DE TABLAS Y FIGURAS

	Pág.
<b>Capítulo III</b>	<b>Generalidades</b>
	<b>3.3 Clasificación y composición</b>
<b>Tabla 1</b>	Características de las diferentes variedades de cacahuates considerando su aspecto y tamaño ..... 13
<b>Tabla 2</b>	Composición del grano del cacahuete con cáscara ..... 14
<b>Tabla 3</b>	Composición del grano del cacahuete ..... 14
<b>Tabla 4</b>	Composición media de la lesta del cacahuete ..... 15
<b>Tabla 5</b>	Composición de ácidos grasos en el cacahuete, donde la cantidad de estos está dada en g ácidos grasos / 100g del total de ácidos grasos ..... 16
<b>Tabla 6</b>	Composición porcentual de ácidos grasos del cacahuete de diferentes variedades ..... 18
<b>Tabla</b>	Composición de aminoácidos del cacahuete ..... 19
	<b>3.4 Rancidez</b>
<b>Se presenta el diagrama de un triacilglicérido insaturado en el que se muestra su sitio de oxidación</b> .....	<b>30</b>
<b>Se presenta el diagrama completo de la autooxidación de lípidos</b> .....	<b>31</b>
<b>Figura 1</b>	Absorción de oxígeno por una muestra de grasa ..... 34
<b>Figura 2</b>	Producción de hidroperóxidos ..... 36
<b>Figura 3</b>	Mezcla de 8,9,10 y 11 hidroperóxidos alílicos ..... 38
<b>Figura 4</b>	Mezcla de hidroperóxidos conjugados 9,13 dienos ..... 39
<b>Figura 5</b>	Mecanismo de formación de 6 peróxidos vía ciclización <sup>1,4</sup> ..... 40
<b>Figura 6</b>	Descomposición de hidroperóxidos ..... 42
<b>Figura 7</b>	Descomposición por oxidación de una muestra de grasa ..... 45

<b>Figura 8</b>	<b>Resonancia en equilibrio entre las dos formas del radical libre carbonilo del nonanal .....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo IV</b>	<b>Metodología</b>	
	<b>4.1 Descripción de las muestras</b>	
	La figura muestra el tratamiento general que se le da al cacahuete fuera y dentro de la industria procesadora .....	<b>70</b>
<b>Capítulo V</b>	<b>Resultados y Discusión</b>	
	<b>5.2 Resultados de la auditoría interna</b>	
	<b>Las siguientes tablas pertenecen a la sección 5.2.1.1</b>	
<b>Tabla 1</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida acelerada para el cacahuete sazonado .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida acelerada para el cacahuete sazonado .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 3</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 5</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 6</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 7</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida acelerada para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....</b>	<b>98</b>

<b>Tabla 8</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida acelerada para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 9</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida acelerada para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 10</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida acelerada para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....</b>	<b>105</b>

**Las siguientes tablas pertenecen a la sección 5.2.1.2**

<b>Tabla 11</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida de campo para el cacahuete sazonado .....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 12</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida de campo para el cacahuete sazonado .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 13</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida de campo para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 14</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida de campo para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 15</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida de campo para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 16</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida de campo para el cacahuete frito con sal .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 17</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida de campo para el cacahuete sazonado en mezcla de chiles y limón .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 18</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida de campo para el cacahuete sazonado en mezcla de chiles y limón .....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 19</b>	<b>Resultados de análisis físicos y químicos de vida de campo para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 20</b>	<b>Resultados de pruebas sensoriales de vida de campo para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....</b>	<b>125</b>

**Las siguientes figuras pertenecen a la sección 5.2.1.1**

<b>Figura 1</b>	Gráficas de vida acelerada vs tiempo para el cacahuete sazonado .....	<b>86</b>
<b>Figura 2</b>	Gráficas de vida acelerada vs tiempo para el cacahuete frito con sal .....	<b>93</b>
<b>Figura 3</b>	Gráficas de vida acelerada vs tiempo para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....	<b>99</b>
<b>Figura 4</b>	Gráficas de vida acelerada vs tiempo para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....	<b>104</b>

**Las siguientes figuras pertenecen a la sección 5.2.1.2**

<b>Figura 5</b>	Gráficas de vida de campo vs tiempo para el cacahuete sazonado .....	<b>109</b>
<b>Figura 6</b>	Gráficas de vida de campo vs tiempo para el cacahuete frito con sal .....	<b>115</b>
<b>Figura 7</b>	Gráficas de vida de campo vs tiempo para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....	<b>120</b>
<b>Figura 8</b>	Gráficas de vida de campo vs tiempo para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....	<b>124</b>

**5.2.2 Resultados de la correlación entre la vida de anaquel o campo y la vida acelerada para cada tipo de cacahuete**

<b>Tabla 21</b>	Resultados de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete sazonado .....	<b>128</b>
<b>Tabla 22</b>	Resultados de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....	<b>132</b>
<b>Tabla 23</b>	Resultados de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....	<b>135</b>
<b>Tabla 24</b>	Resultados de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....	<b>138</b>

<b>Figura 9</b>	Gráficas de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete sazonado .....	<b>129</b>
<b>Figura 10</b>	Gráficas de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete frito con sal .....	<b>133</b>
<b>Figura 11</b>	Gráficas de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón .....	<b>136</b>
<b>Figura 12</b>	Gráficas de vida de campo vs vida acelerada para el cacahuete frito en mezcla de dos tipos y pepitas .....	<b>139</b>

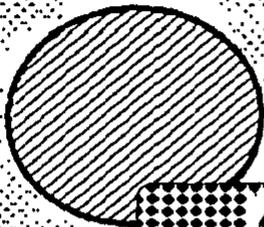
## P R E F A C I O .

Este trabajo está encaminado a la obtención del tiempo óptimo de vida de anaquel de cuatro tipos de cacahuates comerciales, con el fin de tener este dato lo más exacto posible para así, conocer las condiciones en que se encuentran los productos y de esta forma, optimizarlas o conservarlas, para tener siempre la preferencia del consumidor, así como el prestigio de la empresa que los produce.

Para la obtención del tiempo óptimo de vida de anaquel o campo se recurre a una prueba llamada de vida acelerada, la cual maneja condiciones drásticas de temperatura y humedad relativa, ésto con el fin de acelerar las reacciones de deterioro del producto y de esta forma observar su comportamiento en menor tiempo; con este valor y el obtenido en la prueba de vida de anaquel o campo se obtiene una relación mediante un tratamiento matemático de los datos y se determina la relación en días existente entre ambas vidas.

Los datos utilizados para la relación de ambas vidas son obtenidos de la prueba química de índice de peróxidos, que se realiza para cada producto, diariamente en el caso de los productos sometidos a vida acelerada y tres veces por mes en el caso de los sometidos a vida de anaquel o campo, siendo apoyadas por pruebas sensoriales y otras pruebas físicas usuales en la rutina del control de calidad del producto en la empresa.

El trabajo comprende también un estudio del proceso, manejo, empaclado, control de calidad del producto y distribución del mismo a los diferentes centros comerciales del Distrito Federal. Todo con el objeto de saber de que manera se esta manejando el producto dentro y fuera de la empresa, para tenerlo siempre en excelentes condiciones y así asegurar su aceptación y preferencia por el consumidor.



*Capítulo 1*

*Introducción y  
Justificación*

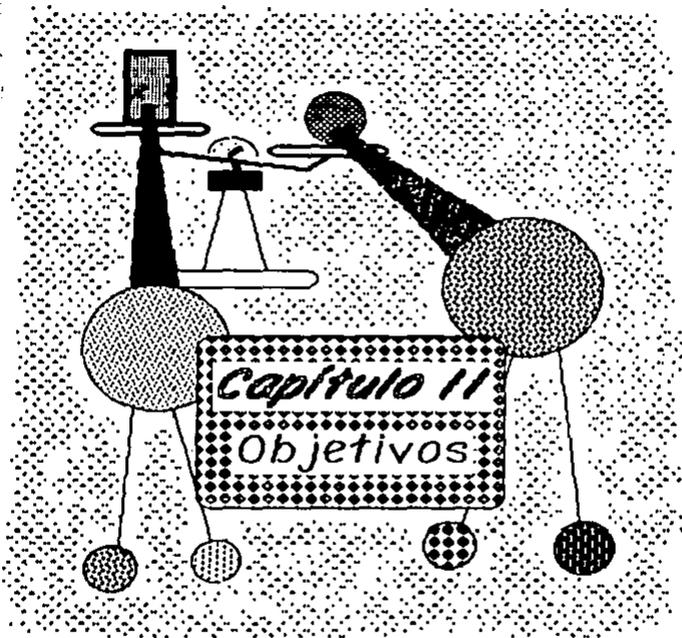
## I.- INTRODUCCION Y JUSTIFICACION.

Actualmente debido a la creciente demanda de productos procesados y al avance tecnológico que está teniendo la industria en este campo, es de suma importancia determinar el periodo de estabilidad de los productos, para así poder predecir su vida de anaquel. Este dato asegura su calidad de conservación, la cual se refleja al mantener el producto sus características de apariencia, textura, sabor, color y olor.

En virtud de que las pruebas de almacenamiento, en condiciones normales, como son : anaqueles, alacenas, etc., requieren de un tiempo prolongado a fin de que sean significativas, se utilizan, comúnmente, las llamadas pruebas de vida acelerada. Dichas pruebas, hasta ahora, son las únicas que ofrecen ventajas sustanciales sobre las anteriores, con respecto al costo y tiempo de duración de la prueba.

En consecuencia, el presente trabajo tiene la finalidad de determinar, con la mayor exactitud que el método permita, la relación existente entre la vida acelerada del producto y la vida de anaquel o campo del mismo, ofreciendo ventajas adicionales, como sería la seguridad de que al hacer un cambio de formulación, mejoras en el proceso y / o empaque, se podrá determinar su vida de anaquel óptima.

Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación sean de utilidad a la industria, para mantener la calidad de sus productos y de esta forma mantener también la preferencia del consumidor.



## **II.- OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO FUNDAMENTAL.**

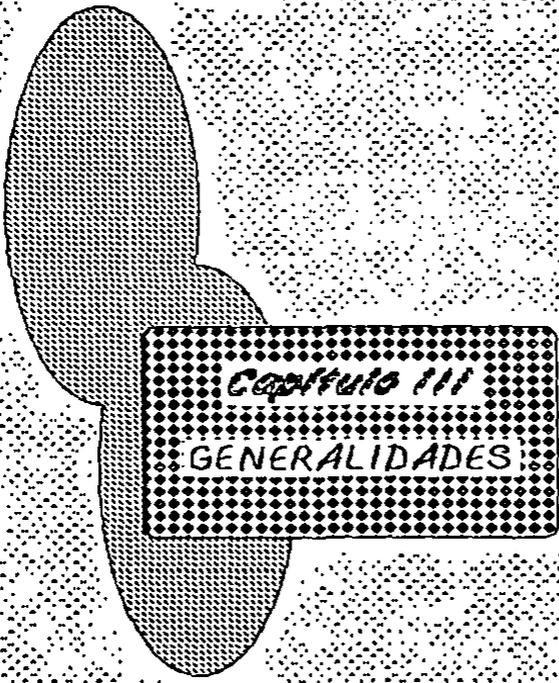
Determinar el tiempo óptimo de vida de anaquel de cuatro tipos de cacahuates comerciales, empacados en laminado flexible, lata y frasco, mediante la relación de vida acelerada ( cámara con condiciones controladas ) con la vida de anaquel o campo de los productos.

### **OBJETIVOS SECUNDARIOS.**

1.- Determinar si existen factores en el proceso o empaque, que aceleren el deterioro del producto, así como recomendar o sugerir cambios en proceso y / o empaque para tener el producto en condiciones óptimas durante su vida de anaquel.

2.- Construir gráficas del período de rancidez del producto, con el fin de obtener datos que ayuden a determinar el tiempo de vida de anaquel o campo, de cada uno de los cuatro tipos de cacahuates comerciales.

3.- Seleccionar las condiciones de almacenamiento en su vida acelerada, cuyos cambios se aproximen a los que presentan en condiciones normales de almacenamiento.



Capítulo III

GENERALIDADES

### **III.- GENERALIDADES.**

#### **3.1 ANTECEDENTES.**

Desde el momento que el alimento se cosecha, se recoge, se captura o se sacrifica, comienza a pasar por una serie de etapas progresivas de descomposición, que según el alimento, puede ser muy lenta, como es el caso de las semillas, o puede ser tan rápida que vuelve inutilizable al alimento en unas pocas horas (1).

La descomposición de los alimentos y su control han influido en el curso de la historia y constituyen la esencia de la ciencia de alimentos. Se han logrado varios niveles de conservación, desde antes que se conocieran o entendieran los principios en los que se basaban, los alimentos que precisamos actualmente nacieron de la tentativa de prevenir la descomposición y alargar la vida de almacenamiento (1).

Las causas principales de la descomposición de los alimentos son las siguientes :

- 1.- Crecimiento y actividad microbiana
- 2.- Actividad de las enzimas naturales de los alimentos
- 3.- Insectos, parásitos y roedores
- 4.- Temperatura
- 5.- Humedad y sequedad
- 6.- El aire, y particularmente el oxígeno
- 7.- luz
- 8.- Tiempo

Todos estos factores actúan en forma conjunta y a veces simultánea (1).

Muchas formas de deterioro pueden ocurrir en cualquier momento, según el tipo de alimento, y condiciones ambientales. Por ello, a fin de alargar su conservación, hay que eliminar o reducir al máximo todos estos factores en el alimento (1). Es importante también considerar que algunos de estos cambios químicos son inevitables; como es el caso de la descomposición de los lípidos, es decir la oxidación de sus ácidos grasos, ya que aún al tener controlados los factores que influyen en su deterioro, no puedan dejar de ocurrir reacciones químicas que produzcan cambios en estos, es decir que al reducir al mínimo los factores de deterioro, lo único que se logra es que la descomposición se lleve a cabo más lentamente (7).

Con este fin, los alimentos se someten a varios procesos, dependiendo del tipo de alimento de que se trate, y del uso que se le da posteriormente. Estos procesos además le proporcionan al alimento características sensoriales que lo hacen más aceptable para el consumidor, además de que con esto la industria tiene la ventaja de elaborar diferentes productos (1).

Por otra parte, debido a la creciente demanda de productos procesados y al avance tecnológico que esta teniendo la industria en este campo, es de suma importancia asegurar la calidad de conservación del producto, la cual se refleja al mantener éste sus características de apariencia, sabor, color y olor (2).

Cuando se desea garantizar la seguridad del alimento, se deben optimizar las condiciones del proceso, empaque y almacenamiento, con el fin de disminuir al mínimo los factores de deterioro y con ello enfatizar la importancia que posee el período de estabilidad o "vida de anaquel" de los productos alimenticios (2).

### 3.2 ORIGEN E HISTORIA DEL CACAHUATE ( Arachis hypogaea L. )

La cuna del cacahuete o maní se encuentra en la región compartida por Paraguay, Brasil y Argentina; donde un largo número de formas silvestres son encontradas. Antes de la conquista española el cacahuete se cultivaba en Perú y los españoles llevaron la planta a México, Francia, y España, mientras que los esclavos portugueses, que empleaban el cacahuete como alimento lo llevaron a Africa. Las especies cultivadas Arachis hypogaea L. crecían extensivamente por las Indias en los tiempos precolombinos (6,8,11).

Antes de considerarse esta región como cuna del cacahuete, su origen fue discutido a lo largo de la historia por muchos autores, así se tiene que :

Las Casas ( 1510-1530 ), mencionó " maní " como una de las más importantes plantas comestibles que muy comúnmente crecían en esta región ( Haití-Santo Domingo, antes la Nueva España ); concepto compartido por Oviedo ( 1513-1524 ), historiador de la Nueva España (13).

En registros completos se mencionó que el " maní " es una fruta que tenían los indios de la isla española, la cual sembraban y recogían; la describían como una planta muy ordinaria, en forma de piñón con cáscara, de mediocre sabor y poca sustancia; legumbre ordinaria que aprovechaban los esclavos (13).

Más tarde, Sahagún ( 1529-1590 ), un historiador e instructor de la Nueva España, mencionó el uso del Tlalcacahuatl ( nombre del cacahuete en nahuatlán, de donde Tlaile = "tierras y cacahuatl = semilla de cacao ), como un emplasto de goma, pero no lo consideró en la lista de plantas comestibles (11,13).

Durante los siguientes 200 años, la planta fue descrita por muchos botánicos y exploradores en el nuevo mundo y en Europa; pero no fue sino hasta hace 100 años que las especies salvajes de esta planta fueron extendidas más allá de los bordes de Brasil, Bolivia, Paraguay, Uruguay y el monte de Argentina (13).

Por otro lado, en 1838 Benthán publicó su "Flora Braziliensis", en donde describe cinco especies de *Arachis*, todas de Brasil; esto causó que botánicos tomaran con favor el reclamar el origen americano de los cultivos de *Arachis hypogaea L.*, los que encontraron pruebas positivas de que realmente el cacahuete es de origen americano, tales como las declaradas por E.G. Squier en 1875, de sus experiencias vividas en tierras de Perú (11,13).

Así, Perú empezó a sobresalir en el desarrollo de las formas de cultivo del cacahuete y se continuó con el estudio de los viejos manuscritos que han mostrado y confirmado la existencia del cacahuete en esta región y Brasil, en los tiempos de las visitas de Colón al nuevo mundo; esto junto con los nombres comunes de origen americano dados para esta planta "maní" confirman su origen americano (11,13).

Muchas pruebas tentativas se hicieron para trazar la distribución de los cacahuates, esto se hizo a través de sus nombres vernaculares, que pudieron haber pasado de una localidad a otra con las semillas de la planta. Chevalier listó varios cientos de estos nombres; con excepción de algunos se mencionan a continuación; algunos de estos nombres locales están en dialectos, son más o menos descriptivos de la semilla o fruta de la planta. Los nombres ingleses "peanut", "groundnut", "monkeynut", "earthnut" y "groundpea" son usados para describir al cacahuete; el nombre francés "pistache du terre" (gran pistache), es otra forma de conocer al cacahuete, así como "arachide", "amendoin" en portugués (9.11).

"Pindar y Goober", son términos de los nombres africanos distorsionados por esclavos nacidos en África, quienes tenían el conocimiento entre el cacahuete y voandzela en África (11,13).

Mientras que los nombres comunes usados en los países de habla hispana son , "cacahuete", usado en España y México, derivado del nahuatlán ( nombre azteca ) "Tlacacahuatl" (tierra de cacao ); "maní" usado en toda América Latina, excepto México, es el nombre thalail oído por los españoles en Hispanola, conocida ahora como Haití-Santo Domingo. Se tiene además, el nombre brasileño "Mandobi", es aparentemente derivado del nombre indio, el cual es variablemente escrito por articulación india como "Mandobi", "Manobi", "Mun-dubi", "Mondorvi" y "Minui" (6,7,11,13).

Además, Chevalier revisó argumentos de Brown, Ficalho y Wiener, apoyando la concepción de que la *Arachis hypogaea L.* era indígena de Africa; concluyendo que no existían pruebas de la presencia de la planta en Africa, en tiempos precolombinos. Afirmó que después de 1502, la comunicación entre la costa oeste de Africa y Brasil fue frecuente; los barcos portugueses llegaban a Brasil en donde había intercambio de productos, por lo que llevaron hacia Africa la planta, extendiéndose hacia Indochina, China, Japón, Malaga, India y otras partes de Asia (11,12).

Con todo esto se ha podido demostrar que la cuna del cacahuete se encuentra en América.

En México, se cultiva en diferentes estados, principalmente en Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Morelia, Puebla y Sinaloa; en donde se conoce como "cacahuete", "cacahuete" y "cacahuey" ( 9,10,11).

Actualmente, el cacahuete a logrado gran importancia en muchas áreas del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, fue recibido con mucho ímpetu después de la guerra civil, donde el gusto por los cacahuates aumentó sobre todo por los soldados norteamericanos, creando una gran demanda de estos (7,12).

Desde hace algunas décadas la producción ha sido más o menos estable, lo que lo hace un producto importante (12).

### 3.2.1 Descripción de la planta.

La planta del cacahuete es una herbácea anual, de la familia de las leguminosas, perteneciente al orden Rosales. Es una planta que crece entre 30 y 60 cm de altura, con follaje parecido a un trébol, excepto que ésta tiene cuatro hojas en vez de tres, sus flores son polígamas (11,12).

Las variedades encontradas pueden clasificarse en dos grupos principales, según la forma en que se comportan los tallos:

a) En forma de mata, estas variedades son erectas, con los frutos en haz alrededor de la base.

b) En forma de estolones, en las que los tallos serpentean por el suelo. Son variedades con tendencia de asemejarse a la planta de la vid, ya que soportan sus frutos durante el brote (6,11,12).

Existen además algunos híbridos intermedios o tipos "semiderechos" que tienen impotancia desde el punto de vista comercial.

Además es una planta monóica ( dos sexos en una planta ), autopolinizable después de la fertilización; el pequeño tallo que lleva la flor, se alarga y los ovarios fertilizados, semejantes a pequeñas espigillas, penetran en el suelo, desarrollándose en ese punto de la vaina que contendrá la semilla (6).

Las variedades que crecen en forma de mata invierten de tres a cuatro meses en la maduración del fruto, mientras que las variedades tipo estolón necesitan de cuatro a seis meses; la maduración del fruto se manifiesta porque la planta se marchita hasta estar seca, siendo este momento cuando debe hacerse la recolección (11).

Las variedades en forma de mata tienen vainas pequeñas o de tamaño mediano, alrededor de la base de la planta, conteniendo de una a dos semillas redondas dentro de la cáscara. El grano del cacahuate tiene de 65-75% de nuez entera. Las variedades tipo estolón tienen vainas de tamaño mediano, a lo largo de sus ramas, conteniendo cada una, de una a tres semillas de forma oval, dentro de una cáscara relativamente más gruesa. El grano del cacahuate constituye de 60-75% de la nuez entera (6,7).

Crece en regiones de tipo tropical y subtropical, así como en las zonas más calurosas de las regiones de tipo templado. Se cultiva principalmente, en las regiones subtropicales húmedas y en los climas monzónicos, en el período de lluvias, o mediante el riego en período de sequía (6,7).

Las tierras apropiadas para su cultivo, son aquellas profundas, permeables y ricas en materia orgánica, siendo las areno-arcillosas, profundas y negras las de mejor rendimiento (11,13).

El fruto de la planta, es decir, el cacahuate es muy agradable al paladar, muy nutritivo y tiene un mercado muy extenso, bien para consumirse como fruta seca, para confitura, para extracción de aceite, que es también comestible, así como para la elaboración de mantequilla y otros productos (12).

Consiste en tres partes principales, la cascarilla o vaina; la testa o cubierta de la semilla, comúnmente referida como " el pellejo rojo " y la pepita o embrión, formada por dos cotiledones (6,12).

La proporción de cascarilla o vaina varía dependiendo de la variedad del cacahuate y dentro de la misma variedad cuando crecen en diferentes condiciones climáticas; en general, se tiene que (11,12) :

21 - 29 %	Pericarpio
1.95 - 3.20%	Testa, cutícula o piel
2.1 - 3.6 %	Germen o embrión
68.9 - 72.4%	Pepita libre de germen

### 3.3 CLASIFICACION Y COMPOSICION.

#### 3.3.1 Clasificación.

Investigadores y taxonomistas, han desarrollado las clasificaciones de las variedades de cacahuates cultivados, basándose en la controversia concerniente a la delimitación de especies por la naturaleza orgánica fundamental (12,13).

Hayes (12) enlistó cuarenta variedades de cacahuates, dando sus países de origen, y dividió a la Arachis hypogaea en dos variedades, runner y bunch. Dentro de la variedad bunch citó cuatro grupos, basándose en características, como : color de la corola y de la película o testa, etc.. Seis grupos fueron separados de la variedad runner en base a las mismas características.

Hull (12) declaró que los cacahuates que uso en un estudio genético caían dentro de tres grupos: runner, español y valencia.

Clos (12) usó el seguimiento de las características en la clasificación de los tipos de cacahuete crecidos en Argentina, como son : Transporte de la planta, color de la cubierta de la semilla, número de semillas por fruto, tamaño del fruto, constitución del fruto, altura de sus nervaduras, color de los tallos, desarrollo de éstos, peso e Inervación de las semillas.

Como Hayes (12). Clos (12) dividió a los cacahuates dentro de dos grupos :

**Erectos o de mata y postrados o de estolón**, de donde surgieron once tipos de cacahuates erectos o de mata y cuatro del tipo postrado o de estolón.

Posteriormente, Bouffil (13) declaró que solamente las características que tienen algún valor en la clasificación varietal son :

- a) El transporte de la planta
- b) La presencia o ausencia del período de reposo en las semillas

Separó a la Arachis hypogaea en dos subespecies, en base a que si las plantas son postradas o de tipo estolón, erectas o de tipo mata :

**A.- Plantas postradas o de tipo estolón.**

*Arachis hypogaea*, subespecie africana.

- a) Maduración temprana, germinación inmediata
- b) Maduración tardía, germinación tardía

Son plantas ricas en aceite, de tallos rastreros, de color verde oscuro; vainas de tamaño mediano, con dos almendras. Cuyas vainas formadas a lo largo de los tallos, son de sabor agradable.

**B.- Plantas erectas o de tipo mata .**

*Arachis hypogaea*, subespecie asiática.

- a) Variedad precoz ( praecox )
- b) Variedad tardía ( tarda )

Son de ráncimos pequeños y tallos derechos, follaje abundante, vainas agrupadas en la base de la planta, cada vaina con promedio de dos almendras bien desarrolladas de color moreno claro y muy ricas en aceite (13).

Se tiene entonces que la clasificación general del cacahuate, botanicamente hablando, basada en la forma ramificada de la planta, en el número de semillas y en patrones o estándares existentes en México, se tienen :

- a) Virginia bunch
- b) Virginia runner
- c) Español
- d) Tennessee red
- e) Valencia
- f) Mexicano

El *virginia bunch*, es una planta enana, con vainas grandes al pie de los tallos; siendo estos erectos y con poco follaje. Cada vaina contiene de dos a tres almendras de color moreno claro (11,13).

El **virginia runner**, de tallos altos y derechos, con mucho follaje, con vainas agrupadas en la base del tallo, conteniendo unas tres almendras (11).

El **español**, de racimos pequeños y tallos derechos; follaje abundante, vainas agrupadas en la base de la planta y cada vaina con promedio de dos almendras bien desarrolladas de color moreno claro y muy ricas en aceite (11).

El **tennesse red**, de vainas largas conteniendo de cinco a seis almendras, de color rojo; es una variedad poco aceptada (11).

El **valencia**, muy semejante al anterior, pero de buena calidad, rico en aceite, siendo su período vegetativo de 120 días (11).

El **mexicano**, de película azul, es de un sabor que difiere por completo de todas las variedades conocidas, por ser ligeramente dulce, muy rico de sabor (11).

Sin embargo, de acuerdo al tamaño y forma del grano, en la industria se encuentran tres grupos principales :

a) **Virginia 1,2,3**

b) **Español**

c) **Runner 1,2,3**

A continuación se presenta la tabla 1, donde pueden observarse las diferencias en cuanto a tamaño y forma del cacahuate utilizado en la industria procesadora de estos (6,7).

**Tabla 1 CARACTERISTICAS DE LAS DIFERENTES VARIETADES DE CACAHUATES EN CUANTO A SU ASPECTO Y TAMAÑO.**

	Virginia			Español	Runner	
	1	2	3		1	2
Aspecto	grano alargado	grano alargado	grano alargado	grano redondo	grano redondo	grano redondo
Tamaño	28-35 granos/onza	37-45 grano/onza	37-45 grano/onza	-----	35-42 grano/onza	47-55 grano/onza

### 3.3.2 Composición.

Como ya se mencionó, el cacahuate como fruto, tiene tres partes principales: la testa o culícula, la almendra o papita y el germen o embrión. Cada una de estas partes tiene su composición en cuanto a grasa, proteínas, vitaminas, etc.; pero para los fines de la investigación, lo que realmente interesa es su composición en cuanto a ácidos grasos principalmente, tanto en forma de grano completo, como de cada uno de sus componentes (7, 8, 9).

A continuación se muestra la composición del grano de cacahuate entero, así como de sus partes( 6,7):

.....

**Tabla 2 COMPOSICION DEL GRANO DEL CACAHUATE CON CASCARA.**

.....

Agua	5.90%
Cenizas	2.70%
Extracto libre de nitrógeno	12.50%
Proteína cruda	25.20%
Fibra	17.50%
Grasa	36.20%

.....

.....

**Tabla 3 COMPOSICION DEL GRANO DEL CACAHUATE.**

.....

	%min.-máx.	%medio
Humedad	3.90 - 13.2	5.00
Proteínas	21.0 - 36.4	28.5
Lípidos	35.8 - 54.2	48.5
Fibra	1.20 - 4.30	2.80
Extracto libre de nitrógeno	6.00 - 24.9	13.3
Cenizas	1.80 - 3.10	2.90
Azúcares reductores	0.10 - 0.30	0.20
Azúcares disacáridos	1.90 - 5.20	4.50
Pentosas	2.20 - 2.70	2.50

Freeman et al., 1954 U.S.Dept. Agric. AIC - 370 .

.....

La testa o cutícula, que es la delgada película que recubre el grano, es ligera y pelosa, difícil de eliminar. Se ha encontrado que tiene aproximadamente 11.76% de grasa, 7% de taninos, 7.9% de timina/ 100g, así como también es rica en antocianinas (6,7,9).

A continuación se presenta la composición de la testa del cacahuete (6,15) :

.....

**Tabla 4 COMPOSICION DE LA TESTA DEL CACAHUATE.**

.....

Agua	9.01%
Albuminoides	12.68%
Grasa	11.76%
Extracto libre de nitrógeno	20.46%
Fibra	34.90%
Cenizas	11.19%

Hoffpurr y Guthrie, Peanut J. and Nut World, 1945, 24.

.....

El germen del grano de cacahuete contiene sustancias amargas no identificadas y que aceleran el enranciamiento del cacahuete, por lo que suele separarse en varios procesos. Aunque a pesar de esto, generalmente se deja en el grano (7,10).

Para fines de la investigación, es necesario conocer la composición en cuanto a ácidos grasos del cacahuete, ya que éstos son los principales compuestos causantes del deterioro del grano, ya sea que esté o no procesado.

A continuación se presenta la tabla de composición de ácidos grasos en el cacahuete(20) :

---

**Tabla 5 COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS EN EL CACAHUATE.****( G ACIDOS GRASOS / 100 G DEL TOTAL DE ACIDOS GRASOS ).**

---

**ACIDOS GRASOS SATURADOS :**

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>
---------------	-------------------------	-----------------

**g GRAMOS/100g.**

Capríco	( 10 : 0 )	trazas
Laurico	( 12 : 0 )	0.1
Mirístico	( 14 : 0 )	0.5
Palmítico	( 16 : 0 )	10.7
Estéarico	( 18 : 0 )	2.7
Araquidónico	( 20 : 0 )	1.2
<b>OTROS :</b>		
Behénico	( 22 : 0 )	3.4
Lignolénico	( 24 : 0 )	1.1

**ACIDOS GRASOS INSATURADOS ( MONO ) :**

Palmitoleico	( 16 : 1 )	trazas
Oleico	( 18 : 1 )	49.0
Eicosenoico	( 20 : 1 )	1.1

**ACIDOS GRASOS POLINSATURADOS :**

Linoleico	( 18 : 2 )	29.0
Linolenico	( 18 : 3 )	0.3

---

Por otro lado, particularmente la temperatura durante la formación de la semilla puede modificar el patrón de distribución de los ácidos grasos y en ciertos casos estos valores pueden variar considerablemente con el área geográfica (45). También es importante considerar dentro de este aspecto, que la variedad del cacahuete influye en la composición de éste en cuanto a contenido de ácidos grasos lo que se puede observar en la tabla 6 (6,45,46).

Es conveniente además, conocer el contenido de aminoácidos en el cacahuete, ya que estos contribuyen de manera importante a su valor nutritivo, y cuya composición se da en la tabla 7 (6,20).

De acuerdo a la tabla de ácidos grasos en el cacahuete (tabla 5), se puede observar que los de mayor contenido son: el oleico ( 18 : 1 ), el que se presenta ordinariamente como ácido 9 octadecenoico (4) y el linoleico ( 18 : 2 ), en un rango de 36 - 69% y 14 - 40% respectivamente y juntos forman del 75 -85 % de ácidos grasos totales; lo que es importante de considerar, ya que lo hace susceptible a la rancidez oxidativa, aunque esta susceptibilidad depende también de la variedad del cacahuete (46). En cambio, el contenido de ácido linolénico ( 18 : 3 ), que aunque no es elevado en el cacahuete, es de considerable importancia por su efecto en el sabor y en la estabilidad a la oxidación (45). La abundancia de este ácido es responsable del desarrollo del mal sabor conocido como reversión del sabor (18).

Además posee un rango de 0.022 - 0.059 % de tocoferoles totales, de donde la mitad de este total son alfa-tocoferoles y el resto gamma y delta-tocoferoles, los que poseen efectos antioxidantes, así como esteroides ( 0.19 - 0.25 % ), escualeno y otros hidrocarburos (12).

**Tabla 6 COMPOSICION PORCENTUAL DE ACIDOS GRASOS DEL  
CACAHUATE DE DIFERENTES VARIEDADES.**

<b>ACIDOS GRASOS</b>	<b>ESPAÑOL</b>	<b>VIRGINIA</b>	<b>BOITATIA 2</b>
ácido palmítico	12.45	9.24	8.90
ácido palmíticooleico	0.09	0.11	0.125
ácido heptadecanoico	0.06	0.08	0.09
ácido heptadecenoico	0.01	0.06	0.05
ácido esteárico	3.43	2.77	3.37
ácido oleico	41.35	52.35	57.44
ácido linoleico	35.13	28.49	25.49
ácido linolénico	0.02	0.04	0.03
ácido araquidónico	1.58	1.38	1.50
ácido eicosánico	0.89	1.25	0.975
ácido behénico	3.59	2.73	2.40
ácido lignocárico	1.39	1.45	1.20

Worthington & Holley, J. Amer. Oil Chem. Soc. 1967, 44 - 515.

---

**Tabla 7 COMPOSICION DE AMINOACIDOS DEL CACAHUATE.**

---

<b>AMINOACIDO</b>	<b>CANTIDAD (mg a.a./g N<sub>D</sub>)</b>
Isoleucina	210
Leucina	400
Lisina	220
Metionina	70
Cisteina	80
Fenilalanina	310
Tirosina	240
Treonina	160
Triptófano	70
Valina	260
Arginina	700
Histidina	150
Alanina	240
Aspártico	710
Glutámico	1140
Glicina	350
Prolina	270
Serina	300

---

### **3.4 RANCIDEZ**

#### **3.4.1 Aspectos generales.**

Las grasas y los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de deterioro que reducen el valor nutritivo del alimento, y además producen compuestos volátiles que imparte olores y sabores desagradables. Esto se debe a que el enlace éster de los acilglicéridos es susceptible a la hidrólisis química ó enzimática, y a que los ácidos grasos insaturados son sensibles a reacciones de oxidación (5,29).

El grado de deterioro depende del tipo de grasa o aceite, los más susceptibles son los de origen marino, seguidos por los aceites vegetales y finalmente por las grasas animales (1,2,5).

En general, el término "Rancidez" se ha usado para describir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos, es decir, que dentro del término rancidez encontramos tres grupos de reacciones deteriorativas, las cuales son:

##### **1) Rancidez hidrolítica o lipólisis.**

Se debe a la acción enzimática sobre los enlaces éster de los triacilglicéridos de las grasas o por el calor y humedad, resultando la liberación de ácidos grasos libres, la cual es común en productos lácteos o en cualquier alimento que contenga alta concentración de ácidos volátiles de cadena corta (de cuatro a doce carbonos) (4,5,29,50).

Los ácidos grasos, que van desde el butírico hasta el láurico, contribuyen al desarrollo de olores y sabores rancios en las grasas, por lo tanto, en alimentos con bajo contenido de ácidos grasos de cadena corta no se percibe la rancidez hidrolítica, aún cuando exista actividad enzimática de la lipasa. Este tipo de reacciones no causa problemas muy graves, ya que la mayoría de las grasas y aceites en las industria alimentaria contienen ácidos grasos de cadena larga (5,18,29).

##### **2) Rancidez oxidativa.**

Las reacciones de oxidación de lípidos tienen diversos orígenes:

- a) Las de origen no enzimático o autooxidación.
- b) Las de origen enzimático.

a) La autooxidación consiste en la acción directa del oxígeno sobre los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, con la consecuente producción de hidroperóxidos (5,19,43).

Además de los ácidos grasos insaturados, los compuestos que le imparten color, olor y sabor a los alimentos, al igual que las vitaminas (A,C,D,E y K) también son propensos a la oxidación. El común denominador de todas estas sustancias es la presencia de dobles ligaduras en su estructura química (5).

Como resultado de esta reacción, se generan una gran variedad de compuestos que van desde sustancias polimerizadas hasta moléculas volátiles de peso molecular elevado, que producen olores y sabores desagradables en el alimento (5,19).

b) Las de origen enzimático presentan otro mecanismo de deterioro debido a la acción enzimática de la lipoxigenasa y de la alcohol-deshidrogenasa (5,27), donde la primera es la enzima primaria responsable de la peroxidación bioquímica de los ácidos grasos insaturados, que tiene la habilidad de oxidar ácidos como el linoléico y araquidónico, ésteres y triacilglicéridos, no así el ácido oleico (5,15,19).

La lipoxigenasa fue caracterizada por primera vez en 1928, y se le conoció originalmente por su capacidad para decolorar alimentos que contienen carotenos. La enzima efectúa una oxigenación en lugar de oxidación, y sus sustratos específicos son ácidos grasos insaturados que contienen como mínimo una unidad de cis-cis 1, 4 pentadieno, no actúa sobre los ácidos grasos con dobles ligaduras en posición trans. Es por ello que el ácido oleico no es atacado por esta enzima. Los vegetales que contienen esta enzima, al ser sometidos a tratamientos térmicos de escaldado, pierden la actividad de la enzima, ya que se inhibe (5).

### 3) Reversión del sabor.

Este fenómeno les sucede a los aceites durante su almacenamiento y se distingue por una producción de olores desagradables. La reversión no está relacionada con la oxidación de las grasas, ya que les sucede aún a productos con bajos índices de peróxidos, y además el olor producido es diferente al de las grasas rancias (5,18).

El ácido linoléico es el responsable de la reversión de los aceites, principalmente el de soya. El de maíz contiene una baja concentración de este ácido, y por ello es resistente a la reversión (5,15,18).

Los compuestos producidos durante este cambio son, normalmente, derivados aldehídicos y cetónicos. Entre estos se han aislado al diacelilo, al 2n-pentilfurano, al aldehído málico, al acetaldehído y al 2,4-pentadienal (5,18,26,38).

Para minimizar las reacciones de reversión se debe evitar toda contaminación con metales, controlar la exposición de los lípidos a la luz, sobre todo a la ultravioleta, además de evitar el contacto con el oxígeno, aunque éste no tiene mucha influencia en la reacción (5,17,18).

#### 3.4.2 Importancia de las reacciones de oxidación en los productos alimenticios.

Las reacciones de oxidación son muy importantes, y de mucho interés para la industria alimenticia, ya que representan la mayor causa de deterioro de los alimentos grasos, aceites y productos que contienen sustancias propensas a oxidación. Todas estas presentan pérdidas de olores, sabores y colores característicos, reduciendo así su calidad y vida de anaquel, lo que produce daño a la industria a nivel económico (15,17,18,19).

Además, la degradación oxidativa u oxidación de los alimentos durante el almacenamiento y procesamiento, es la mayor causa de olores y sabores indeseables, de la destrucción de ácidos grasos esenciales, constituyentes del aroma y sabor, pigmentos, vitaminas y posiblemente también causante de la formación de productos tóxicos (15,17).

Roubal (15) y Toppel (17) (1966), reportaron daños a proteínas, enzimas y aminoácidos, debidos a la oxidación. Encontraron incluso que habían sido dañados aminoácidos como metionina, histidina, cistina y lisina, a pesar de encontrarse éstos en concentraciones muy bajas en aceites de semillas y granos de cereales.

Con todo esto, se ve que estas reacciones de deterioro son las causantes también del descenso del valor nutritivo de los alimentos o productos involucrados, lo que también se considera de gran importancia, ya que la industria alimenticia tiene que ofrecer al consumidor productos de calidad, con características de buen precio, atractivos, duraderos y con calidad nutricional (5,17).

Es por lo que, en éste trabajo de cacahuates procesados, se pone tanto énfasis en las reacciones de oxidación, sabiendo de antemano que este producto es lábil a ellas por su contenido elevado de ácidos grasos insaturados.

Cuidando factores como: empaque, condiciones de almacenamiento, proceso del producto, etc., que puedan influir directamente en la aceleración de las reacciones de oxidación, tomando además en consideración a estas reacciones como medida del deterioro del producto, para determinar su vida de anaquel.

### 3.4.3 Factores que influyen en la oxidación.

Tanto la intensidad, la forma de oxidación y los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de oxidación.

Los factores que influyen en la oxidación son:

- a) Temperatura
- b) Presencia de catalizadores
- c) Estado de dispersión de la grasa
- d) Luz y radiaciones electromagnéticas
- e) Tipos de ácidos grasos
- f) Distribución y geometría de la doble ligadura
- g) Cantidad de oxígeno disponible
- h) Actividad de agua ( $A_w$ ) (5).

#### a) *Temperatura*

La temperatura a la que ocurren las reacciones de oxidación, es importante, ya que es un factor predominante sobre el tipo de productos que se obtengan (12,41).

Las temperaturas elevadas aceleran considerablemente la oxidación, especialmente por encima de 60 grados centígrados. De igual manera, la velocidad de oxidación se ve influenciada por la temperatura, de tal forma que se duplica por cada 15 grados centígrados que aumente ésta. Por otro lado, las reacciones de oxidación requieren niveles muy bajos de energía, por lo que la reducción de la temperatura no necesariamente las inhibe (5,26,41).

De las reacciones de oxidación, las reacciones aceleradas por la luz, especialmente las fotosensitivas, son mucho menos sensibles a la temperatura, que las reacciones que se llevan a cabo en la oscuridad (12,41).

#### **b) Presencia de catalizadores**

Las reacciones pueden ser fuertemente aceleradas por trazas de prooxidantes. Varios metales son prooxidantes y aumentan su efecto catalítico por la presencia de ácidos grasos libres, elevando la solubilidad de los iones metálicos en la grasa o el aceite, y por lo tanto se produce un mayor contacto entre ellos (5,12,31).

Los metales más usados para la fabricación de equipo, son el hierro y el cobre. Una pequeña fracción de una ppm de cobre disuelto en aceite, produce fácilmente una reducción en la calidad del mismo, ya que inicia reacciones de oxidación. Por ésta razón, las instalaciones, como válvulas, han sido reemplazadas de cobre a bronce. El hierro produce los mismos efectos que el cobre, pero en menor grado (5,12).

Otros metales, que también son prooxidantes, son el cobalto, manganeso y níquel, pero en menor grado que los anteriores.

Como los metales en trazas también son componentes naturales de los tejidos alimenticios, existen grupos, como el hemo de la hemoglobina, que inducen igualmente la formación de hidroperóxidos, a través de reacciones catalizadas por los iones hierro que contienen dentro de su molécula (5,12).

Varios materiales orgánicos, también pueden actuar como prooxidantes, los cuales pueden ser generados en el grano dañado, o en los productos de primera oxidación del aceite (4,12).

#### **c) Estado de dispersión de la grasa**

Los ácidos grasos se oxidan a una velocidad mayor cuando están libres, que cuando están esterificados a glicerol. La distribución al azar de los ácidos grasos de una grasa natural, reduce la velocidad de oxidación (18).

La existencia de pequeñas cantidades de ácidos grasos libres en una grasa o aceite, no tiene efecto marcado en la estabilidad oxidativa. En cambio, la presencia de grandes cantidades de éstos puede incrementar la velocidad de oxidación (18).

#### **d) Luz y radiaciones electromagnéticas**

La luz visible actúa, especialmente, activando las reacciones de oxidación en presencia de clorofila y otros pigmentos fotoquímicos. Además, acelera la descomposición de hidroperóxidos, lo cual puede ser el resultado de la absorción de la luz por los hidroperóxidos u otros compuestos que puedan estar presentes (5,12).

La cantidad de hidroperóxidos producidos en la oxidación de la grasa, es directamente proporcional a la cantidad de luz absorbida (5,12,17,19).

Las radiaciones electromagnéticas aceleran considerablemente la velocidad de oxidación de los ácidos grasos insaturados (19).

Por otro lado, la luz ultravioleta inicia estas reacciones. Cuando los ácidos grasos poliinsaturados comunes son autooxidados, el resultado es la formación de sistemas insaturados conjugados. Bajo estas condiciones, la luz ultravioleta también acelera el rompimiento de los hidroperóxidos (5,19).

*e) y f) Tipos de ácidos grasos, distribución y geometría de la doble ligadura*

El tipo de ácidos grasos susceptibles a oxidación, va de acuerdo a la presencia de dobles ligaduras en su estructura. Los ácidos grasos insaturados, que contienen mayor número de dobles enlaces, son los más susceptibles. El número, posición y geometría de los dobles enlaces, afectan la velocidad de oxidación (12,18,19).

Las velocidades relativas de oxidación de ácidos, como el araquidónico, linolénico, linoleico y oleico son, respectivamente, de 40, 20, 10 y 1, lo que demuestra la influencia de los factores mencionados (18).

También se sabe que los ácidos grasos con dobles ligaduras en posición "cis", son oxidados más rápidamente que sus isómeros trans. Son más reactivos los dobles enlaces conjugados que los no conjugados (18).

*g) Cantidad de oxígeno disponible*

Esto se refiere a que, dependiendo de la cantidad de oxígeno que haya en el lugar donde se efectúe la oxidación, va a ser el grado de oxidación de dicho alimento, ya que entre mayor cantidad de oxígeno esté en contacto con la grasa, es mayor el grado de oxidación. Es decir, la velocidad de oxidación varía con la presión de oxígeno. A una presión muy baja, la velocidad de oxidación es aproximadamente proporcional a la presión, pero a elevadas presiones, la velocidad es independiente de éste factor (18,19).

La presión de oxígeno se ve influenciada por la temperatura y el área de superficie. El área de superficie del lípido es importante debido a que la velocidad de oxidación se incrementa en proporción directa a ésta (18).

#### **h) Actividad de agua**

La cinética de la oxidación de los alimentos, está en función de la actividad de agua ( $A_w$ ). Dicha agua da un efecto "protector" a los alimentos deshidratados, esto es, un alimento con  $A_w=0$  se oxida rápidamente, y si el  $A_w$  fuera incrementado, la velocidad decrece. Este efecto protector del agua se cree que ocurre por la reducción de la actividad catalítica de los metales, por oscurecimiento no enzimático que produce compuestos con actividad antioxidante, y/o por impedimento del acceso del oxígeno al alimento (18,32).

El término " $A_w$ ", actividad de agua o humedad relativa, determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetos y se relaciona además, al contenido de agua del alimento a través de sus correspondientes isoterma de adsorción y desorción. En general, un material orgánico almacenado a una temperatura constante en una cámara de vacío, desarrolla una presión de vapor de agua propia y muy característica, que depende del contenido original de humedad y de la temperatura. La humedad relativa o  $A_w$  es menor durante la desorción que durante la adsorción, para un contenido de humedad constante (5,36).

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, para reducir la oxidación de los ácidos grasos insaturados de los alimentos, se deben llevar a cabo algunas prácticas como son: protección contra oxígeno, luz, temperaturas elevadas y evitar contaminaciones metálicas. Para ello, se utilizan empaques al vacío o con gas inerte, así como someter al producto a refrigeración. El empleo de antioxidantes es otra práctica que comúnmente se utiliza (5).

#### **3.4.4 Mecanismo de las reacciones de oxidación.**

Este mecanismo se encontró a partir de sistemas modelo con el etil linoleato, con condiciones controladas de oxidación por Bolland y Gee en 1946 (18,19), donde se mostraron factores como:

- 1) La autooxidación es directamente proporcional a la concentración de linoleato.

2) Arriba de un cierto nivel de oxidación, la concentración de linoleato fué determinada por su incremento en una relación de línea recta con el grado de oxidación.

Observaciones como las presentadas a continuación fueron consideradas de importancia para la formulación del mecanismo:

a) En muchos aspectos, la reacción fué análoga a ciertas autooxidaciones en sistemas orgánicos, las cuales involucran reacciones en cadena.

b) Mediante métodos espectrofotométricos, se observó que ocurren cambios en los dobles enlaces mediante la oxidación. Esto junto con la observación de que se formaron hidroperóxidos sugiere que un mecanismo de radicales libres tal vez estaba involucrado.

c) El sistema autooxidativo del linoleato contenía hidroperóxidos, los cuales se descomponían; ésta descomposición producía otros peróxidos orgánicos que inician reacciones de polimerización (18,19,45).

Se ha comprobado que la oxidación de ácidos grasos es del tipo de reacción en cadena, y que su mecanismo es un típico mecanismo de radicales libres, la cual se caracteriza por:

- \* Marcada inhibición en la velocidad por especies químicas conocidas, para interferir con otras, en la buena estabilización de reacciones de radicales libres.

- \* Catálisis por luz y por sustancias producidas en dicha reacción, en donde se dice que los hidroperóxidos formados, por sí mismos actúan como catalizadores en la reacción.

- \* Altas cantidades de hidroperóxidos.

- \* Cuando las reacciones son iniciadas por luz, hay una cantidad excedente de productos finales.

- \* Un período de inducción relativamente largo se observa cuando se inicia con el sustrato puro (ácido graso)(18).

El mecanismo propuesto desde entonces es actualmente usado y consiste esencialmente de tres pasos ( 5,18,19 ) :

I .- Iniciación

II .- Propagación

III.- Terminación

a) Iniciación.

Esta es catalizada principalmente, por la presencia de metales, oxígeno, luz y temperatura; es decir, requiere de algún agente catalizador para efectuar este primer paso, aunque parece ser que cuando el oxígeno tiene una configuración electrónica de singulete\*, puede unirse directamente al ácido insaturado, sin la previa formación de radicales libres; esta unión en forma directa produce los correspondientes hidroperóxidos (  $RH + O_2 \rightarrow ROOH$  ) (5,18,19).

---

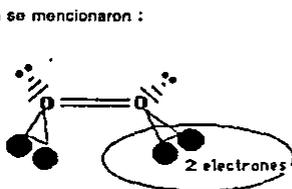
\* Oxígeno singulete. Se cree que es la especie activa en la deterioración fotooxidativa y es responsable del paso de iniciación de la oxidación de lípidos.

El estado de hibridación del oxígeno singulete es más reactivo y electrofílico que el estado de triplete. Esto se debe a la disposición espacial de las moléculas de cada uno de estos estados.

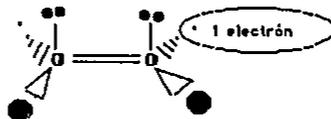
En el caso del triplete hay dos electrones en los orbitales de antienlace  $2p_x$  que tienen el mismo spin pero están en diferentes orbitales.

En el estado de singulete los dos electrones tienen spins opuestos y su repulsión electrostática es mayor, estos spins se encuentran en la misma órbita. Esto origina que el ataque por parte del singulete a las dobles ligaduras de los ácidos grasos sea más probable y fácil, ya que los orbitales se encuentran en un solo plano, debido a que el último par electrónico de su configuración se encuentra apareado (18,68).

A continuación se muestran los esquemas de los dos estados de hibridación del oxígeno que se mencionaron :



Disposición espacial del oxígeno singulete



Disposición espacial del oxígeno triplete

Durante esta etapa, se sustraen uno de los átomos de hidrógeno adyacentes a la doble ligadura, formándose un radical libre, al cual el oxígeno se puede unir fácilmente (5,19).

**b) Propagación.**

El radical hidroperóxido obtenido reacciona con nuevos ácidos grasos formando más radicales libres, y es así como se propaga la reacción. En teoría, bastaría con una sola molécula que inicie la reacción de oxidación para deteriorar toda la grasa (5,19).

**c) Terminación.**

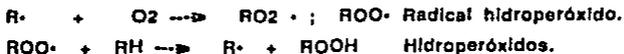
El paso final de las reacciones de oxidación se efectúa a través de reacciones de condensación, en las que los diferentes radicales interactúan formando compuestos muy estables; por lo que las reacciones terminan cuando ya no existan radicales libres activos (5,18,19).

**DIAGRAMA DEL MECANISMO DE OXIDACION DE LIPIDOS.**

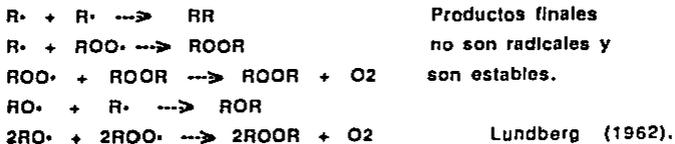
**Iniciación :**



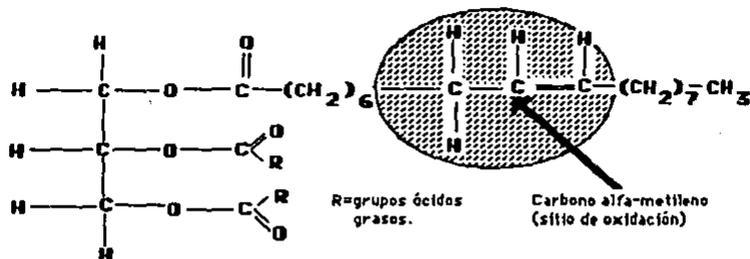
**Propagación :**



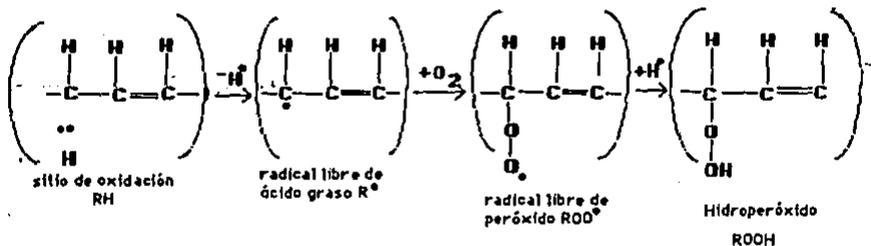
**Terminación :**



A CONTINUACION SE PRESENTA UN DIAGRAMA DE UN TRIACILGLICERIDO INSATURADO EN EL QUE SE MUESTRA SU SITIO DE OXIDACION.

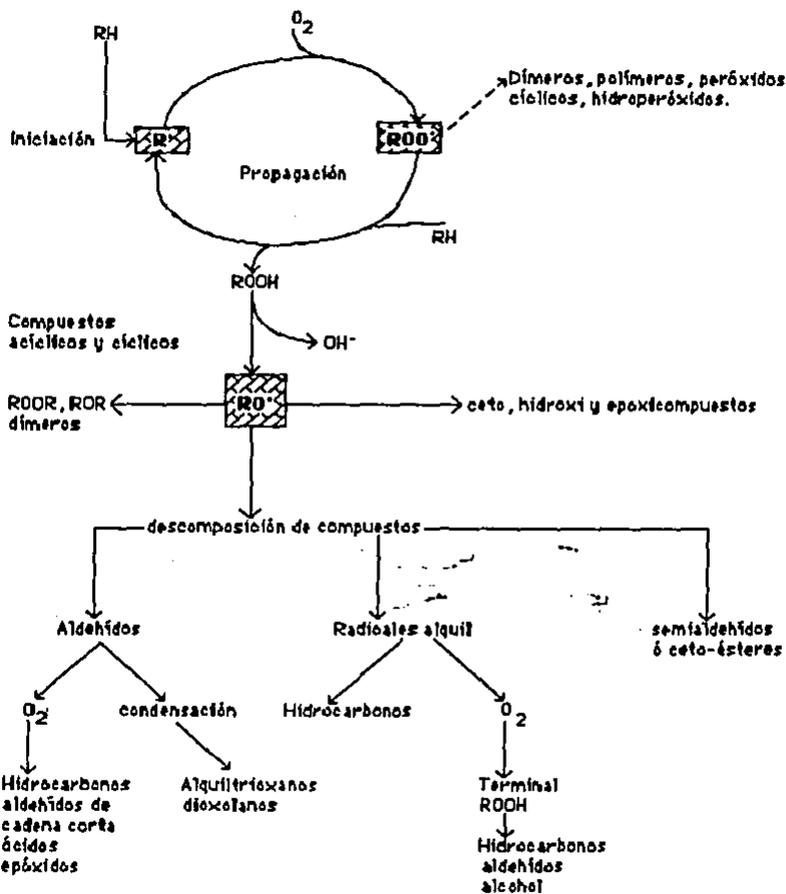


La oxidación de lípidos se lleva a cabo de la siguiente manera:



El diagrama completo de la autooxidación de lípidos se muestra a continuación:

## Diagrama completo de la autooxidación de lípidos.



Las reacciones tienen una velocidad, la cual varía con la presión del oxígeno, según Bolland en 1946 (19), quien encontró que a muy bajas presiones de oxígeno la velocidad de oxidación es aproximadamente proporcional a la presión; pero a elevadas presiones de oxígeno, se hace independiente de este factor. Con el étil linoleato a 45°C la velocidad empezó a ser independiente a una presión aproximada a la presión parcial del oxígeno en la atmósfera.

La velocidad de absorción de oxígeno en el sistema de étil linoleato es :

$$Vel = \frac{d(O_2)}{dt} = \frac{K_2(RH)(ROOH)}{1 + \sum(CRH) / p}$$

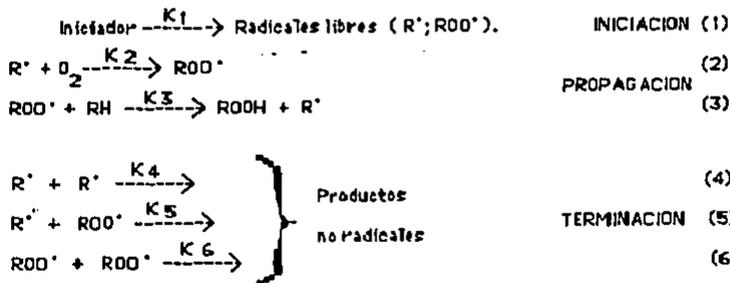
donde: **RH** es el sustrato (ácido graso), el hidrógeno es un átomo alfa-metilénico, el cual está activado por la influencia del doble enlace.

**ROOH** es el hidroperoxido formado.

**P** es la presión de oxígeno.

**K<sub>1</sub>** y **K<sub>2</sub>** son constantes empíricas.

Mediante los siguientes datos se puede comprobar lo anterior. En la reacción suceden diferentes velocidades de reacción dependiendo del paso que se trate (18) :



A altas presiones de oxígeno, el término  $\frac{\sum(RH)}{p}$  es menor que 1, y las reacciones 4 y 5 pueden ser eliminadas para dar:

$$Vel = K_2(K_1 / K_6)^{1/2} (ROOH)(RH)$$

donde la velocidad de absorción del oxígeno es independiente de la presión de oxígeno.

A bajas presiones de oxígeno, el término  $\frac{\lambda (RH)}{P}$  es mayor que 1, y las reacciones 5 y 6 pueden ser eliminadas para dar:

$$Vel = K_2 (K_1 / K_4)^{1/2} (ROOH) (O_2)$$

Además, la absorción de oxígeno por una muestra de grasa a temperatura constante puede ser medida y graficando ésta con respecto al tiempo se obtiene una curva como la que se muestra en la figura 1.

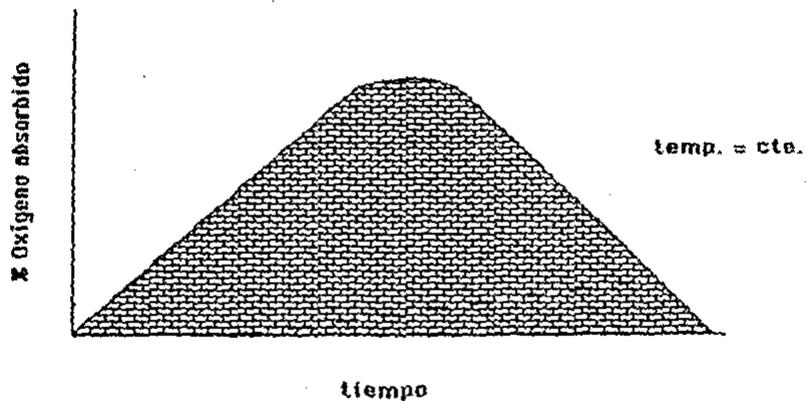
En donde, se puede ver que el porcentaje de absorción de oxígeno es relativamente bajo al inicio y continúa siendo así durante un período de tiempo llamado de **Inducción del período**, después del cual el porcentaje se incrementa rápidamente, hasta que se alcanza el más alto porcentaje, el cual entonces permanece constante hasta que un volumen grande de oxígeno ha sido absorbido. Si la oxidación continúa, el porcentaje desciende otra vez a lo largo de la gráfica, hasta finalizar la curva (12,18).

La parte de la curva de mayor importancia, por consiguiente, en conexión con la grasa de los alimentos, es el período inicial, durante el cual la oxidación es relativamente lenta. Prácticas del manejo del producto se realizan con el fin de que ese período de inducción se acorte, por ejemplo, mediante la protección del producto, principalmente del oxígeno, así como de la luz y temperatura, ya que éstas también influyen en la absorción del oxígeno por las grasas. La duración del **período de Inducción** es fuertemente afectada por la presencia o ausencia de antioxidantes; pequeñas concentraciones de ciertos materiales tienen el efecto de agrandar la duración del **período de Inducción** (12,19).

La duración del **período de Inducción** varía exponencialmente con la temperatura. El porcentaje de oxidación después del final del período de inducción es afectado de manera similar por la temperatura (12,19).

figura 1.

Absorción de oxígeno por una muestra de grasa.



### 3.4.5 Formación y descomposición de hidroperóxidos.

#### Formación de hidroperóxidos.

La formación de hidroperóxidos por vía oxígeno singlete, es diferente a los formados por oxidación mediante radicales libres, esto tiene importancia, ya que generalmente se ve el mecanismo de radicales libres y por tanto es más conocida la formación de hidroperóxidos por este método (18).

Mediante el mecanismo de radicales libres, los hidroperóxidos formados en la etapa de propagación de la reacción de oxidación continúan proveyendo de radicales libres a la reacción, pero además tienen la capacidad de interactuar con otras moléculas o de intervenir en reacciones secundarias, generando nuevas sustancias (5).

Farmer y Sundralingan en 1942 (19) demostraron que los hidroperóxidos se forman generalmente en una oxidación de grasas, encontrando que en cuanto la reacción procede, hay un incremento de hidroperóxidos, además vieron que esta reacción estaba conectada principalmente con grupos acil insaturados ( $R - C = O$ ), apareciendo los grupos hidroperóxido en la posición  $\alpha$ , la cual es relativa al doble enlace; la ruptura de este doble enlace puede o no estar involucrada en la formación de estos hidroperóxidos, esta ruptura depende de la cantidad de insaturaciones originales en el grupo acilo.

La velocidad de formación de los hidroperóxidos depende de lo insaturada que sea la grasa, en el caso de los ácidos grasos derivados de grasas saturadas ésta formación se lleva a cabo muy lentamente. El grado de insaturación de una grasa también influye en su velocidad de oxidación, ya que ésta aumenta exponencialmente con el incremento del grado de insaturación, lo que repercute en la formación de hidroperóxidos (19).

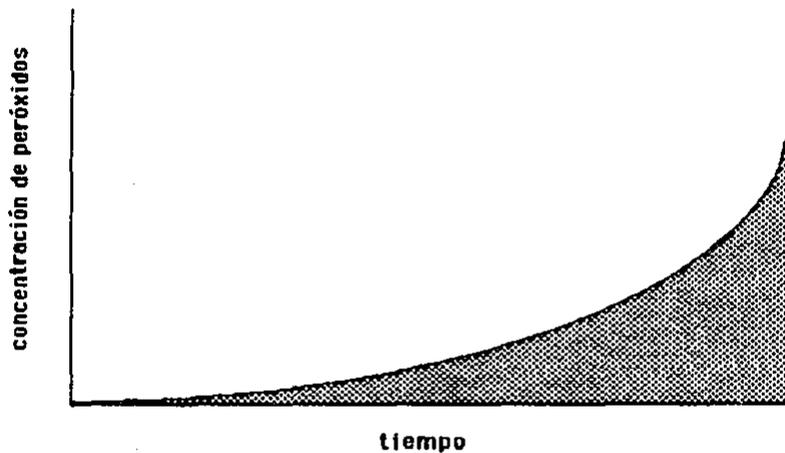
En la figura 2 se puede observar el desarrollo de los hidroperóxidos.

La pendiente de la curva muestra la velocidad de acumulación de hidroperóxidos, los cuales se incrementan conforme la oxidación progresa (17,19).

Por otro lado, es bueno hacer notar que los hidroperóxidos, por ellos mismos, no contribuyen materialmente a los olores y sabores desagradables de la oxidación de las grasas; estos son causados por sustancias secundarias formadas durante las varias reacciones y posiblemente a través de la oxidación de los peróxidos y de sus productos de degradación (19,21,29).

**figura 2.**

**Producción de hidroperóxidos.**



La formación de estos hidroperóxidos fue estudiada en sistemas como : el oleato, linoleato, linolenato, en donde se ve la formación de hidroperóxidos isoméricos, debido a la posición y cantidad de dobles enlaces; así tenemos que del oleato surgen cuatro hidroperóxidos isoméricos en mezcla : el 8,9,10 y 11 hidroperóxidos alílicos, como se muestra en la figura 3 (18 ).

En el caso del linoleato, su estructura es de 1,4 pentadieno y es más susceptible a la oxidación que el sistema propieno del oleato. Aquí la posición 11 del grupo metileno es doblemente activa por los dos dobles enlaces adyacentes; la sustracción del hidrógeno en esta posición produce el radical intermediario pentadienil, el cual al reaccionar con oxígeno molecular produce mezcla de hidroperóxidos conjugados 9,13 dienos, como se puede observar en la figura 4 (16 ).

En cuanto al linolenato, su estructura es presentada por dos 1,4 pentadienos. La sustracción del hidrógeno en las posiciones activas de los grupos metileno en los carbonos 11 y 14 producen radicales pentadienil. El oxígeno ataca el carbono final de cada radical resultando una mezcla de isómeros 9,12,13,16 hidroperóxidos (18,29,45 ).

Los hidroperóxidos 9 y 16 son formados en cantidades mayores que los isómeros 12 y 13; esto se atribuye a que :

- a) Una preferencia del oxígeno para reaccionar con los carbonos 9 y 16.
- b) La rápida descomposición de los isómeros 12 y 13.
- c) La tendencia de los hidroperóxidos 12 y 13 para formar sels peróxidos vía ciclización 1, 4. En la figura 5 se ve el mecanismo ( 4,18,27 ).

Con este estudio se puede ver como la variedad de hidroperóxidos es extensa, esto es debido a la estructura original del ácido graso atacado, a la posición y cantidad de los dobles enlaces; además de la cantidad de oxígeno absorbido por la grasa.

Por otro lado, Lundberg en 1949 (19 ) estudió la oxidación del metil linoleato en presencia de clorofila y luz monocromática de 600 m $\mu$  de longitud de onda a 37° C. Los resultados de este trabajo muestran que los productos de la oxidación fueron principalmente hidroperóxidos y la cantidad producida de estos fue directamente proporcional a la cantidad total de luz absorbida. Con lo que se ve que este factor también influye en la formación de hidroperóxidos.

figura 3.  
 Mezcla de 8,9,10 y 11 hidroperóxidos alílicos.

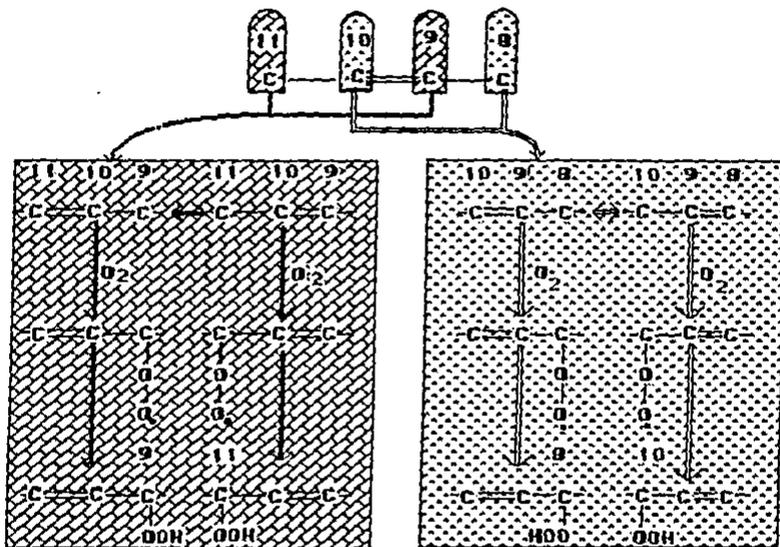


figura 4.

Mezcla de hidroperóxidos conjugados 9, 13 dienos.

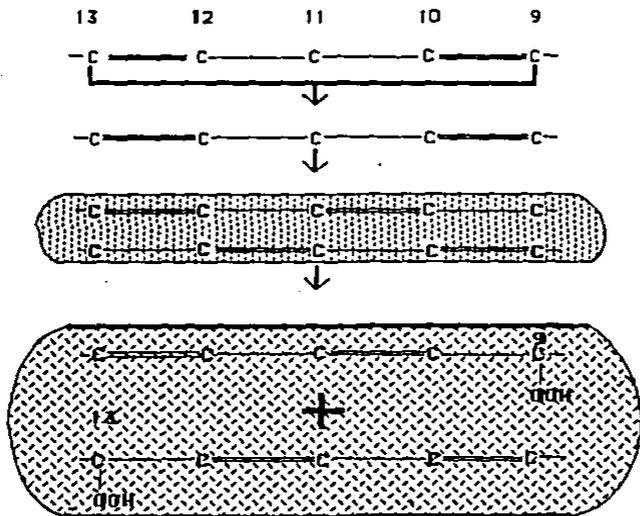
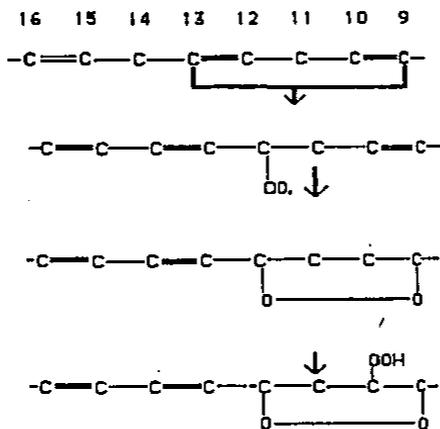


Figura 5.

Mecanismo de formación de peróxidos vía ciclización 1,4.



## Descomposición de hidroperóxidos.

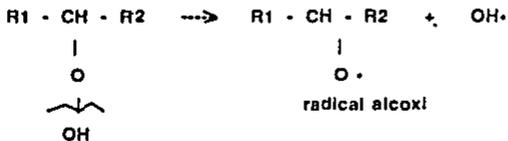
Los hidroperóxidos se rompen en varios pasos, dando una gran variedad de productos de descomposición. Cada hidroperóxido produce una serie de productos iniciales de rompimiento, que son diferentes, dependiendo de la posición inicial de la molécula. Estos compuestos, a su vez, pueden sufrir oxidación adicional y descomponerse en otras sustancias (18 ).

Las reacciones de descomposición de los hidroperóxidos producen diferentes compuestos, como : peróxidos, aldehídos, cetonas, ácidos, epóxidos, polímeros y cetoglicéridos, algunos de los cuales son los responsables de las propiedades organolépticas de las grasas oxidadas. Los olores y sabores característicos de los derivados aldehídicos y cetónicos son muy intensos, en muchas ocasiones desagradables; este tipo de compuestos volátiles, también se forma durante la oxidación de fosfátidos, tocoferoles, carotenoides, etc.; el mecanismo de oxidación parece ser el mismo ( 5,21,25,29,38 ).

En el cuadro de la figura 6 , se puede ver claramente la descomposición de los hidroperóxidos (5).

Se dice que los hidroperóxidos se descomponen tan pronto como son formados, inclusive en las primeras fases de la oxidación la velocidad de formación excede a la velocidad de descomposición y posteriormente estas se invierten (18,29 ).

El primer paso de la descomposición de los hidroperóxidos, se debe a la ruptura del enlace oxígeno- oxígeno del grupo hidroperóxido, dando lugar a radicales alcoxi e hidroxilo, como se puede apreciar :

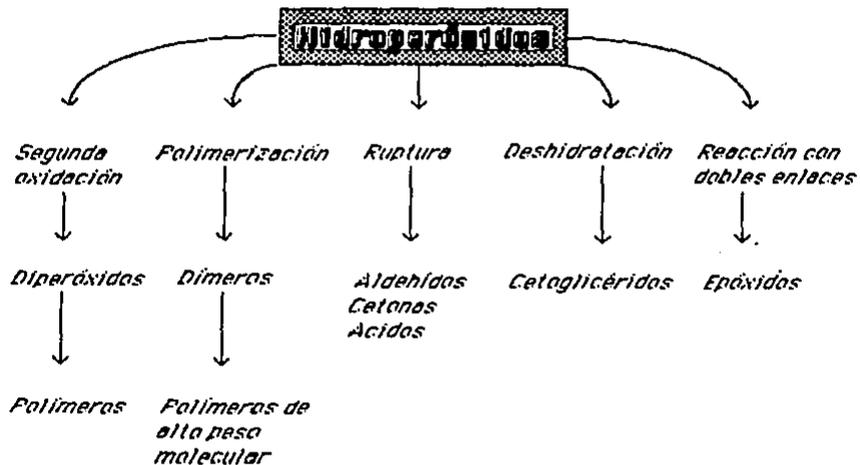


En el segundo paso, puede haber una ruptura del enlace carbono- carbono en cualquiera de los dos lados del grupo alcoxi ( - CH - ). En general, de la ruptura del lado

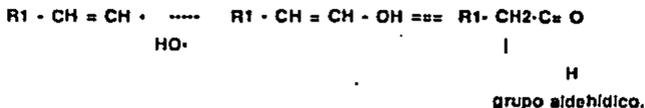


**figura 6.**

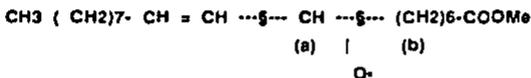
**Descomposición de hidroperóxidos.**



ácido resulta la formación de un aldehído y un ácido o éster; la ruptura del lado hidrocarbonado o metílico produce un hidrocarbano y un cetoácido o cetoéster. Si se forma un radical vinílico de tal ruptura resulta un grupo funcional aldehídico (18 ).



A continuación se muestra un claro ejemplo con el Isómero de 8-hidroperóxido del oleato de metilo; la ruptura en el lado hidrocarbonado (a) produce decanal y metil-8-cetooctanoato y la ruptura del lado del éster (b) forma 2-undecanal y metil-heptanoato (18 ).



De la misma manera, cada uno de los tres hidroperóxidos restantes del oleato (9,10,11 hidroperóxido ) dan cuatro productos.

O

|

Del 9-hidroperóxido ( CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-CH=CH-CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOMe ) resultan el nonanal, metil-9-cetnonanoato, 2 decanal y octanoato de metilo.

O

|

Del 10-hidroperóxido ( CH<sub>3</sub> (CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-CH=CH-CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-COOMe ) resulta octano, metil-10-ceto-8 decanoato, nonanal y metil-9-ceto-nonanoato.

O

|

Y del 11-hidroperóxido (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-CH-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOMe ) se produce heptano, metil-11-ceto-9-undecanoato, octanal y metil-10-ceto-decanoato (18 ).

La velocidad de descomposición de los hidroperóxidos, es afectada por la luz visible, la luz ultravioleta, la presencia de radiaciones beta, gamma y otras radiaciones de alta energía; dicha velocidad fue estudiada en modelos de metil linoleato, en donde se puede ver la curva obtenida al graficar el % de descomposición de la muestra por hora vs valor de peróxidos, durante la oxidación de la muestra a temperatura de 0°C y 80°C (figura 7)(19).

La posición horizontal de la curva es consistente con la descomposición unimolecular de hidroperóxidos monoméricos y el aumento rectilíneo es consistente a la descomposición unimolecular de hidroperóxidos diméricos, estas formas pueden ser consideradas en equilibrio :



Bajo condiciones de temperatura inicial normales, un cambio en la temperatura afecta el porcentaje de la oxidación, más que a la mayoría de las reacciones químicas (19).

Esto se explica, porque al elevar la temperatura, influye en dos cambios : en las velocidades de las reacciones de propagación y también en la descomposición de peróxidos, resultando un incremento en la concentración de radicales libres para el inicio y extender las reacciones en cadena. Sin embargo, es alcanzado un punto máximo donde para una temperatura dada, existe un estado de concentración de hidroperóxidos no conocida exactamente (19).

En otras palabras, el fenómeno de velocidades máximas es el resultado de la aproximación a esta condición, acelerado por la presencia de factores catalíticos como son los metales y la luz (19).

figura 7.

Descomposición por oxidación de una muestra de grasa.



### 3.4.6 Productos secundarios de la reacción de oxidación.

Los productos secundarios de una reacción de oxidación provienen de la degradación de los compuestos obtenidos por la descomposición de los hidroperóxidos, es decir, los aldehídos, alcoholes, etc. , estos compuestos secundarios han sido identificados por métodos cromatográficos (19,20 ).

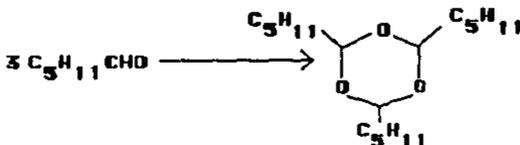
Los trabajos de Badings en 1960 (19 ) y Bell en 1951 (19,20 ), muestran las reacciones de descomposición de dichos productos.

#### a) Descomposición de aldehídos.

Los aldehídos son los compuestos en mayor cantidad en una reacción de oxidación; son sumamente susceptibles a la oxidación dando sus correspondientes ácidos, los que se acumulan en la reacción (18,19 ).

Además, son también susceptibles a la polimerización y condensación. Sin embargo, hay que recordar que los aldehídos tienen por sí solos un sabor y olor muy fuertes, aunque se encuentren en pequeñas cantidades y son los principales responsables del sabor desagradable de las grasas y aceites (Patton et al. 1959 ) (19 ).

Cuando hay saturación de aldehídos, estos se oxidan rápidamente formando los ácidos, los que participan en reacciones de dimerización y condensación. Así tenemos que tres moléculas de hexanal, se combinan formando triperililoxano (18 ).



Los triálquiltrioxanos producen olores relativamente fuertes y han sido reportados como productos secundarios de oxidación del linoleato (18 ).

Mediante un estudio del ácido oleico y el nonanal, se ha propuesto un mecanismo especulativo, para cuantificar los aldehídos, alcoholes, alquilformatos e hidrocarburos formados en la oxidación del ácido oleico (18 ).

El sustraer un hidrógeno del nonanal ( aldehído formado desde el 10-hidroperóxido de oleato ) da la formación de una resonancia en equilibrio entre las dos formas del radical libre carbonilo, lo que se puede ver en la figura B (18 ). En los cuadros marcados en dicha figura se ve la formación del perácido y un alfa-hidroperoxialdehído.

Carbono-carbono y oxígeno-oxígeno pueden unirse para producir una variedad de radicales libres, que pueden iniciar reacciones en cadena o combinación para formar productos de oxidación (18 ).

Aldehídos insaturados pueden sufrir autoxidación por el ataque del oxígeno a la posición o posiciones alfa-metilénicas, dando salida a hidrocarburos de cadena corta, aldehídos y dialdehídos, como se puede ver en la siguiente reacción (18 ) :

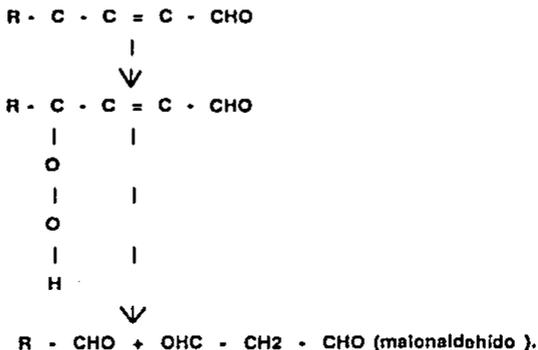
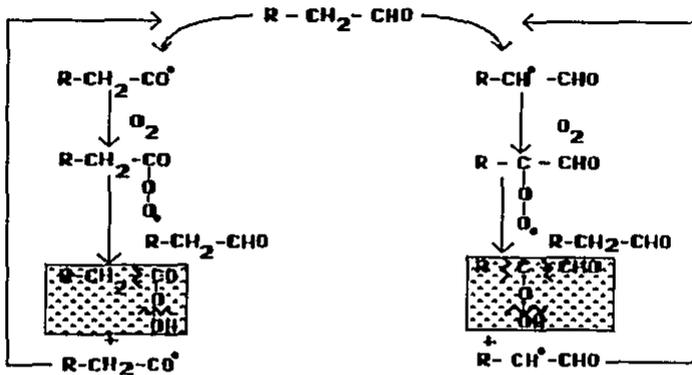


figura 8.

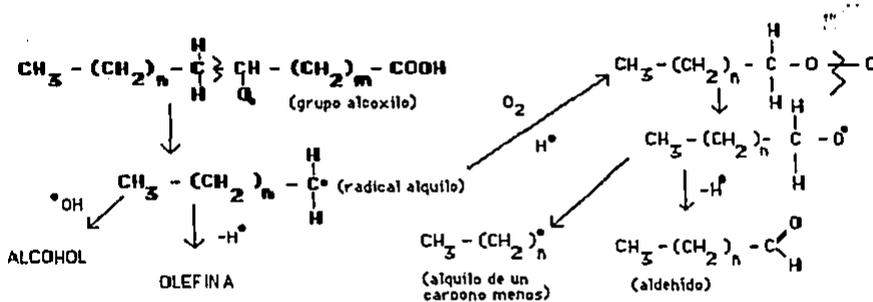
Resonancia en equilibrio entre dos formas del radical libre carbonilo del nonanal.





b) Reacciones de los radicales alquilo y alcoxilo.

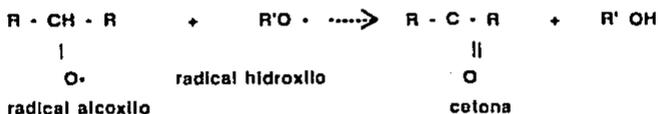
El radical alquilo, resultado de la separación en el sitio metil del grupo alcoxilo, puede participar en varias reacciones, como puede observarse a continuación (18,19,20) :



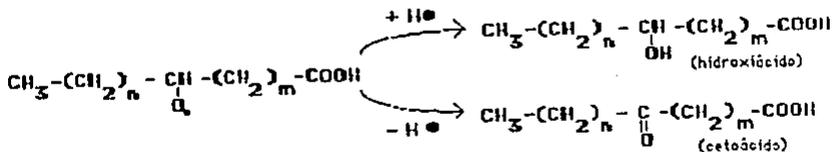


Estas reacciones son comunes en la propagación de las reacciones de oxidación de los lípidos (18,19 ).

3) Formación de cetonas, a partir de la reacción entre radicales resultantes de las reacciones anteriores (18,19 ).

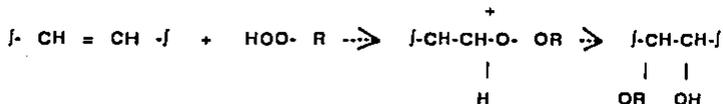


4) Formación de hidroxiácidos y cetoácidos, por la presencia o ausencia de un átomo de hidrógeno del grupo alfa-metileno (18,19 ).





Los polímeros pueden formarse por la asociación directa de un radical libre alcoxilo y alquilo (19 ):



Las reacciones de los alcoxilos, resumidas, se presentan a continuación :

Bell et al. en 1951 (19 ) listó las reacciones primarias de los radicales alcoxilo :



Por otro lado, se tiene que Ellis en 1950 (19,20 ) reportó que los cetoácidos alfa-insaturados son muy reactivos con el oxígeno, formando peróxidos y además ayudan al avance de las reacciones de oxidación, por este motivo.

### 3.4.7 Técnicas para medir la oxidación de lípidos.

La oxidación de lípidos involucra numerosas reacciones, que provocan cambios físicos y químicos. A través de la aparición de estas reacciones que ocurren simultánea y compellivamente, se puede seguir el mecanismo de la oxidación.

La naturaleza y extensión de cada uno de estos cambios influye en el grado de la reacción por un gran número de variables, ya antes mencionadas (18).

La descomposición oxidativa, es la reacción de deterioro de mayor significado, para la aceptabilidad y calidad nutricional de productos alimenticios, por lo que, muchos métodos han sido propuestos para medir dicha reacción (18,25).

Un sólo análisis o prueba, no puede medir todos los cambios oxidativos que suceden, así como una sola prueba no es aplicable para todo tipo de producto alimenticio o para todas las condiciones de proceso. Lo mejor, es tener una prueba que ayude a ver algunos de los cambios físicos que tenga el producto y algún otro método o prueba para dar información más específica, dependiendo de las condiciones a las que se encuentre el producto; es por esto, que es importante y básico, utilizar una combinación de pruebas o métodos, para así obtener una información más completa (14,18).

Dentro de las pruebas y métodos para medir la oxidación de los lípidos, tenemos (14,18) :

- Valor de peróxidos
- Prueba ( TBA ) del ácido tiobarbitúrico
- Compuestos totales y carbonilos volátiles
- Prueba de Kreis
- Método espectrofotométrico-ultravioleta
- Prueba de oxirano
- Valor de yodo
- Fluorescencia
- Métodos cromatográficos

- Evaluación sensorial
- Pruebas aceleradas
- Pruebas de escala abierta
- Método de oxígeno activo ( AOM )
- Método de bomba de oxígeno
- Absorción de oxígeno

De acuerdo a la investigación, los métodos usados para medir la oxidación de los lípidos son : valor de peróxidos, evaluación sensorial, medición del oxígeno o vacío, determinación de humedad, pruebas aceleradas.

El valor de peróxidos nos va a servir para ver el grado de oxidación del cacahuete y por tanto su deterioro. Con los resultados de la determinación se observará el comportamiento del producto en condiciones aceleradas.

Las pruebas aceleradas serán usadas en ésta investigación por ser pruebas que permiten ver los cambios producidos por las reacciones de oxidación en un período de tiempo menor a las pruebas de anaquel en condiciones normales.

La evaluación sensorial es utilizada como prueba de apoyo para decidir si el producto esta en condiciones de ser aceptado por el consumidor, ya que en base a sus características de sabor, olor, color y aspecto es o no aceptado.

La medición del oxígeno o vacío es con el fin de ver como influye el empaque en la vida de anaquel del producto, es decir, en condiciones óptimas de envasado ( % oxígeno en pulgadas de mercurio " inHg " dentro del límite permitido ), permite ver que tanta protección le da al producto, en base a los resultados de los análisis del valor de peróxidos y pruebas sensoriales.

La humedad del producto es determinada con el fin de ver como influye la cantidad de agua contenida en el producto en sus reacciones de oxidación y descomposición, además de que es una prueba que se realiza en la industria para determinar si puede o no ser procesado(18).

### 3.5 PROCESO DEL CACAHUATE.

El propósito del tratamiento mediante calor en los alimentos, es para promover cambios en el sabor, incrementando así su aceptación. Durante el procesamiento de los productos alimenticios, los sabores se pueden desarrollar, ya que el sabor de un material alimenticio no sólo depende de la naturaleza cualitativa de los componentes oloríficos presentes, si no de los cambios que sufren dichos compuestos (40,41).

Muchas semillas y productos son tratados de ésta manera, como son cacahuates, nueces, almendras, café, cocoa y otros productos semejantes. Cuando el calor actúa sobre los componentes volátiles de todos estos productos produce cierta influencia en el aroma y en el gusto de sus características (40).

En virtud de lo anterior, se deben cuidar todos los pasos del proceso, para mantener así la calidad y aceptación del producto por parte del consumidor (40,41).

El tratamiento del cacahuate para su proceso posterior consiste en una serie de pasos como son : descortezado, blanqueado y eliminación de los granos defectuosos para posteriormente someterlos a un proceso de cocción (7).

En una planta procesadora de cacahuate, éste se recibe descortezado y limpio. No obstante a ello, se va a describir a continuación la secuencia de operaciones que comprende el proceso completo desde su recolección.

**a) Recolección** .- El procesamiento del cacahuate comienza en los campos, donde son arrancadas las plantas amontonándolas o dejándolas en hileras para que se sequen; e el cacahuate es removido de las plantas mecánicamente y puesto a secar. Este se recolecta después de tres días, conteniendo una humedad del 25-30% aproximadamente (7).

**b) Limpieza y almacenaje** .- Después de la recolección son entregados al almacén para limpiarlos. Este paso consiste en remover astillas, pequeñas piedras y otros materiales extraños por medio de cribas, cámaras de aspiración, biombos, sopladores y trampillas para piedras que pueda contener. Es preciso limpiarlo, sobre todo de cuerpos metálicos, como los de hierro por ejemplo, que se pueden separar por medio de imanes; esta operación reduce el volumen recolectado del grano en aproximadamente un 10-20 % (6,7).

Los cacahuates limpios son almacenados en silos para un continuo descascarillado o descortezado y distribución para sus usos finales. Se pueden pelar bajo refrigeración con humedad relativa controlada, con el fin de protegerlos de los insectos, de la rancidez y del ataque de microorganismos (1,14).

Es importante señalar que en un almacenamiento inadecuado se pueden desarrollar hongos, infestación de insectos y un aumento en el contenido de ácidos grasos libres, lo que es debido a las reacciones en cadena que se originan. La destrucción de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados producen compuestos que proporcionan efectos desagradables en el sabor, olor y aspecto del producto, a estos compuestos se les conoce como hidroperóxidos, los cuales pueden descomponerse y producir posiblemente productos tóxicos (3,5,21,28,29).

Para su almacenamiento se utilizan generalmente temperaturas de 32-36 °F ó de 0-2.2°C y 65% de humedad relativa (2).

**c) Descascarillado o descortezado** .- Consiste en romper las cáscaras por el peso del grano o cacahuate entre una serie de rodillos; las cascarillas y pequeñas materias extrañas son separadas por sopladores y blombos (6).

**d) Blanqueado** .- Consiste en mover la testa y en ocasiones el germen también, mediante el calentamiento del cacahuate en un cilindro de acero rotatorio, a través del cual se hace pasar una corriente de aire caliente impulsada por un calentador. Los granos se descargan después sobre una banda, la cual tiene perforaciones en la base por las que se hace pasar aire para el enfriamiento del grano, que se transfiere después a la tolva. Los granos se hacen pasar por rodillos que giran en sentidos opuestos separando de está manera la testa. El grano cae después en un tanque en el que las partículas ligeras y la testa se separan por aspiración (7).

**e) Procesado** .- El cacahuate así obtenido es sometido a diferentes procesos, con el fin de desarrollar propiedades, como son : el color, sabor y textura deseables, confiriéndole además, una mejor vida de anaquel.

Estos procesos pueden variar dependiendo del producto final que se desea, así, tenemos :

- 1) Cacahuete Sazonado
- 2) Cacahuete Frito con sal
- 3) Cacahuete Frito con mezcla de chiles y limón
- 4) Cacahuete Frito en mezcla de dos cacahuates diferentes y pepitas
- 5) Cacahuete Tipo Japonés

También se puede prensar el grano para la obtención del aceite; o bien para la elaboración de la mantequilla de cacahuete, dulces, manteca, harina, la cual se utiliza para la elaboración de galletas y preparación de medios de cultivo. Junto con la harina de trigo, se pueden elaborar macarrones enriquecidos con harina de cacahuete (10,12,22,23).

f) **Empacado** .- Una vez procesado el cacahuete, se empaqueta en diferentes empaques y presentaciones, confiriéndole protección contra cambios del medio ambiente, como temperatura, humedad, composición del aire, principalmente el oxígeno, además de microorganismos, principalmente hongos e insectos. Todo esto para su posterior distribución y comercialización (4,59).

g) **Subproductos** .- La cáscara del cacahuete es muy rica en fibras y contiene bajos niveles de aceite, proteínas y cenizas, por lo que su valor nutritivo es muy bajo y se utiliza principalmente como combustible; también se utiliza como material de relleno para fertilizantes, cobertura muerta para el cultivo de plantas, pasto basto para el ganado vacuno, mezclándolo con melazas y suplementos minerales y comida para aves de corral; como abrasivo para pulir acero y aluminio, aislante para edificaciones agrícolas y como base para la fabricación de tapones de botellas de bebidas (5,9).

### 3.5.1 Ventajas del proceso.

El procesar un alimento trae como ventajas lo siguiente :

1.- Cambios deseables .- mediante el tratamiento del alimento, durante el procesado se obtienen características sensoriales, es decir, de aspecto, olor, sabor, color y textura, debido a cambios por diferentes reacciones provocadas en dicho proceso y esto conduce a una mayor aceptación del producto por el consumidor.

2.- Mayor duración .- al ser sometido el alimento a cualquier procesamiento se obtiene una vida o período de duración mayor a que si éste no se procesara, no obstante a los cambios que puedan producir cualquiera de los componentes involucrados en el proceso.

3.- Aumento en el consumo .- el procesar un alimento trae consigo como ventaja sobre todo para el industrial, el poder manejar a un mismo alimento en diferentes presentaciones, lo que provoca un aumento en el consumo del alimento, ya que es el mismo, sólo que procesado de diferente forma; como en este caso el cacahuete, que al ser procesado se pueden obtener infinidad de productos como cacahuete entero, mantequilla, aceite, etc.

4.- Mejor Aprovechamiento .- El procesar un alimento trae consigo también, el que éste se aproveche de mejor manera, ya que además de consumirse fresco, que es como merma más fácilmente su calidad, hay la opción de someterlo a un proceso determinado.

### 3.5.2 Importancia del empaque.

El propósito del envasado consiste en proteger al producto de cualquier tipo de deterioro, bien sea de naturaleza química, biológica, microbiológica o física (59).

La función más importante del envasado; es suministrar al consumidor un alimento de igual calidad a la que tienen los productos frescos o recientemente preparados (59).

Además, al envasar un producto se obtiene la ventaja de que facilita su manejo y distribución en el mercado; con el envasado adecuado podemos obtener una disminución grande en la alteración del producto a lo largo de su almacenamiento, alargando este período; lo que es importante tanto para el comerciante, como para el productor y consumidor, ya que el producto al mantener su calidad por mayor tiempo, hace que el productor otrezca al consumidor productos con calidad garantizada, adquiriendo prestigio y utilidad para la industria.

Para el comerciante es importante, porque si el producto es de calidad reconocida, se vende en mayor cantidad y por lo tanto se tienen mejores ventas y ganancias. Y para el consumidor es importante, ya que a éste le gusta comprar productos de calidad y además que tenga la calidad de conservar sus propiedades por un tiempo considerable.

El envase, además de proporcionar una medida constante de peso-volumen en el contenido y de estimular a la compra del producto, debe también proteger a éste contra la destrucción natural o la pérdida de su calidad. Esta propiedad sin embargo, únicamente puede proporcionarse si el envase y el material del que está constituido posee las cualidades precisas, en especial, por lo que se refiere a su impermeabilidad y a su resistencia mecánica (59).

En la elección de un empaque o un envase entran diversos factores que son de suma importancia :

1.- Debe tomarse en cuenta la función principal del envase, que es la de proteger al producto.

2.- Se deben conocer con exactitud las sensibilidades específicas del producto en cuestión, así como las condiciones climáticas y las tensiones mecánicas a las que va a ser sometido el producto.

3.- No debe proveer al producto ni aroma, ni sabor alguno.

4.- Debe además de ser práctico, lo que significa, desde el punto de vista del fabricante, que debe poder llenarse rápida y fácilmente, cerrándose a la perfección y desde el punto de vista comerciante, que el producto pueda distribuirse y almacenarse convenientemente. Desde el punto de vista consumidor significa que el envase deberá ser del tamaño adecuado a sus necesidades, además de que éste pueda abrirse con facilidad y si es preciso, también cerrarse. Si el producto va a ser envasado por el comerciante en pequeños envases, el envasado original debe permitir un cierre rápido y seguro.

5.- Deba protegerse el producto contra luz, humedad, temperatura, insectos y mohos, y además proporcionarle características importantes como son : facilidad de manejo, resistencia mecánica, manejo por parte del consumidor y precio atractivo para su venta(59).

### 3.6 DEFINICION DE ' VIDA DE ANAQUEL ' .

La " vida de anaquel " se define, según la división de Nutrición y Sanidad de Alimentos del Instituto de Tecnología de Alimentos (I.F.P.) como : " El período comprendido, entre la manufactura y la adquisición del producto por el consumidor. Durante este período finito, el producto se encuentra en un estado de calidad sanitaria en términos de valor nutritivo, sabor, textura y aspecto " (3).

Es decir, que la " vida de anaquel " de un producto corresponde al período comprendido desde el momento de su manufactura hasta el momento que pierde sus características sensoriales como sabor, color, textura y su valor nutricional, que lo hacen no ser apto para su consumo.

Considerando el hecho de que para cada producto el período o " vida de anaquel " es diferente, es de suma importancia tener bien establecido este dato, sobre todo cuando está de por medio en ciertos casos la salud y el gusto del consumidor, así como el prestigio del producto en venta.

Para su determinación se deben tomar en cuenta los criterios de calidad, ya que estos proporcionan la información necesaria para este fin .

#### 3.6.1 Criterios de Calidad.

Las principales características consideradas en la evaluación de la calidad son las siguientes :

##### 1.- Características sensoriales.

- a) El aspecto, es decir, características que incluyen la forma, ausencia y presencia de brillo, así como el color del producto.

- b) El sabor, el cual influye en el aroma y gusto.
- c) Textura, se refiere a la resistencia y consistencia.

2.- La inocuidad del producto para no causar daño en la salud del consumidor.

3.- El valor nutritivo, el cual incluye la presencia de nutrimentos disponibles e indispensables para el ser humano.

4.- Propiedades funcionales, las cuales se determinan de acuerdo a las características del producto. Ejemplo : capacidad de absorber agua.

5.- La estabilidad o actitud del producto al no alterarse rápidamente (2,56).

### 3.6.2 Métodos para evaluar la Calidad.

Los criterios para evaluar la calidad de un producto alimenticio, deben seleccionarse siempre en función del mismo, por lo tanto la calidad de un producto alimenticio elaborado, debe definirse y juzgarse teniendo en cuenta la naturaleza y composición de sus materias primas.

El segundo grupo de factores de los cuales depende la calidad de un producto. Incluyen diversas reacciones favorables o no, y que generalmente son espontáneas. Finalmente, los efectos de los tratamientos tecnológicos a los que se ven sometidas las materias primas y que algunas veces las modifican profundamente, son tomadas en cuenta para evaluar la calidad. En base a esto, es preciso proveer los cambios que puedan sobrevenir en función de las condiciones y duración del almacenamiento (2,56).

Por lo que, el conocimiento de los criterios de calidad y el control de ésta, mediante el uso de los métodos de evaluación de la calidad, asegura la aceptación del producto por el consumidor, lo que es de gran importancia para la industria.

Por otro lado, el conocer con exactitud el período o " vida de anaquel " de un producto hace posible que la industria tenga confianza de que dicho producto pueda mantenerse en el mercado sin que sus características, tanto nutritivas como sensoriales, se vean afectadas durante ese tiempo.

Debido a que la " vida de anaquel " de un producto depende principalmente de factores como :

- a) Tipo de alimento.
- b) La cantidad de atributos que puede perder el producto antes de llegar al consumidor.
- c) Tipo de empaque utilizado.
- d) Las condiciones ambientales a las que se ha expuesto el producto, como son : temperatura, humedad relativa y la composición atmosférica.
- e) Manipulación a la que se enfrenta (1,6).

En base a que estos factores influyen directamente en la " vida de anaquel " de un producto, se manejan como variables en el estudio de " vida acelerada " .

### 3.7 DEFINICION DE "VIDA ACELERADA"

Ya que las pruebas normales de determinación de la estabilidad del producto en su almacenamiento, pueden requerir de un año o más, a fin de que sean significativas, se utilizan comúnmente unas pruebas llamadas "vida acelerada", las cuales se valen de extremos de temperaturas y humedad relativa, para descubrir cambios que afecten la calidad del producto en un lapso breve (1,31).

La "vida acelerada" de un producto se define como: "El periodo comprendido dentro de una cámara con condiciones de humedad y temperatura controladas, que se deja a un producto con el fin de ver las alteraciones producidas en un tiempo más corto" (3,31).

Para llevar a cabo el estudio de "vida acelerada", el producto se introduce a una cámara, la cual mediante vapor de agua generado por el calentamiento de la misma, mantiene condiciones de temperatura y humedad deseadas. También tiene el sistema de enfriamiento mediante un ventilador que funciona en el momento que las condiciones a las que se estableció la cámara son más elevadas (31).

Al someter un producto a "vida acelerada", las reacciones de deterioro, como la oxidación de una grasa, por ejemplo, se ven afectadas por las condiciones de temperatura y humedad que se manejen, ya que estas son condiciones drásticas, que dependiendo del producto y de la investigación pueden ser variables (31).

Tanto las condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo que permanezca en la cámara el producto, se establecen de acuerdo al producto y a las necesidades de la investigación (5).

La relación existente entre la "vida acelerada" del producto y la "vida de anaquel" o campo del mismo, es una relación importante, ya que ésta nos va a servir de base para determinar el dato de "vida de anaquel" del producto, por lo que se debe de determinar con la mayor exactitud posible.

### **3.8 PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACION DE LA "VIDA DE ANAQUEL" .**

Los principales factores a considerar en esta determinación, por ser estos los causantes del deterioro de un producto en un período de almacenamiento, son :

- a) Temperatura**
- b) Humedad relativa**
- c) La composición de la atmósfera, principalmente la presencia del oxígeno**
- d) Luz**

**a) La temperatura**, es uno de los factores más importantes que influye en el deterioro de los alimentos, ya que la mayoría de las reacciones que tienen lugar en éstos, aumenta con la temperatura; lo cual es debido a que el logaritmo de la velocidad de reacción es una función lineal de la temperatura (1).

La modificación de la velocidad de reacción se mide en términos de Q10 ( cociente entre las velocidades a una temperatura dada y otra 10°C menor ), ecuación de Vant'Hoff, quien observó que el valor de Q10 de algunas reacciones químicas es de aproximadamente 2. En otras palabras, la velocidad de ciertas reacciones se duplica al elevarse la temperatura 10°C; por lo que entre más baja sea la temperatura de almacenamiento, más lentamente suceden las reacciones de deterioro del alimento (1,4).

**b) La humedad relativa**, se define, como la relación entre la presión de vapor de agua en el aire y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura; esto se refiere a la atmósfera que rodea un material o una solución (1).

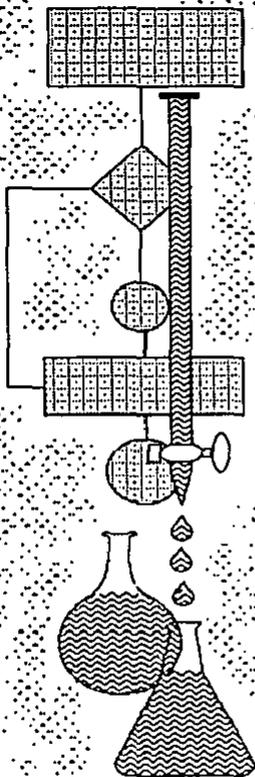
Si la humedad de la atmósfera del almacén se encuentra por debajo de la humedad relativa en equilibrio del alimento almacenado, el alimento perderá humedad cediéndola a la

atmósfera y si se encuentra por arriba de la humedad relativa del alimento, éste absorberá agua. De manera que, en condiciones ideales, la humedad relativa de la atmósfera del almacén tiene que ajustarse a la humedad relativa del producto almacenado (1,5,14).

Muchas reacciones que causan deterioro en un producto, se pueden presentar en rangos de humedad tales que el equilibrio entre la humedad relativa del alimento y el almacén no exista. Estas reacciones pueden ser : la oxidación de lípidos, oscurecimiento, la actividad enzimática, el crecimiento microbiano, etc., las cuales provocan que el producto sea o no aceptado (19).

c) De la composición de la atmósfera, se considera el efecto de los componentes normales de ésta sobre los ingredientes del producto (5,48). Estos pueden ser principalmente el oxígeno del aire, el cual actúa destruyendo propiedades del alimento, como color, sabor, etc., debido principalmente a la oxidación de grasas y compuestos que, de ser oxidados se descomponen en otros que proveen al alimento de características indeseables. Es por lo que el oxígeno se excluye de los alimentos por medio de la deaeración al vacío o la purga con gas inerte durante el procesamiento, por el envasado al vacío o la inundación de los envases con nitrógeno (11,8,48).

d) La luz, deteriora muchos colores en el alimento, además provoca la oxidación de las grasas contenidas en el alimento, cambios en las proteínas, así como también destruye algunas vitaminas, bajando de esta forma el valor nutritivo del alimento y su calidad (1,5,9).



Capítulo IV  
Metadología

## **IV.- METODOLOGIA.**

### **4.1 DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS.**

Las muestras utilizadas para este estudio son cacahuates sometidos a cuatro diferentes procesos y empaçados en distintos materiales :

- 1.- **Sazonado** : empaçado en laminados flexibles en presentaciones de 150 y 300 g y frasco de 190 g .
- 2.- **Frito con sal** : empaçado en laminados flexibles en presentaciones de 150 y 300 g y lata de 200 g.
- 3.- **Frito con mezcla de chiles y limón** : empaçado en laminados flexibles en presentaciones de 150 y 300 g y lata de 200 g.
- 4.- **Frito en mezcla de dos cacahuates diferentes y papitas** : empaçado en laminados flexibles en presentaciones de 150 y 300 g.

En términos generales el tratamiento del cacahuete fuera y dentro de la industria procesadora es el siguiente :

RECOLECCION

|

|

LIMPIEZA

|

|

ALMACENAJE

|

|

DESCASCARILLADO

|

|

ELIMINACION DE CACAHUATE DAÑADO.

|

|

P R O C E S A D O

|

|

|

|

Sezonado

Frito con sal

Frito con mezcla de  
chiles y limón.

Frito en mezcla de cacahuates y papitas.

|

|

|

|

adición de  
condimentos

freído en aceite

freído en aceite

freído en aceite

|

|

|

|

cocinado

adición de sal

adición de la mezcla  
de chiles y limón.

adición de sal

|

|

|

|

empacado

empacado

empacado

empacado

## 4.2 ORIGEN Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

Se hizo una auditoria a los centros comerciales, de donde se tomaron muestras existentes en el mercado de acuerdo a su fecha de elaboración que aparece en el empaque, con el fin de ver en que condiciones se encontraban, tanto desde el punto de vista de deterioro del producto, que ayudaría a darnos una idea de su vida de anaquel, como para ver la distribución, surtido, limpieza y orden en anaqueles, localización del producto, rotación del mismo, así como el estado del empaque, lo que también es importante de considerar, ya que se relaciona con el tiempo óptimo de vida de anaquel del producto.

Por otro lado, se tomaron muestras de los mismos tipos de cacahuates pero recién elaborados, provenientes de la planta de proceso; de estas muestras se hicieron dos grupos :

1.- Un grupo de muestras fue sometido a condiciones de temperatura y humedad controladas ( vida acelerada ), estas condiciones fueron establecidas como  $T = 40^{\circ}\text{C}$  y  $\text{H.R.}=80\%$ , en base a que son condiciones drásticas que aceleran las reacciones de deterioro (oxidación) de los ácidos grasos del cacahuete y nos permitían observar en menor tiempo el comportamiento de dichos ácidos grasos a lo largo de su oxidación y de esta forma poder establecer el punto máximo de la reacción, que es el que establece el tiempo óptimo de vida de anaquel del producto a esa condiciones.

2.- El segundo grupo de muestras se mantuvo en condiciones de almacenamiento normales, con el fin de ver también el comportamiento de las reacción de oxidación de los ácidos grasos, determinando su punto máximo, para posteriormente relacionar los datos de ambas vidas ( vida acelerada y vida de anaquel o campo ), determinando el tiempo óptimo de vida de anaquel de cada producto mediante una relación matemática de los datos obtenidos.

El grupo de muestras sometido a vida acelerada, fue introducido a una cámara de vida acelerada, en la que la temperatura y la humedad relativa se controlaron. En el caso del segundo grupo de muestras, sometido a vida de anaquel o campo en condiciones normales de temperatura y humedad, las muestras se dejaron en corrugados que contenían un número de muestras diferente dependiendo del tipo de empaque.

Tanto a las muestras obtenidas del comercio, como a las recién elaboradas, se les realizaron las siguientes determinaciones, con el fin de obtener datos que sirvieran para cubrir el objetivo del trabajo :

1.- % de Oxígeno residual { Mediante un analizador de oxígeno }

2.- % de Humedad { Método gravimétrico por medio de diferencia de peso}

3.- Índice de peróxidos { Técnica AOCS Oficial Method CD 8-53 }

4.- Pruebas sensoriales { Perfil del producto }

Para tener una mayor confiabilidad en los resultados, cada una de las determinaciones se hizo por duplicado, excepto las pruebas sensoriales.

Dichas determinaciones se realizaron cada 24 horas en el caso de las muestras sometidas a vida acelerada durante un período de 26-30 días, con el fin de obtener resultados significativos. En el caso de las muestras que se conservaron en condiciones normales de almacenamiento ( vida de anaquel o campo ), las determinaciones se realizaron tres veces por mes, para tener datos suficientes para ser comparados con los obtenidos en vida acelerada, esto en un período de 6-8 meses.

A cada uno de los productos antes de ser sometidos a vida acelerada y a vida de anaquel se les realizaron las pruebas antes mencionadas para tener el dato de " día cero " o dato inicial, que son las condiciones del cacahuete al salir de la fábrica a los centros de distribución; es el dato del cual se parte para ver el comportamiento del cacahuete a lo largo del estudio.

El procedimiento que se siguió fue :

Lo primero que se determinó a las muestras empacadas en laminado flexible fue el porcentaje de oxígeno residual, mediante el analizador de oxígeno, con este dato se tiene un indicio de que el empaque pueda tener fugas, ya que si es así, el porcentaje de oxígeno es elevado. Dependiendo del tamaño de la muestra ( 150 ó 300 g ) ésta deberá contener un determinado rango en porcentaje de oxígeno residual; en el caso de laminado de 150 g, el porcentaje de oxígeno residual en condiciones óptimas es de 7-9 %, mientras que para el de 300 g es de 9-11 %.

Posteriormente fue sumergido el empaque inyectado con aire en un recipiente con agua, para verificar si tenía fugas; en el caso de tener, la muestra no se tomó en cuenta para la investigación, porque el producto no estaba en condiciones normales, es decir, que existe otro factor que influye en la reacción que nos interesa y por tanto afecta la determinación, sacándose otra muestra de la cámara de vida acelerada o de los corrugados en el caso de la vida de anaquel.

En el caso de las muestras en frasco o lata en lugar de determinarles el porcentaje de oxígeno residual, lo que se les determinó fue vacío con un vacuómetro; esto se mide en unidades de pulgadas de mercurio ( inHg ), en condiciones óptimas deben tener de 18-20 inHg tanto el frasco como la lata.

Una vez hechas estas pruebas, las muestras fueron sometidas a la evaluación sensorial, de acuerdo al perfil del producto, detectando características como aspecto, color, olor y sabor.

Las muestras fueron trituradas para determinarles el porcentaje de humedad en la estufa de secado, en donde se lee el valor directamente, dejando la muestra ( 10 g aproximadamente ) durante 15 minutos a una temperatura aproximada de 90 °C; este valor no debe ser mayor de 1.5 % en condiciones óptimas.

Finalmente fueron sometidas a la determinación del índice de peróxidos, que es el dato que más importa, porque mediante este dato en vida acelerada y en vida de anaquel o campo se estableció la relación que nos da el tiempo óptimo de vida de anaquel de los productos.

La técnica usada fue en base al método oficial de la AOCS (52,53), que consiste en pesar 5 g  $\pm$  0.05g de muestra dentro de un matraz erlenmeyer de 250 ml, adicionándole 30 ml de solución preparada de ácido acético-cloroformo (3-2), agitar tapado durante 1 minuto y filtrar por vacío; al filtrado (ligeramente amarillo o amarillo fuerte) se le adicionan 0.5 ml de solución saturada de yoduro de potasio agitándolo durante 1 minuto, dando un color más intenso, se agregan después 30 ml de agua desionada y 0.5 ml de solución de almidón al 1%, esto en constante agitación; se titula con solución de tiosulfato de sodio 0.01N (estandarizada) hasta que el color azulado o azul fuerte desaparezca quedando un color blanco.

Para tener el valor de peróxidos o índice de peróxidos en miliequivalentes, que es como se expresa, los resultados obtenidos en cuanto a ml de tiosulfato gastados fueron sometidos a la siguiente fórmula:

$$\text{meq. de peróxidos/ 1000 g muestra} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{P}$$

donde: S = ml gastados de tiosulfato de sodio en el blanco

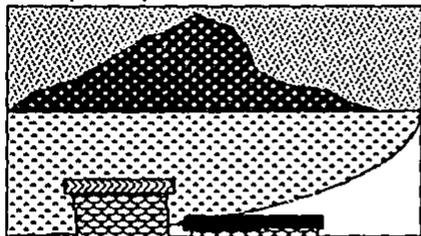
B = ml gastados de tiosulfato de sodio en la muestra

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

P = peso de la muestra

---

Los fundamentos de las técnicas, material y equipo utilizados se dan en los anexos 1y2.



*Capítulo V*  
Resultados y  
Discusión

## V.- RESULTADOS Y DISCUSION.

### 5.1 RESULTADOS DE LA AUDITORIA EXTERNA.

#### 5.1.1 Auditoría de los Centros Comerciales.

Se hizo auditoría de mercados en la zona norte y sur del Distrito Federal, donde se visitaron diferentes Centros Comerciales:

Aurrerá, Superama, Comercial Mexicana, Gigante, Blanco, El Sardinero, Tienda UNAM, Sumesa; donde se observaron diferentes prácticas de manejo del producto, como:

#### **Surtido**

#### **Limpieza y orden de anaqueles**

#### **Localización del producto**

#### **Rotación del producto**

#### **Estado del empaque**

#### **Surtido:**

En general, no se encontró que tuvieran en existencia un buen surtido del producto, ya que en la mayoría de los Centros Comerciales visitados existía un mismo tipo de producto y en la misma presentación (Frito con sal, Sazonado).

El producto con menor existencia fue el de tipo japonés, ya que solamente fue encontrado en Blanco y el Sardinero.

Se comprobó que las presentaciones en lata y frasco son las de menor existencia en el mercado.

#### **Limpieza y orden de anaqueles:**

La mayoría de estos Centros Comerciales, presentaron limpieza y orden en los anaqueles, ya que el producto estaba colocado en forma ordenada con respecto a su clave, es decir, en la parte anterior del anaquel se encontraban las muestras con clave antigua. Además de que estaba ordenado de acuerdo al tipo y presentación existentes.

### **Localización del producto:**

Los anaqueles tenían una mala localización debido a que se encontraban en la mayoría de los casos en lugares poco visibles, tenían un espacio muy reducido y normalmente el producto se encontraba en estantes inferiores junto a productos de la competencia, los que presentaban gran espacio ocupado y un buen surtido.

### **Rotación del producto:**

En la mayoría de los Centros Comerciales se encontró una buena rotación del producto, ya que el 63.86% de las 83 muestras recolectadas presentaron de 1 a 3 meses de elaboradas, el 32.53% a las comprendidas entre 4 y 6 meses, el 1.20% a una con 7 meses de elaborada, el 1.20% a una sin clave marcada y sólo una muestra presentó un periodo de 1 año 5 meses de producida (cacahuete Frito en mezcla de dos cacahuates diferentes y pepitas) correspondiente al 1.20%.

### **Estado del empaque:**

Se encontraron en buenas condiciones la mayoría de los productos, entendiéndose por buenas condiciones: marcada la clave correctamente, envase o empaque en buen estado ( sin picaduras visibles, cierre adecuado), limpios y bien etiquetados.

No obstante a lo anterior, se encontró que en ciertos Centros Comerciales había productos como el cacahuete tipo japonés con clave de impresión antigua, la presencia de etiquetas descontinuas (cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón), sobres sucios y abiertos, anaqueles desordenados, latas aplastadas , abolladas y sucias (Sumesa-Tlalpan).

### 5.1.2 Análisis Físicos y Químicos de los productos recolectados.

A todas las muestras recolectadas se les hicieron las pruebas físicas y químicas mencionadas en la metodología obteniéndose los siguientes resultados :

De las 83 muestras recolectadas el 67.47% ( 56 muestras )no presentaron fugas, de las cuales 10 son de cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón (17.86%),13 pertenecen al cacahuete frito en mezcla de dos cacahuates diferentes y pepilas (23.21%), 23 al cacahuete sazonado (41.07%) y 10 al cacahuete frito con sal (17.86%).

De estas 56 muestras sin fuga solamente el 5.36% presentó un valor elevado de peróxidos (superior a 2.5meq.), que corresponde a los cacahuates sazonado y frito con sal en presentación de laminado de 150g con 1 mes y 3 meses de elaboración respectivamente. Lo que es importante, porque a pesar de que tienen poco tiempo de elaboración (menor de 4 meses), presentan elevado contenido de peróxidos, lo que probablemente pueda deberse a:

- a) al cacahuete ( materia prima ya oxidada ) .
- b) al aceite .
- c) algún paso en el proceso .

Mientras que el 32.53% de las muestras recolectadas sí presentaron fugas, las que pueden ser por picaduras o por mal cierre. Dentro de las picaduras se tienen las intencionales y las producidas por mal manejo del producto; en cuanto a las de mal cierre pueden ser por falta de sellado en laminados o por falta de vacío en latas y frascos. Así se tiene que :

El 14.81% de éstas son por picaduras Intencionales.

El 37.04% son por mal manejo del producto.

El 18.52% son por mal cierre en los laminados, principalmente en el cacahuete sazonado con mezcla de chiles y limón.

El 29.63% son por falta de vacío, principalmente en frascos.

Con ésto se puede apreciar que es elevado el porcentaje de fugas ya que tres de cada diez muestras presentan este problema, lo que afecta a la empresa por ser consideradas como pérdidas.

El porcentaje más elevado de este problema fue por mal manejo del producto seguido de la falta de vacío en frascos.

En cuanto a los resultados de la prueba de humedad, el 19.28% de las muestras recolectadas tuvieron un valor mayor de 1.5% de humedad (establecido por estándares de la empresa), de las que el 43.75% corresponden a muestras con fugas, mientras que el 56.25% a las que no presentan fugas, de donde :

2 muestras son de cacahuate frito en mezcla de dos cacahuates diferentes y pepitas en presentación de laminado de 300g con 1 y 5 meses de elaboración, que corresponde al 22.22%.

4 muestras de cacahuate sazonado en presentación de frasco de 190g con 2,4 y 7 meses de elaboración, que representan el 44.44%.

3 muestras de cacahuate frito con sal en presentaciones de laminado de 300g con 3 y 4 meses de elaboración correspondiente al 33.33%.

Las pruebas sensoriales de todos estos productos sirvieron de apoyo para establecer que, aproximadamente, a partir de los 6 meses de elaboración del producto, éste presenta características de apariencia, aroma, color y sabor no aceptables para su consumo. Esto siempre y cuando las condiciones de almacenamiento hayan sido adecuadas, es decir, que la muestra no haya presentado fugas.

Con la determinación del % de oxígeno residual se corroboró la presencia de fugas en laminados, al ser éste elevado; como es el caso del cacahuate frito en mezcla de dos tipos y pepitas en presentación de laminado de 300 g, que al tener una fuga ( intencional ) presentó un 20 % de oxígeno residual, valor que está muy por encima del óptimo para este tipo de laminado ( 9- 11 % de oxígeno residual ).

El vacuómetro ayudó a la determinación del vacío de latas y frascos, para ver las condiciones a las que se encontraban dichas muestras.

## **5.2 RESULTADOS DE LA AUDITORIA INTERNA.**

### **5.2.1 Análisis Físicos y Químicos de las muestras.**

Las muestras tomadas de la planta, recién procesadas fueron divididas en dos grupos:

**1.-Sometidas a vida acelerada.**

**2.-Sometidas a vida de anaquel o campo.**

Los resultados obtenidos se colocaron en tablas y con ellos se elaboraron gráficas de meq. de peróxidos/ 1000g muestra vs tiempo de almacenamiento, en las cuales se podrá observar el comportamiento de los diferentes productos sometidos a las pruebas (vida acelerada y vida de anaquel). En las mismas tablas también se reportan los valores de % de oxígeno, % de humedad de cada producto, para dar una información más completa sobre el mismo. Se dan además, tablas de resultados de las pruebas sensoriales realizadas para cada producto en cada grupo de muestras, con sus respectivas escalas de calificaciones, en donde se confirman los resultados químicos, siendo tomadas en cuenta como complemento importante, para la discusión de los resultados. -

También se incluyen resultados de dos lotes de cacahuates que fueron sometidos a las mismas pruebas pero se les denominaron como "proceso especial", debido a que este producto se metió al tostador sin previo reposo, esto con el fin de ver como influye en sus características físicas y químicas.

Además se dan los resultados de dos lotes de cacahuates que fueron sometidos a vida acelerada para ver su comportamiento en un menor tiempo, pero estos cacahuates fueron cocinados con una mezcla de aceites (girasol/soya), con el fin de ver y comparar su comportamiento con respecto a las muestras tratadas con el aceite de uso normal (cártamo).

Las características físicas generales de deterioro de los diferentes tipos de cacahuates son:

**1.- Cacahuete Sazonado.-** El primer paso de deterioro es el desprendimiento de especias por que se resecan los cacahuates en su superficie, se presenta además un olor penetrante a especias, acentuándose el sabor a sal; posteriormente pierde su sabor característico y su textura se torna blanda. El sabor y olor rancios no son fácilmente perceptibles.

**2.- Cacahuete Frito con sal.-** Hay pérdida de brillo en su apariencia, se percibe un olor a aceite que va de ligero a fuerte, el cacahuete se torna blando en su textura, presentándose este cambio incluso en su sabor. Finalmente se perciben olor y sabor rancios.

**3.- Cacahuete Sazonado con mezcla de chiles y limón.-** Hay pérdida de brillo en su apariencia, empieza a desprenderse el chile de los cacahuates hasta llegar a un desprendimiento total, debido a la pérdida superficial de agua del cacahuete (secos), el sabor a limón es afectado sufriendo cambios que provocan un sabor ácido más fuerte. Se decoloran, además de hacerse penetrante su olor a chile. Finalmente se llega a percibir el sabor rancio.

**4.- Cacahuete Frito en mezcla de dos tipos y pepitas.-** Hay pérdida de brillo en su apariencia, se desprende la sal del cacahuete y la pepita se torna seca; posteriormente hay presencia de aroma a aceite tornándose rancio. Se distingue fácilmente el sabor y olor rancios, la pepita presenta un sabor amargo.

Todas estas características pueden ser apreciadas en las tablas que posteriormente se presentan de cada uno de los productos, en sus diferentes presentaciones y en las dos vidas a que fueron sometidos, sirviendo como apoyo a las pruebas químicas realizadas a los mismos productos, (para su interpretación es conveniente consultar las escalas de calificaciones de cada tipo de producto mostradas en el anexo 3 ).

### 5.2.1.1 Resultados y discusión de vida acelerada.

#### 1.- Cacahuete Sazonado.

Como se observa en las tablas 1A,B y C el valor del índice de peróxidos alcanzado en su punto máximo, para este producto, en sus tres presentaciones, fue entre 1.8 y 2.8 meq./kg. Estos valores corresponden a un tiempo en vida acelerada de 16 días para el laminado de 150 g y de 8 días para el laminado de 300g y el frasco de 190g. Como se puede ver en la figura 1.

Los valores de índice de peróxidos alcanzados, en las tres presentaciones estuvieron en función de la cantidad de los ácidos grasos presentes en el cacahuete. En el caso del laminado de 150g el índice de peróxidos alcanzado fue menor, ya que posiblemente la materia prima (cacahuete), utilizada para su elaboración, presentó un contenido menor de éstos. Esto se debe a que la composición química de un producto de origen natural no es exactamente igual de un lote a otro.

Otra razón por la cual el índice de peróxidos de una presentación a otra varía de 1.8 a 2.8 meq./kg, es que el contenido de ácidos grasos insaturados en el cacahuete está en función de su naturaleza y de las condiciones climáticas a lo largo de su crecimiento, investigación reciente que se reportó en los artículos citados a continuación (11,12,45).

Se sabe que la formación de peróxidos depende del ataque del oxígeno a los ácidos grasos (5,19,43), siendo más fácil el ataque a las dobles ligaduras que a las simples (5,29), por lo tanto si se tiene un lote de cacahuates que contengan menor cantidad de ácidos grasos insaturados, su descomposición es más lenta, ya que las fases de iniciación y propagación están limitadas al contenido de dobles ligaduras (19). Lo que posiblemente explique las diferencias entre los valores máximos alcanzados por las tres presentaciones en cuestión.

Otro factor que influye en estos valores, es la cantidad de oxígeno con la que reaccionan los ácidos grasos insaturados presentes en las muestras (12,18,19), a lo largo de todo el proceso a que se ven sometidos, siendo la etapa del rostizado un punto crítico, ya que se sabe que también la temperatura aumenta la velocidad de las reacciones (12,19), de forma que el producto sale de este proceso con un contenido determinado de radicales libres y peróxidos formados, de los cuales depende el índice de peróxidos alcanzado inicialmente (0- 0.2meq./kg, en estos casos) y que va a determinar el índice de peróxidos alcanzado a lo largo de su vida en el empaque, así como la cantidad de oxígeno a la que está expuesto dentro del mismo.

Por otro lado, en la tablas 1A y 1B también se muestran los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de oxígeno que esta en función del volumen del empaque, en las que se observa claramente que el porcentaje de oxígeno durante los primeros días es elevado y conforme transcurrió la prueba va descendiendo hasta alcanzar un nivel más o menos estable (12,18). Esto se debe a que a lo largo de su vida dentro del empaque, una cantidad de oxígeno en esta atmósfera, reacciona con los ácidos grasos insaturados promoviendo paralelamente a los radicales provenientes del rostizado y las reacciones de descomposición.

Otro de los factores que influye en la oxidación de los lípidos, es la actividad de agua, que en cierta forma esta relacionada con la humedad del producto (18). La actividad de agua (Aw), en este caso determina el grado de interacción del agua con los lípidos y es una medida indirecta del agua disponible, para llevar a cabo las reacciones de oxidación de los lípidos a las que esta sujeto este producto (5,32). Dicha agua tiene una compleja interacción con los lípidos durante estas reacciones (5). Aparentemente estas reacciones se efectúan fácilmente cuando la actividad de agua del producto es muy baja (0.1) o relativamente alta (0.6-0.8), ya que los lípidos quedan expuestos directamente al oxígeno presente, considerando que el agua en el producto tenga función protectora y dificulte dicha interacción (18,32).

Cabe mencionar que durante la descomposición de los hidroperóxidos se lleva a cabo la formación de agua (18), que contribuye al aumento de la actividad de agua o de la humedad. Esto posiblemente, ayude a que las reacciones de oxidación de los lípidos se lleven a cabo con más rapidez, si es que exceden el valor de 0.6. La elevación de la actividad de agua

a estos niveles puede producir un efecto catalizador, ya que una de las propiedades del agua es la de formar puentes de hidrógeno con el oxígeno de ese microambiente, lo que puede provocar una mejor interacción entre el oxígeno ligado al agua y los lípidos (19, 36).

Como se puede observar en la tabla 1C, la humedad aumentó conforme transcurrió el tiempo de la prueba y conforme avanzó la producción de peróxidos y la descomposición de los mismos, lo cual confirma en cierto grado la hipótesis anterior.

Por otra parte, no se observa un comportamiento similar en las tablas 1A y 1B, esto es debido a que la actividad de agua no siempre puede medirse en función del porcentaje de humedad de una forma tangible.

El comportamiento mostrado en la tabla 1C, es de mejor interpretación posiblemente, debido a que el frasco tiene una mayor efectividad protectora del producto que el laminado, por lo tanto, el comportamiento de las reacciones es más confiable de interpretarse en este caso.

En lo que se refiere al tiempo de vida acelerada de las tres presentaciones de este producto, se observa en la figura 1 que alcanzan su punto máximo en 16 días el laminado de 150g y en 8 días el laminado de 300g y frasco de 190g, lo que se debe a que el patrón de comportamiento de estas reacciones no es el mismo en todos los casos, por tratarse de reacciones al azar (19), pudiendo alcanzar un índice de peróxidos alto, como es el caso del laminado de 300g y frasco de 190g, o bien, que la reacción se lleve a cabo de forma más lenta y no haya tiempo de acumular una cantidad de peróxidos tan alta (laminado de 150g).

Un factor que puede explicar la misma duración en la vida acelerada del cacahuate empacado en frasco de 190g y el laminado de 300g, es la interacción de la luz con el producto, en el caso del frasco, ya que es bien conocido que este factor influye en la iniciación y propagación de las reacciones de oxidación (5), así como en la velocidad de descomposición de los hidroperóxidos (19). Al mismo tiempo, el empaque del laminado, no ofrece la misma protección al producto que el frasco, lo que hace que posiblemente distintos factores (temperatura, humedad, oxígeno, etc.) actúen sobre el producto con la misma efectividad (59).

Como se puede observar en la tabla 2A las características sensoriales del cacahuete en los primeros días de su vida acelerada son aceptables. Conforme el tiempo transcurre , las características de deterioro de este producto se ven reflejadas en el aumento de los valores de cada atributo, de tal forma que en los días 8 a 13 ya empiezan a presentar cambios, tanto en el sabor como en la apariencia y a partir de los 16 días hay un cambio marcado de estas, presentándose características claras de deterioro como la textura blanda del cacahuete, al grado que se refleja en su sabor, así como la pérdida de su brillo característico. Indicando esto que el producto empieza a mermar y a no ser aceptado por el consumidor hasta llegar a niveles de rancidez.

Como se ve en la tabla 1A, el punto máximo de peróxidos de este producto se presenta a los 16 días de almacenamiento en vida acelerada, y con lo anterior se comprueba que hay un apoyo por parte de las pruebas físicas a las características químicas del producto, dándonos una visión general de deterioro .

En la tabla 2B no se muestra tan marcadamente el cambio de las características sensoriales del producto, pero sí hay un cambio de estas a lo largo de los días cercanos al punto máximo de peróxidos mostrado en la figura 1, esto debido quizá a que el tipo de cacahuete enmascara los sabores de deterioro de las grasas del cacahuete, por los condimentos que contiene. Lo que sucede también con el producto de la tabla 2C, el que inicia características de deterioro en días posteriores a su punto máximo de peróxidos.

TABLA I

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA ACCELERADA PARA EL CACAHUATE SAZONADO.

	Días	CO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./1000g.muestra) (promedio)
A	LAMINADO 150g				
	0	8.1	----	1.6	0.1
	1	3.0	----	1.7	0.3
	5	1.6	----	1.3	0.7
	6	2.6	----	1.3	0.9
	8	3.4	----	1.6	1.1
	9	3.6	----	1.6	1.2
	12	3.0	----	1.0	1.3
	13	3.0	----	1.6	1.7
	16	2.6	----	1.6	1.8
B	LAMINADO 300g				
	0	7.2	----	1.6	0.1
	1	7.4	----	1.8	0.2
	2	4.2	----	1.6	0.6
	3	5.2	----	1.8	1.3
	4	4.0	----	1.6	1.8
	7	2.0	----	1.8	2.5
	8	2.0	----	1.8	2.8
	9	2.0	----	1.8	2.6
	14	1.1	----	1.6	1.8
C	FRASCO 150g				
	0	--	16.0	1.4	0.2
	1	--	13.0	1.4	0.9
	2	--	16.0	1.4	1.3
	3	--	21.0	1.4	1.8
	6	--	20.0	1.6	1.8
	7	--	12.0	1.8	2.2
	8	--	21.0	1.8	2.6
	9	--	16.0	1.6	3.4
	10	--	14.0	1.6	2.1
13	--	22.0	1.8	1.6	
15	--	21.0	1.9	1.4	
16	--	21.8	1.7	1.2	
21	--	18.0	1.6	0.8	
22	--	11.0	2.0	0.6	
23	--	22.0	2.1	0.4	
24	--	19.0	1.8	0.2	
26	--	20.0	1.8	0.1	
28	--	18.5	1.9	0.1	

**FIGURA 1.**  
**GRAFICAS DE VIDA ACELERADA vs TIEMPO PARA CACAHUATE SAZONADO.**

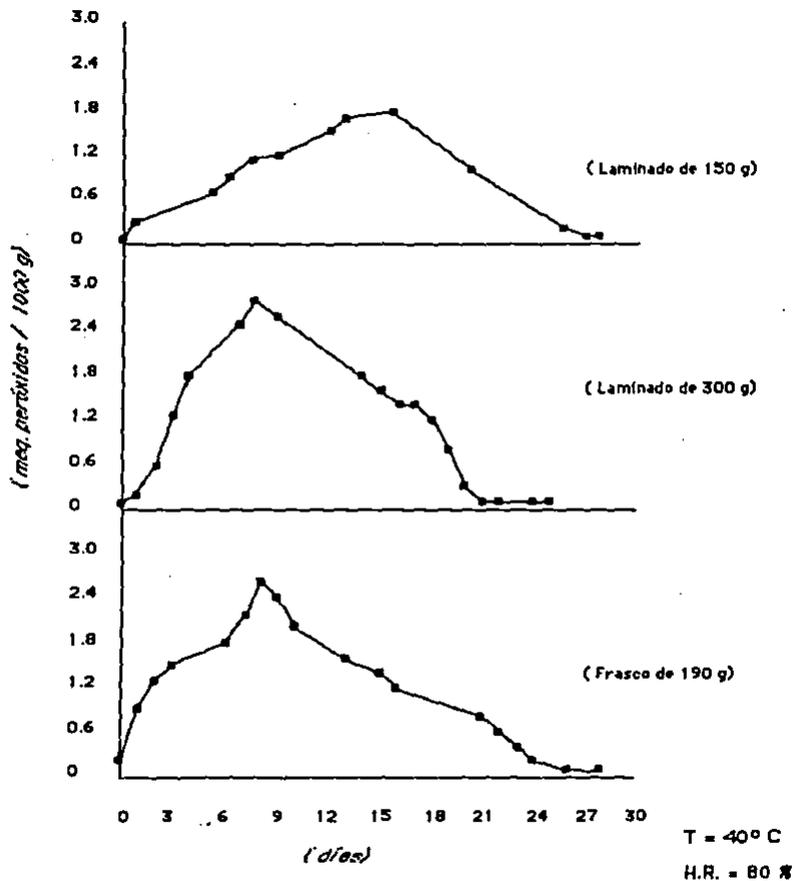


TABLA 2

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE SAZONADO.

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber	
A	LAMINADO 150g	0	2	1	2	1
	1	2	1	2	1	
	3	3	2	2	1,3	
	6	2	2	2	1,3	
	8	3	2	2	2,3	
	9	3	2	2	2,3	
	12	3	2	2	2,3	
	13	4	2	2	2,3	
	16*	4	3	2	5	
	20	4,5	3	2	5	
24	5	4	2	7		
27	5	4	2	7		
28	5	4	4	8		
B	LAMINADO 300g	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
	2	2	2	1	1,2	
	3	3	2	1	2,3	
	4	3	2	2,3	2,3	
	7	4	2	2,3	2,3	
	8*	4	2	2,3	3	
	9	4	2	2,3	3	
	14	4	2	2,3	3	
	15	4,5	2	2	3	
	16	4,5	2	2,3	3	
	17	4,5	2	2,3	3,4	
	18	4,5	2	2,3	3,4	
	21	4,5	3	2	7	
	22	4,5	3	2,3	7	
23	4,5	4	2,3	8		
24	4,5	4	2,3	8		
25	4,5	4	2,3	8		
26	5	4	2,3	8		
27	5	4	2,3	8		
C	FRASCO 150g	0	1	1	2	1
	1	1	1	2	1	
	2	1	1	2,3	1	
	3	1	1	2,3	1	
	6	1,2	1	2,3	1	
	7	3	2	2,3	2	
	8*	3	2	2,3	2,3	
	9	4	2	2,3	2,3	
	10	4	2	2,3	2,3	
	13	4	2	2,3	3	
	15	4	2	2,3	3	
	16	4,5	2	2,3	3	
	21	4,5	3	2,3	5	
	22	4,5	3	2,3	5	
	23	4,5	3	2,3	7	
24	4,5	4	2,3	7		
26	4,5	4	2,3	8		
28	4,5	4	2,3	8		

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

## 2.- Cacahuete Frito con sal.

Como se observa en las tablas 3A y B el punto máximo de peróxidos para este producto en dos presentaciones: laminado de 150g y de 300g fue de 1.90 a 2.1 meq./kg. Estos valores corresponden a un tiempo en vida acelerada de 8 días, como se puede observar más claramente en la figura 2.

En este caso los valores de índice de peróxidos alcanzados estuvieron en función de la cantidad de aceite en el cacahuete y del aceite usado en el proceso de elaboración (5). Este último puede afectar al valor de peróxidos en diferente magnitud, dependiendo de las veces que se haya utilizado para la elaboración de distintos lotes del mismo producto (79,81). Esto se comprobó cuando al analizar dos lotes del laminado de 300 g, el lote no reportado por su similitud con el que aparece aquí mostró un valor inicial de 0.6 meq./kg, mientras que el lote de la tabla 3B un valor de 0.2 meq./kg; lo que se debió posiblemente a que el aceite usado en el primer lote tenía más tiempo en el mismo proceso, incrementando así el valor de peróxidos. Este factor influyó en el comportamiento del producto a lo largo de la prueba, ya que se obtuvieron valores más elevados de peróxidos que en caso del lote de la tabla 3B, pero con respecto a la forma de la curva obtenida de graficar meq. de peróxidos / Kg muestra vs tiempo, no hubo diferencia.

El comportamiento del laminado de 150g es muy similar al que se observa en el laminado de 300g, tendiendo a mantener una velocidad constante en la formación de peróxidos (figura 2 ).

Por otra parte, en la misma figura también se observa el comportamiento del producto en laminado de 150g, procesado con una mezcla de aceites (girasol/soya). Aquí la gráfica muestra un comportamiento distinto al del laminado de 150g (proceso especial), obteniéndose el punto máximo de peróxidos (1.5 meq./kg) a los 14 días en vida acelerada, que representa casi el doble del obtenido en el producto procesado con aceite de cártamo.

En el caso del lote de la tabla 3A se omitió un paso en el proceso de elaboración (reposo antes de meterlo al rostizador), por lo que se le denominó " proceso especial ". Esta alteración en el proceso no significó ningún cambio en el comportamiento químico esperado.

En cuanto a la presentación en lata de 200g , la tabla 4A muestra que el punto máximo de peróxidos fue de 2.5 meq./kg a los 12 días en vida acelerada. Esto se debe a que el tipo de empaque ofrece una mejor protección al producto contra factores como la luz, temperatura, humedad, acción mecánica, etc. (59), lo que repercute en su mayor duración. En la gráfica 2 se observa claramente un ascenso rápido de los peróxidos desde el día cero al día tres en vida acelerada, a partir del cual hubo un descenso en la velocidad de reacción hasta alcanzar el punto máximo.

Al igual que el producto anterior (cacahuete sazonado), en el caso del laminado de 150g con mezcla de aceites (girasol/soya) (tabla 4B) el comportamiento mostrado por los niveles de oxígeno a lo largo de la prueba fue descendente hasta llegar a un nivel estable; dicho comportamiento confirma el consumo de oxígeno por parte del producto, colaborando con las reacciones de deterioro. En el caso del laminado de 150g " proceso especial " (tabla 3A) y el laminado de 300g (tabla 3B), este comportamiento no se observa tan claramente debido a que los niveles iniciales de oxígeno, no fueron los indicados por el rango óptimo (para 150g de 7-9% de oxígeno y para 300g de 9-11% de oxígeno). En cuanto a los valores de vacío mostrados en la tabla 4A , se puede decir que debido a que se encuentran dentro del rango óptimo ( 18-20 inHg), el factor oxígeno influyó en menor proporción en el deterioro de los lípidos, prolongando su vida a lo largo de la prueba.

En las tabla 3A se aprecia claramente que la humedad del producto aumentó al transcurrir el tiempo de la prueba, haciéndole posible que la actividad de agua en dicho producto influyera en la velocidad de las reacciones oxidativas. En la tabla 3B el comportamiento tiende a ser el mismo, aunque no se observa tan claramente como en el caso de la anterior.

En cuanto al producto de la tabla 4B la humedad tendió a mantener el mismo nivel a lo largo de toda la prueba, lo que puede explicarse por el uso de la mezcla de aceites (girasol/soya), que influyó en que el comportamiento del producto fuera diferente al de los demás; posiblemente porque entre los productos de descomposición no figuró el agua, en igual proporción que para los demás casos.

Para la lata de 200g (tabla 4A ), la humedad se comportó de manera más o menos constante, lo que puede explicarse por la baja presión de oxígeno que existió durante toda la prueba (vacío de 18 inHg - 20 inHg). Esto posiblemente provocó que el oxígeno se comportará como " un reactivo limitante " en la formación de peróxidos (17) y por lo tanto a que los productos de descomposición de éstos estuvieran en cantidades limitadas, entre ellos, el agua.

Hablando de las pruebas sensoriales de este tipo de cacahuete, se puede ver tanto en las tablas 5A, 5B y 6A que hay una clara presencia de las características de deterioro del cacahuete ( principalmente en su sabor, que ya no es el deseable y en su apariencia que es opaca, así como en su aroma que es a aceite ) en los días 8 y 12 en vida acelerada que corresponden, aproximadamente, a los puntos máximos de peróxidos de las tablas 3A , 3B y 4A, respectivamente. Así como en la tabla 6B se puede apreciar que en el producto cocinado con la mezcla de aceites (girasol/soya) no se ven afectadas significativamente sus características sensoriales con respecto a los productos de elaboración normal.

En los días posteriores al punto máximo de peróxidos de los productos de la figura 2, las características sensoriales de deterioro son más marcadas, llegando incluso al final a niveles de no aceptación, lo que se puede apreciar en las tablas 5 y 6.

TABLA 3

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.

	Días	SO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./ 1000g. muestra) (promedio)	
A	LAMINADO 150g					
	PROCESO ESPECIAL	0	4.4	----	1.0	0.2
		1	1.4	----	1.2	0.6
		3	2.0	----	1.4	1.1
		7	1.3	----	1.6	1.7
		8	1.4	----	1.6	1.9
		13	1.0	----	1.7	1.0
		16	1.6	----	1.8	0.8
		21	1.3	----	1.8	0.2
		23	1.3	----	1.8	0.1
		26	1.8	----	1.8	0.1
B	LAMINADO 200g					
		0	2.0	----	1.1	0.2
		2	2.0	----	1.8	0.8
		6	2.6	----	1.9	1.7
		8	1.6	----	2.1	2.1
		9	1.2	----	2.1	1.8
		12	1.2	----	2.2	1.4
		15	1.2	----	2.1	1.2
		14	1.6	----	2.4	1.0
		19	1.4	----	2.2	0.6
		20	1.7	----	2.0	0.4
		21	1.4	----	2.0	0.2
		26	1.2	----	2.0	0.1
	27	1.8	----	2.2	0.1	
	28	1.2	----	2.0	0.1	

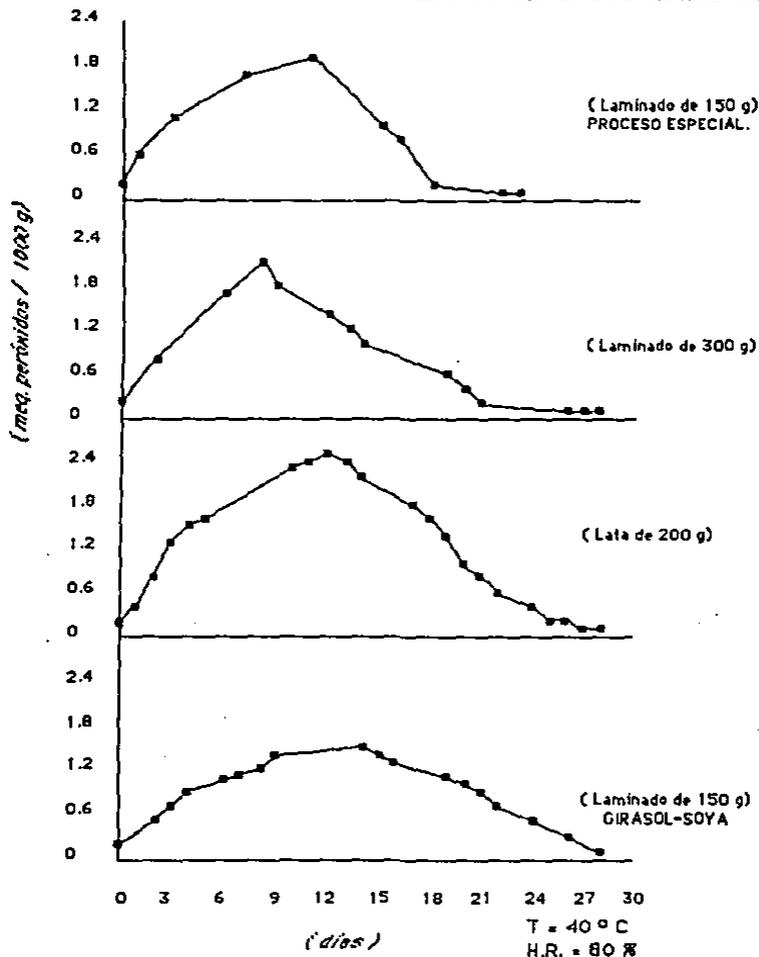
TABLA 4

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.

Días	CO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (med./ 100g.muestra) (promedio)
0	--	20.0	1.4	0.2
1	--	19.0	1.3	0.4
2	--	20.0	1.4	0.8
3	--	19.3	1.8	1.3
4	--	20.0	1.4	1.3
5	--	18.0	1.4	1.6
10	--	20.0	2.0	2.3
11	--	20.0	1.4	2.4
12	--	20.0	1.2	2.3
13	--	20.0	1.2	2.4
14	--	19.0	1.4	2.2
17	--	20.0	1.2	1.8
18	--	20.0	1.0	1.6
19	--	20.0	1.0	1.4
20	--	20.0	1.2	1.0
21	--	20.0	1.2	0.8
22	--	20.0	1.2	0.6
24	--	20.0	1.2	0.4
25	--	20.0	1.2	0.2
26	--	20.0	1.4	0.2
27	--	20.0	1.6	0.1
28	--	20.0	1.4	0.1

Días	CO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (med./ 100g.muestra) (promedio)
0	4.8	---	1.4	0.2
2	3.0	---	1.4	0.5
3	3.0	---	1.4	0.7
4	3.0	---	1.3	0.9
6	2.0	---	1.3	1.0
7	3.0	---	1.5	1.1
8	2.0	---	1.5	1.2
9	2.0	---	1.3	1.4
14	2.0	---	1.4	1.6
16	1.9	---	1.7	1.4
18	2.1	---	1.3	1.3
19	2.2	---	1.4	1.1
20	2.0	---	1.5	1.0
21	1.9	---	1.4	0.8
22	2.2	---	1.4	0.7
23	2.2	---	1.3	0.5
24	3.0	---	1.3	0.4
26	2.8	---	1.3	0.4
28	2.8	---	1.3	0.1

**FIGURA 2**  
**GRAFICAS DE VIDA ACELERADA vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**



**TABLA 5**

**RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
<b>A</b>	LAMINADO 150g				
	PROCESO ESPECIAL				
	0	2	1	1	1
	1	2	1	2	1
	3	2	1	1	1
	7	3	2	2	3
	8*	4	2	2	4
	15	4,3	2	2	4
	16	4,3	2	2	4,5
	21	5	3	2	4,5
23	5	3	2,2	5	
26	5	3	2	6	
<b>B</b>	LAMINADO 300g				
	0	2	1	2	1
	2	2	2	2	3
	6	2	2	2	3
	8*	3	2	2	4
	9	4	2	2	4
	12	4	2	2	4
	13	4	3	2	4
	14	4,3	2	2	3,4
	19	4,3	3	2	3,4
	20	4,3	3	2	3
	21	4,3	3	2	5
	26	4,3	3	2	5
	27	5	4	2	6
28	5	4	2	6	

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

**TABLA 6**

**RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA ACCELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**

		Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
<b>A</b>	<b>LATA 200 g</b>	0	2	1	2	1
		1	2	1	2	1
		2	2	1	2	1
		3	3	2	2	1
		4	3	2	2	1
		5	3	2	2	1
		10	3	2	2	1
		11	3	2	2	1,4
		12 <sup>⊙</sup>	4	2	2	4
		13	4	2	2	4
		14	4	2	2	4
		17	4	2	2	4
		18	4	2	2	4
		19	4,5	3	2	4
		20	4,5	3	2	4,5
		21	4,5	3	2	5
		22	4,5	3	2	5
		24	4,5	3	2	5
		25	4,5	4	2	5
		26	5	4	2	5
		27	5	4	2	6
		28	5	4	2	6

<b>B</b>	<b>LAMPARADO DE 150 g (GRASOL-SOYA)</b>	0	1	1	1	1
		1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1
		3	2	1	1	1
		4	2	1	1	1
		6	2	1	1	1
		7	2	1	1	1
		8	2	1	1	1
		9	2	1	1	1
		14 <sup>⊙</sup>	3	1	1	1
		15	4	1	1	1
		16	4	1	1	1
		19	4,4,5	1	1	1
		20	5	1	1	1
		21	5	1	1	1
		22	5	1	2	1
		24	5	1	2	1
		26	5	4	2	1
		28	5	4	2	1

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

⊙ = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

### 3.- Cacahuete Sazonado con mezcla de chiles y limón.

En la tabla 7 se observa el comportamiento del producto durante la prueba de vida acelerada. En éste caso, el valor máximo de peróxidos alcanzado fue de 2.1 y 2.6 meq./Kg, los que equivalen a 13 y 8 días respectivamente para los laminados. También se puede observar que el valor inicial de peróxidos fue relativamente alto en el producto de la tabla 7A (0.6 meq./Kg) y bajo en el de la tabla 7B ( 0.2 meq./Kg), lo que puede establecer una diferencia en el comportamiento posterior, que se confirma en sus respectivas gráficas (figura 3 ) , ya que la velocidad de formación de peróxidos en el primer producto fue más lenta que en el caso del segundo.

Como se puede observar en dichas tablas (tabla 7A y 7B), el comportamiento general del producto denominado "proceso especial " no presentó variación significativa con respecto al mismo producto procesado de forma normal, lo que significa que dicha omisión del paso en el proceso no afectó en su vida acelerada.

El producto en lata de 200g de la tabla 7C mostró en forma general el mismo comportamiento que los productos anteriores, salvo en que el nivel de peróxidos que alcanzó (2.8 meq./Kg), y que como se verá más adelante fue el motivo por el cual alcanzó una mayor duración en vida de anaquel, que se observa en la figura 3.

En cuanto a la humedad del producto, ésta tiende a ser más o menos constante en los tres casos, observándose un ligero aumento en el caso del producto de la tabla 7B. Este tipo de cacahuete, como se verá en la discusión de evaluación sensorial, tendió a absorber la humedad a sus capas internas, pero como se puede ver en los resultados obtenidos en esta determinación, no aumentó el contenido de la misma.

Por otra parte, los niveles de oxígeno en el producto de la tabla 7B, se comportaron de forma similar que en los productos anteriores (cacahuete sazonado y cacahuete frito con sal).

En el caso de la tabla 7A , el producto en cuestión no presentó un nivel de oxígeno adecuado desde el inicio de la prueba, lo cual influyó en su comportamiento, no mostrando el descenso característico antes señalado. Estos resultados posiblemente son consecuencia de la falta de control de calidad en éste aspecto, ya que los datos obtenidos en estos lotes registraron niveles heterogéneos difícilmente interpretables.

Con respecto a la lata de 200g (tabla 7C ) , el vacío sí estuvo en el rango óptimo, lo cual hace que los datos obtenidos en las otras determinaciones (humedad, índice de peróxidos) sean más confiables, ya que se evita la influencia de un factor, como es el oxígeno, en el comportamiento del producto (18).

Este tipo de cacahuete presenta una variedad extensa de cambios en sus características sensoriales ( desde un cambio de color, es decir, decoloración, hasta presencia de olores y sabores rancios) a lo largo de la prueba, presentando cambios ligeros de deterioro antes de los días en los que los productos presentan sus puntos máximos de peróxidos mostrados en la figura 3, este fenómeno se puede apreciar claramente en las tablas 8A y 8B.

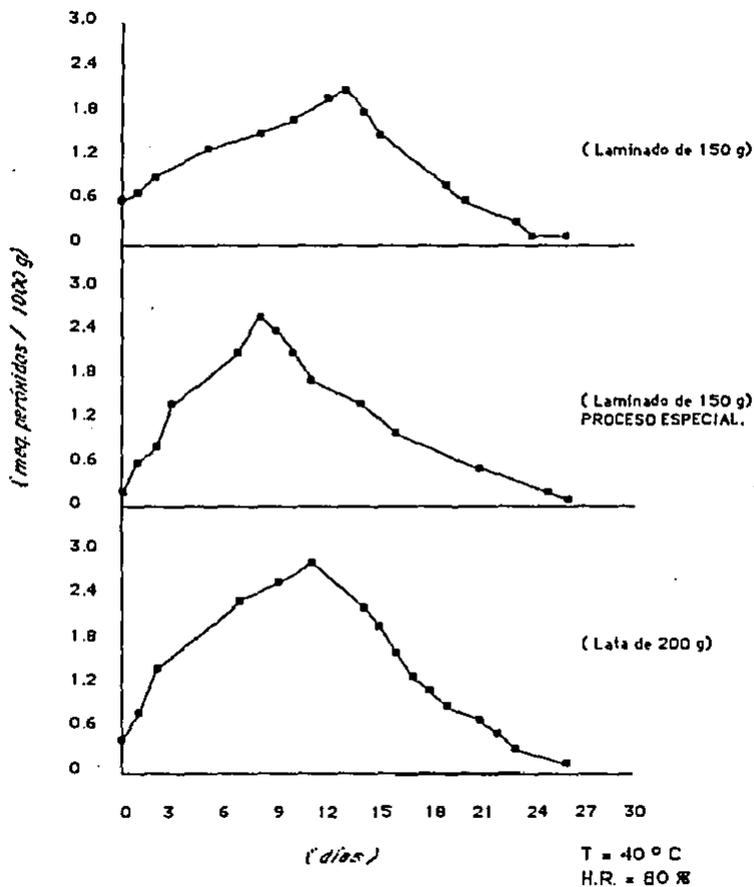
En la tabla 8C correspondiente a los resultados sensoriales del producto empacado en lata, los cambios de deterioro en sus características sensoriales se presentan a partir de los 11 días, donde el sabor húmedo de los cacahuates indica el comienzo de la etapa de descomposición del cacahuete, posteriormente , en los días siguientes se manifiestan las características que lo hacen no aceptable.

TABLA 7

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMON.

	Días	NO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./1000g.muestra) (promedio)
A LAMIADO 150g	0	1.8	----	1.4	0.6
	1	1.2	----	1.8	0.7
	2	1.0	----	1.6	0.9
	3	1.6	----	1.9	1.3
	4	2.0	----	1.4	1.6
	10	2.0	----	1.6	1.7
	12	1.4	----	1.6	2.0
	13	1.4	----	1.4	2.1
	14	1.4	----	1.6	1.8
	15	1.6	----	1.6	1.4
	19	2.0	----	1.2	0.8
	20	2.4	----	1.2	0.6
	23	2.2	----	1.2	0.3
	24	2.1	----	1.3	0.1
26	2.3	----	1.2	0.1	
B LAMIADO 150g PROCESO ESPECIAL	0	4.4	----	1.4	0.2
	1	1.2	----	1.4	0.8
	2	1.4	----	1.6	0.8
	3	1.4	----	1.5	1.4
	4	0.0	----	1.2	2.2
	5	1.8	----	1.6	2.6
	6	1.8	----	1.6	2.4
	10	1.4	----	1.6	2.1
	11	1.6	----	1.5	1.7
	14	1.0	----	1.6	1.4
	16	2.0	----	1.4	1.0
	21	1.2	----	1.6	0.5
	23	1.2	----	1.8	0.2
	26	1.0	----	1.8	0.1
C LATA 200g	0	--	19.0	1.4	0.4
	1	--	20.0	1.4	0.8
	3	--	16.0	1.4	1.4
	7	--	20.0	1.6	2.3
	9	--	20.0	1.4	2.5
	11	--	20.0	1.4	2.8
	14	--	19.0	1.2	2.2
	15	--	19.0	1.2	2.0
	16	--	20.0	1.2	1.6
	17	--	20.0	1.2	1.8
	18	--	20.0	1.2	1.1
	19	--	20.0	1.4	0.8
	21	--	20.0	1.2	0.7
	22	--	20.0	1.0	0.3
23	--	20.0	1.8	0.3	
26	--	20.0	1.8	0.1	

**FIGURA 3.**  
**GRAFICAS DE VIDA ACCELERADA vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO**  
**CON MEZCLA DE CHILE Y LIMON.**



**TABLA B**

**RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMON.**

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
<b>A</b>	0	5	2,3	1	2,3
	1	5	2,3	1	2,6
	2	5	2,3	1	2
	5	5	2	2	2,5
	8	4	3	2	2,5
	10	4	3	2	2,5
	12	4	3	2	2,5
	13*	4	3	3	2,5
	14	4	3	3	5
	15	4	3	3	5
	19	4	3,4	3	5,8
	20	4,5	4	3	5,7
	25	4,5	4	3	5,7
	24	5	4	3	9
26	5	5	3	10	
<b>B</b>	0	1	1,2	1	1,2,3
	1	2	1,2	1	1,3,4
	2	2	1,2	1	1,3,4
	7	3	1,2	1	1,2
	8	3	1,3	1	2,5
	9	4	3	2	2,3
	10	4	3	2	3,6
	11	4	3	2	3,5
	14	4	3	2	5,7
	16	4,5	3	2	5,8
	21	5	4	3	7,9
	25	5	4	3	9
	26	5	5	3	10
	<b>C</b>	0	2	1	1
1		1	1	1	1,2,3
2		3	1	1	1,2,3
7		3	1,2	1	1,2,3,4
8		3	2	1	2,5
11*		4	1,2	1	2,3,5
14		4	1,2	1	2,3,5
15		4	3	2	3,5
16		4	3	2	5
17		4	3	2	5,7
18		4	3	2	5,8
19		4	3	2	5,8
21		4,5	4	3	9
22		4,5	4	3	9
25	4,5	4	3	9	
26	5	5	3	9	

NOTA: (Ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

#### 4.- Cacahuete Frito en mezcla de dos tipos y pepitas.

En las tablas 9A, 9B, 9C se dan los resultados obtenidos para la vida acelerada de éste producto. En sus correspondientes gráficas ( figura 4) se puede observar que el punto máximo en cada uno de ellos fue de 2.4, 1.4 y 2.1 meq./Kg, respectivamente.

El comportamiento fue muy parecido en el caso de los laminados de 300g y 150g , mostrando una velocidad promedio de formación de peróxidos muy parecida ( figura 4 ). Mientras que en la misma figura pero en el producto procesado con la mezcla de aceites (girasol/soya), la velocidad de formación de peróxidos fue más lenta, al igual que en la descomposición de los mismos.

Cabe mencionar que los puntos alcanzados en su nivel máximo de peróxidos corresponden a 8 días para el laminado de 150g, de 14 días para el laminado de 300g tanto el de proceso normal como el elaborado con la mezcla de aceites, como se puede ver en la figura 4.

El comportamiento en los niveles de humedad mostró resultados que llenden a ser constantes en los tres casos, lo cual puede deberse posiblemente a que las muestras analizadas en esta determinación no contenían la misma proporción de los dos tipos de cacahuates y pepitas, las cuales posiblemente contengan diferentes niveles de humedad y, al hacerse la determinación esto sea un factor que contribuya a éste comportamiento constante.

Otro factor puede ser el contenido de ácidos grasos en estos tipos diferentes de cacahuates en el mismo producto (20), ya que los productos de descomposición para los diferentes ácidos grasos también son distintos, lo cual puede repercutir en la producción de agua dentro de estos productos, y por tanto en el comportamiento global del producto en cuestión (36).

El comportamiento de los niveles de oxígeno en la tabla 9C comprueba la hipótesis propuesta para este factor en los demás productos.

En cuanto a los productos de las tablas 9A y 9B, los niveles no muestran una homogeneidad, lo cual se puede deber a la falta de control de calidad en éste aspecto, que ya se mencionó.

Este tipo de cacahuete presentó un comportamiento más conservador con respecto a los cambios en sus características sensoriales, es decir, que quizá por su heterogeneidad hay un balance en el sabor, olor, aspecto, etc. del producto, ya que como se sabe contiene dos tipos de cacahuates diferentes además de pepitas. Lo que se muestra en las tablas 10A y 10B, donde el cambio de sus características sensoriales se presentó en días posteriores a los correspondientes a los niveles máximos de peróxidos vistos en la figura 4.

En el caso del producto cocinado con la mezcla de aceites (girasol/soya), en la tabla 10C se observa que a partir de los días 9 y 16 presenta cambios claros de inicio de deterioro (aparición opaca, olor a aceite, sabor húmedo) en donde, estos días corresponden, aproximadamente, al nivel máximo de peróxidos del producto.

TABLA 9

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA ACCELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.

	Días	CO <sub>2</sub>	Vacio (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./ 1000g muestra) (promedio)
A LAMINADO 150g	0	2.2	----	1.7	0.4
	1	2.3	----	1.5	0.6
	2	1.8	----	1.5	0.8
	3	2.4	----	1.4	1.2
	5	1.8	----	1.4	1.7
	7	2.0	----	1.6	2.3
	8	2.0	----	1.6	2.4
	9	3.0	----	1.8	2.2
	10	2.2	----	1.9	1.8
	11	1.8	----	1.9	1.4
	12	1.7	----	1.9	1.3
	14	1.6	----	2.1	1.0
	15	1.6	----	2.1	0.8
	16	2.0	----	1.9	0.6
	17	2.0	----	1.8	0.6
	18	2.4	----	1.9	0.4
	22	1.0	----	1.6	0.2
	23	2.2	----	1.5	0.2
26	1.4	----	1.6	0.1	
<hr/>					
B LAMINADO 300g	0	1.7	----	1.6	0.4
	2	1.0	----	1.8	0.5
	3	1.0	----	1.8	0.6
	7	1.1	----	1.8	0.8
	8	2.0	----	1.8	0.9
	10	1.7	----	1.8	1.1
	11	1.6	----	1.8	1.2
	14	1.3	----	1.2	1.4
	15	3.3	----	1.2	1.2
	16	2.4	----	1.4	1.0
	17	1.6	----	1.6	0.9
	18	2.8	----	1.8	0.8
	21	2.2	----	1.4	0.6
	22	1.6	----	1.4	0.4
	25	1.2	----	2.1	0.2
28	1.5	----	2.0	0.1	
<hr/>					
C LAMINADO 300g MEZCLA DE ACEITES (GIRASOL/SOYA)	0	9.3	----	1.3	0.2
	1	8.8	----	1.3	0.3
	2	9.0	----	1.3	0.4
	3	6.0	----	1.4	1.0
	4	5.0	----	1.4	1.0
	5	4.0	----	1.5	1.2
	7	4.0	----	1.6	1.3
	8	5.0	----	1.6	1.5
	9	3.0	----	1.6	1.6
	14	3.0	----	1.6	2.1
	16	3.6	----	1.4	2.0
	18	5.0	----	1.9	1.9
	20	3.2	----	1.8	1.6
	22	3.9	----	1.5	1.1
	24	4.3	----	1.5	0.9
26	5.4	----	1.6	0.6	
28	3.2	----	1.6	0.3	

**FIGURA 4.**  
**GRAFICAS DE VIDA ACCELERADA vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE FRITO EN**  
**MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.**

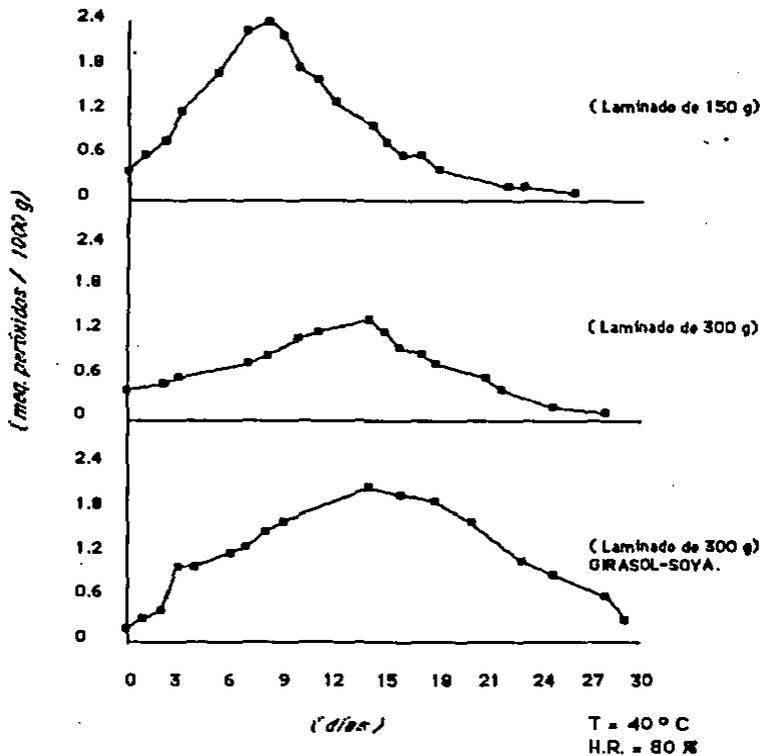


TABLA 10

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA ACCELERADA PARA EL CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
A LAMIADO 150g	0	2	1	1	1
	1	2	1	1	1
	2	2	1	2	1
	3	2	1	2	1,2
	5	3	2	2	2,3
	7	4	2	2	3,4
	9*	4	2	2	3,4
	9	4	2	2	3,4
	10	4	2	2	3,4
	11	4	2	2	3,4
	12	4	2	2	3,4
	14	4,5	2	2	3,5
	15	4,5	2	2	3,5
	16	4,5	3	2	3,5
17	5	3	2	3,6	
18	5	3	2	3	
22	5	4	2	6	
23	5	4	2	7	
26	5	4	2	7	
B LAMIADO 300g	0	5	1	1	1
	2	5	1	1	1,4
	3	5	1	2	1,4
	7	5	2	2	1,4
	9	5	2	2	2
	10	5	2	2	2
	11	5	2	2	3
	14	4	2	2	3,4
	15	4	2	2	3,4
	16	4	2	2	4
	17	4	3	2	3,5
	18	5	3	2	3,5
	21	5	4	2	5,6
	22	5	4	2	6
23	5	4	2	7	
26	5	4	2	7	
C LAMIADO 300g MEZCLA DE ACEITES (GRASOL/SOYA)	0	1	1	2	1
	1	1	1	2	1,2
	2	1	1	2	1,2
	3	1	1	2	1,2
	4	1	1	2	1,2
	6	2	2	2	1,2
	7	2	2	2	1,2
	9	2	2	2	1,2
	9*	3	3	2	3
	14	3	3	2	5
	16	3	3	2	5
	18	3	3	2	5
	20	4	4	2	6
	23	4	4	2	6
25	4	4	2	6	
29	5	4	2	7	

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3)  
\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

## 5.2.1.2 Resultados y discusión de vida de anaquel o campo.

### 1.- Cacahuete Sazonado.

En la tabla 11 se aprecia que el punto máximo del índice de peróxidos en las tres presentaciones fue de 120 días, lo cual se confirma en sus respectivas gráficas ( figura 5 ). Si se observa en cada uno de los casos el comportamiento de la reacción, se puede apreciar que en el caso del frasco la reacción se estacionó entre los 60 y 90 días, lo que puede explicarse por el mejor efecto protector del empaque. En el caso de los laminados, el comportamiento entre ellos fue muy parecido, tendiendo a seguir una velocidad constante, que puede explicarse también por la naturaleza del empaque.

En la misma tabla 11 se observa claramente, el aumento de la humedad en el caso de los laminados de 150 y 300 g, mientras que en el frasco de 190 g ésta se comportó de una forma más constante a lo largo de la prueba; aunque al final en todos los casos ésta baja.

Es importante considerar, en este tipo de cacahuete, que algunas especias usadas aquí, contienen compuestos terpénicos que se comportan como antioxidantes, evitando el enranciamiento de las grasas, tomando el oxígeno que necesitarían para formar radicales libres. Muchas especias contrarrestan también los procesos autooxidativos que comúnmente se presentan en lípidos con alto contenido en ácidos grasos insaturados. Parece ser que fijan las trazas de metales, agentes catalizadores de la descomposición, comportándose más eficazmente en este sentido la quercetina y otras combinaciones fenólicas, los flavonoides, los diterpeno- difenoles tricíclicos y el alfa tocoferol, componentes todos de las especias.

Estos compuestos antioxidantes, tienen en común en su estructura química un anillo aromático y grupos hidróxilo que funcionan como donadores de electrones, que generalmente pertenecen a la familia de los fenoles. La presencia del grupo hidróxilo en el anillo aromático del fenol, es necesaria para que estos compuestos tengan actividad antioxidante. Se acepta comúnmente que el antioxidante actúa como donador de hidrógeno durante el paso de propagación de la reacción de oxidación, de tal manera que la actividad de los hidroperóxidos se nulifica, como se muestra en el esquema del anexo 4 (80,81).

Las tablas correspondientes a las pruebas sensoriales ( tabla 12 ) de este producto muestran claramente el deterioro paulatino del producto, siendo apreciables los cambios, sobre todo en los días correspondientes a los niveles máximos de peróxidos mostrados en la figura 5.

Se puede observar que en el caso de los laminados, los cambios de deterioro se presentan a partir del día 120 de la prueba, sobre todo en el sabor; mientras que en el caso del frasco de 190 g, éstos se presentaron alrededor de los 143 días, que son aproximadamente los días en que el nivel máximo de peróxidos fue alcanzado por este producto.

TABLA II

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO.

Días	SO <sub>2</sub>	Vacio (inHg)	Humedad (promedio)	Indice de peróxidos (meq./ 100Dg.muestra) (promedio)
<b>A</b>				
LAMINADO 150g				
0	0.1	----	1.5	0.1
12	4.3	----	1.4	0.3
30	1.6	----	1.0	0.6
48	3.2	----	1.2	0.7
50	3.0	----	1.3	0.9
60	1.6	----	1.4	1.0
65	2.0	----	1.4	1.1
70	1.8	----	1.4	1.2
90	2.0	----	1.2	1.5
110	1.8	----	1.6	1.7
120	2.0	----	1.4	1.8
130	2.1	----	1.8	1.7
140	2.5	----	1.8	1.3
150	2.3	----	2.0	1.4
180	2.9	----	2.0	1.0
210	2.4	----	1.9	0.5
240	2.1	----	1.9	0.2
<hr/>				
LAMINADO 300g				
0	7.2	----	1.8	0.1
10	5.0	----	1.5	0.2
20	3.6	----	1.3	0.6
30	2.0	----	1.6	1.0
32	2.8	----	1.7	1.2
42	2.5	----	1.4	1.8
60	2.0	----	1.6	2.0
70	2.1	----	1.7	2.1
80	2.4	----	1.8	2.2
90	1.4	----	1.9	2.2
93	1.7	----	1.8	2.3
108	1.9	----	1.6	2.7
120	1.0	----	1.6	2.8
125	1.0	----	1.3	2.6
143	1.3	----	1.6	2.4
150	1.0	----	1.7	2.2
180	2.0	----	1.8	1.5
210	2.0	----	1.4	0.9
240	2.1	----	1.4	0.3
<hr/>				
FRASCO 190g				
0	--	16.0	1.4	0.2
10	--	14.0	1.4	0.3
20	--	17.0	1.3	0.9
30	--	13.0	1.2	1.2
32	--	14.3	1.2	1.2
42	--	13.3	1.0	1.3
60	--	17.0	1.4	1.6
70	--	16.0	1.4	1.6
80	--	12.0	1.3	1.7
90	--	11.0	1.6	1.7
92	--	11.3	1.6	1.8
108	--	13.0	1.8	2.2
120	--	11.0	1.8	2.6
125	--	19.0	1.6	2.4
143	--	17.5	1.6	2.1
150	--	20.0	1.4	2.0
180	--	19.0	1.4	1.7
210	--	19.5	1.6	1.0
240	--	20.0	1.4	0.6

**FIGURA 5.**  
**GRAFICAS DE VIDA DE CAMPO vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO.**

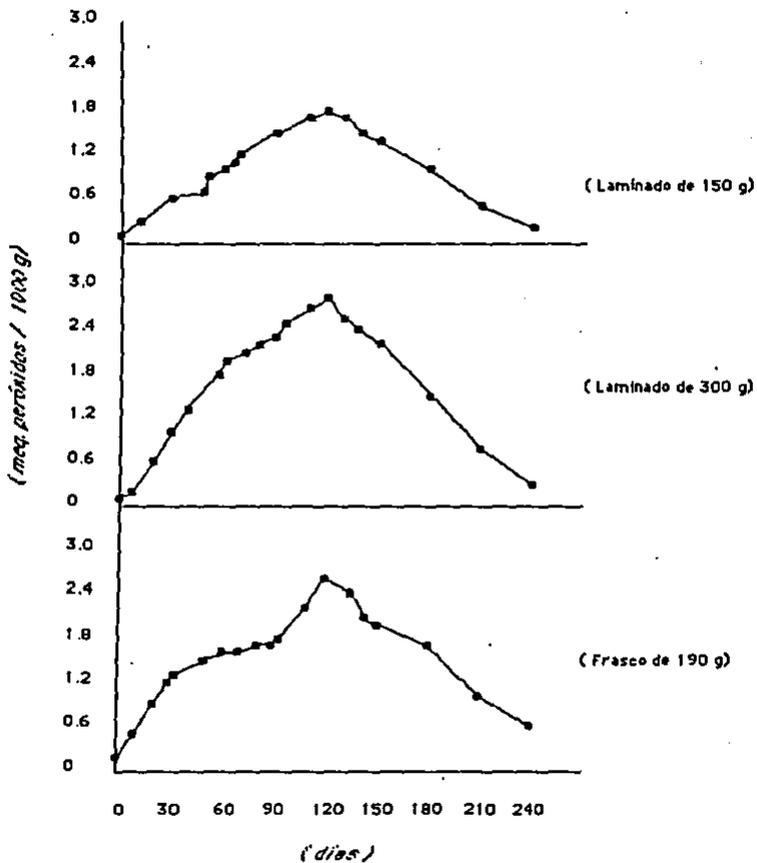


TABLA 12

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO.

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Sabor
A LAMINADO 150g	0	2	1	2	1
	12	2	1	2	1
	35	2	2	2	1,3
	48	2	2	2	1,3
	55	2	2	2	1,3
	65	3	2	2	2,3
	70	3	2	2	2,3
	80	3	2	2	2,3
	110	4	2	2	2
	120*	4	2	2	5
	135	4	2	2	5
	140	4	2	2	7
	150	4	2	2	7
	180	4,5	2	2	7
	210	4,5	4	2	8
240	5	4	2	9	
B LAMINADO 300g	0	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	20	2	1	1	1
	30	2	2	2	1,2
	35	2	2	2	1,2
	57	3	2	2	2,5
	60	3	2	2	2,5
	72	3	2	2,3	3,5
	80	3	2	2,3	3
	90	3	2	2,3	2,5
	95	3	2	2,3	2,5
	110	3	2	2,3	2,5
	120*	4	2	2,3	2,3
	125	4	2	2,3	4,5
	135	4	3	2,3	5
150	4	3	2,3	5	
180	4	3	2,3	5,5	
210	4,3	3	2,3	7	
240	5	4	2,3	8	
C FRASCO 150g	0	1	1	2	1
	10	1	1	2	1
	20	1	1	2	1
	30	1	1	2,3	1
	35	2	1	2,3	2
	45	2	2	2,4	2
	60	3	2	2,3	2,3
	70	3	3	2,3	2,3
	80	3	3	2,3	3
	90	3	2	2,3	2,3
	95	3	1,2	2,4	2
	108	3	2	2,3	3
	120*	3	2	2,3	2,3
	125	3	2	2,3	2,5
	145	4	2	2,3	5
150	4	2	2,4	7	
180	4	3	2,3	5,7	
210	4,5	3	2,3	7	
240	4,5	4	2,3	8	

NOTA: (ver escala de calificaciones en el anexo 3) \* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxido

## 2.- Cacahuete Frito con sal.

En las tablas 13 y 14, se muestran los resultados de los análisis físicos y químicos de las tres presentaciones del producto, donde se observa un comportamiento igual en ellas, a pesar de que la última tiene un valor inicial de peróxidos más elevado, lo que se puede también apreciar en sus correspondientes gráficas ( figura 6 ).

En la misma figura 6 , pero en la parte superior se observa el comportamiento general que presentó el laminado de 150 g, en donde la velocidad de formación de peróxidos fue disminuyendo gradualmente hasta, aproximadamente, el día 75 y, a partir de este día aumentó gradualmente hasta llegar al punto máximo; en este punto, la velocidad de descomposición de peróxidos fue disminuyendo gradualmente hasta llegar a 1 punto mínimo, lo que se comprueba con los datos de la tabla 13a.

El comportamiento del producto en su presentación en lata de 200g (tabla 14 ) y representado en la figura 6 , se ve que la velocidad promedio de formación de peróxidos fue lenta y constante, permitiendo que hubiera una acumulación mayor de peróxidos y que su velocidad de descomposición de estos, en este periodo, fuera más lenta. Debido a la acumulación de tal cantidad de peróxidos, su velocidad de descomposición al llegar al punto máximo, fue mayor que en el caso de los otros productos.

En cuanto a la humedad del producto en esta prueba (tablas 13a, 13b ), no se observa claramente un comportamiento parecido al que se mencionó en la vida acelerada, salvo en el caso de la lata de 200g (tabla 14 ). Esto pudo deberse a que el empaque no presenta la misma actividad protectora en las condiciones de vida acelerada (  $T = 40^{\circ} C$ , H.R.= 80% ), que en las condiciones de vida de anaquel o campo, que son mucho menos drásticas, haciendo posible que el aumento de humedad en el producto, también se deba a esto (36).

En los productos de las tablas 13a y 13 b , el comportamiento en cuanto a su nivel de oxígeno no fue claramente descendente, debido a que sus niveles iniciales de oxígeno no fueron altos, y por lo tanto no se encontraban dentro del rango óptimo inicial.

Por otra parte, el producto de la tabla 14 mostró exactamente el mismo comportamiento que en su vida acelerada, probablemente por los mismos motivos mencionados anteriormente.

En cuanto a sus características sensoriales, en las tablas 15 y 16 se muestra el transcurso de la prueba, en donde se observa claramente el comportamiento de los productos en sus diferentes presentaciones, mostrando la variabilidad en sus atributos, principalmente, en el olor y apariencia, marcando el momento de cambio en los días que el producto presenta su nivel máximo de peróxidos.

TABLA 13

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.

Días	SO <sub>2</sub>	Vacío (InHg)	%Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./ 1000g.muestra) (promedio)
0	4.4	----	1.0	0.2
15	3.1	----	1.2	0.6
30	2.8	----	1.4	0.9
45	1.5	----	1.4	1.1
60	1.2	----	1.5	1.3
75	2.3	----	1.3	1.4
90	2.2	----	1.4	1.5
105	2.0	----	1.4	1.7
120	1.8	----	1.4	1.9
135	2.3	----	1.3	1.5
150	2.6	----	1.4	1.2
180	2.8	----	1.0	0.8
210	2.2	----	1.0	0.5
240	2.9	----	1.0	0.3

0	2.0	----	1.1	0.2
10	2.0	----	1.3	0.5
20	2.3	----	1.5	0.9
30	2.8	----	2.0	0.9
40	2.5	----	1.8	1.1
50	2.2	----	1.7	1.2
60	1.7	----	1.8	1.4
70	1.8	----	1.8	1.7
80	2.1	----	2.0	1.7
90	2.0	----	2.2	1.8
100	2.0	----	1.9	1.9
110	1.8	----	1.5	2.0
120	2.4	----	1.6	2.1
130	2.0	----	1.6	2.0
140	2.1	----	1.4	1.9
150	2.0	----	1.2	1.8
180	2.0	----	1.2	1.5
210	2.0	----	1.2	1.1
240	2.2	----	1.2	0.7

**TABLA 14**

**RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**

Días	%O <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	%Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (mg./ 1000g.muestra) (promedio)
0	--	20.0	1.4	0.2
10	--	20.0	1.4	0.3
23	--	20.0	1.2	0.4
30	--	20.0	1.0	0.7
36	--	20.0	1.2	0.9
52	--	20.0	1.6	1.3
60	--	20.0	1.8	1.4
63	--	19.5	1.6	1.5
80	--	20.0	1.6	1.6
90	--	20.0	1.6	1.7
100	--	19.3	1.3	1.8
110	--	20.0	1.6	1.9
120	--	20.0	1.6	2.1
130	--	20.0	1.5	2.2
140	--	20.9	1.0	2.2
150	--	20.0	1.8	2.3
165	--	19.3	1.7	2.4
173	--	20.0	1.6	2.4
180	--	19.8	1.7	2.5
190	--	20.0	1.6	2.1
200	--	19.5	1.6	1.9
210	--	19.5	1.6	1.5
240	--	20.0	1.6	1.0

LATA 200g

**FIGURA 6.**  
**GRAFICAS DE VIDA DE CAMPO vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**

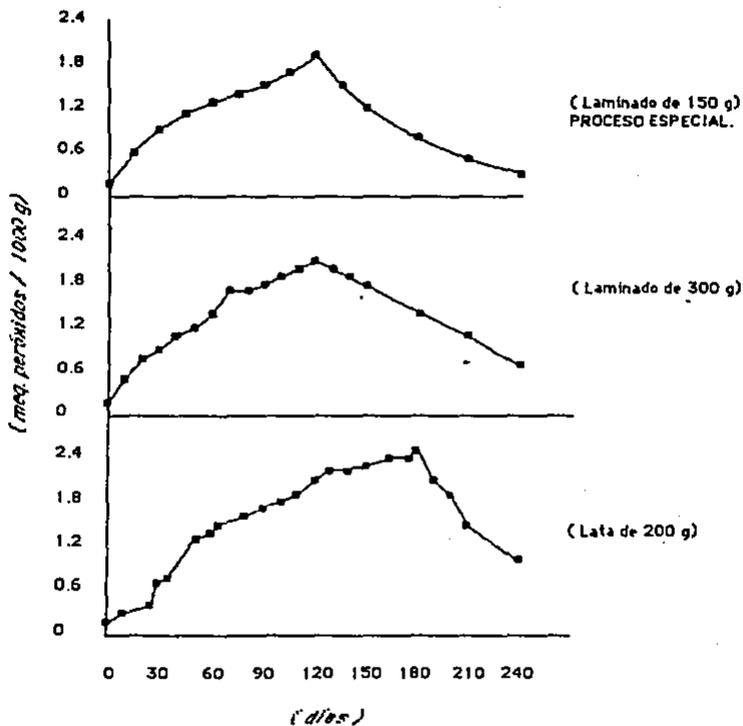


TABLA 15

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.

Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
LAMINADO 150 g				
PROCESO ESPECIAL				
0	2	1	1	1
15	2	1	1	1
30	2	1	1	1
45	2	1	1	1
60	2	1	1	2
75	3	1	1	3
90	3	1	1	3
105	4	1	1	3,4
120*	4	1	1	4
135	4	1	1	4
150	4	1	1	4
160	4,5	1	1	5
210	4,5	1	1	6
240	4,5	1	1	6

LAMINADO 300g				
0	2	1	2	1
15	2	1	2	1
30	2	1	2	3
45	3	1	2	3
60	2	1	2	3
75	2	1	2	3
90	2	2	2	3
105	3	2	2	3,4
120*	3	2	2	4
135	3	2	2	4
150	4	2	2	4
160	4	2	2	4
180	4	2	2	4
210	4,5	3	2	5
240	4,5	4	2	6

NOTA: (Ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

**TABLA 16**

**RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO CON SAL.**

Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
0	2	1	2	1
10	2	1	2	1
25	2	1	2	1
50	2	2	2	1
75	2	2	2	1
92	3	2	2	1
95	3	2	2	1
98	3	2	2	1
100	3	2	2	3
108	3	2	2	3
110	3	2	2	5
120	3	2	2	3,4
130	3	2	2	3,4
140	3	2	2	3,4
150	3	2	2	3,4
165*	4	2	2	3,4
175	4	2	2	3,4
180	4	2	2	3,4
190	4	2	2	4
200	4	3	2	4
210	4	3	2	5
240	4,5	4	2	5

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

### 3.- Cacahuete Sazonado con mezcla de chiles y limón.

En el caso de este producto, su comportamiento se muestra en la tabla 17, el cual fue similar al presentado en la vida acelerada. Mostrando una igualdad en la etapa de formación de peróxidos en las dos vidas, más no así en la etapa de descomposición de los mismos, ya que en el caso de la vida de anaquel, ésta última se llevó a cabo a menor velocidad, como se puede apreciar en la figura 7.

Se puede ver además que el comportamiento del producto en sus tres presentaciones es similar, no obstante a que una de las muestras es la correspondiente al proceso especial.

El punto del nivel máximo presentado por la lata de 200g está en los 150 días (tabla 17c), a diferencia de los laminados que lo presentan a los 120 días, esto debido a la protección que el empaque le da al producto en el caso de la lata.

Los niveles de oxígeno y humedad mostraron un comportamiento muy similar al discutido en la sección de resultados de vida acelerada.

Cabe mencionar que este tipo de cacahuete es muy sensible a los cambios deteriorativos presentándose claramente esto en las tablas de las pruebas sensoriales ( tabla 18), en donde se muestran con detalle los cambios sufridos ( decoloración del producto, olores y sabores desagradables, apariencia opaca y seca ) para cada presentación. Conservándose éstas características sin cambio, en un período más largo en la presentación de lata de 200g.

TABLA 17

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMON.

Días	980 <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./1000g.muestra) (promedio)
<b>A</b>				
LAMINADO 150g				
0	1.8	----	1.4	0.6
10	1.7	----	1.4	0.7
20	1.8	----	1.4	0.9
30	1.8	----	1.4	1.0
40	1.5	----	1.3	1.1
50	1.4	----	1.7	1.3
60	1.0	----	1.8	1.3
70	1.2	----	1.8	1.6
80	1.2	----	1.7	1.6
90	1.2	----	1.6	1.7
110	1.4	----	1.6	2.0
120	1.6	----	1.4	2.1
130	1.6	----	1.6	1.9
140	1.3	----	1.4	1.8
150	1.4	----	1.2	1.9
180	1.2	----	1.2	1.4
210	1.6	----	1.4	0.9
240	1.4	----	1.4	0.4
<hr/>				
<b>B</b>				
LAMINADO 150g PROCESO ESPECIAL				
0	4.4	----	1.4	0.2
10	3.8	----	1.4	0.6
20	2.7	----	1.6	0.8
30	1.0	----	1.6	1.2
40	1.3	----	1.6	1.4
60	1.5	----	1.6	1.8
80	1.9	----	1.8	1.9
90	2.2	----	2.0	2.0
100	2.0	----	1.7	2.2
120	2.0	----	1.2	2.6
130	2.2	----	1.3	2.3
150	2.4	----	1.2	1.8
180	2.4	----	1.4	1.0
210	2.2	----	1.4	0.6
240	2.4	----	1.4	0.2
<hr/>				
<b>C</b>				
LATA 200g				
0	---	190	1.4	0.4
10	---	200	1.4	0.6
20	---	190	1.4	0.8
30	---	200	1.4	1.2
40	---	200	1.2	1.4
50	---	200	1.6	1.7
60	---	200	1.2	1.8
70	---	195	1.4	1.9
80	---	200	1.0	2.1
90	---	200	1.0	2.2
92	---	200	1.2	2.3
112	---	195	1.4	2.5
120	---	200	1.2	2.6
130	---	200	1.4	2.7
140	---	200	1.2	2.7
150	---	190	1.0	2.8
160	---	195	1.4	2.5
172	---	200	1.4	2.4
180	---	200	1.4	2.4
210	---	200	1.2	2.0
240	---	195	1.2	1.7

**FIGURA 7.**  
**GRAFICAS DE VIDA DE CAMPO vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO**  
**CON MEZCLA DE CHILES Y LIMON.**

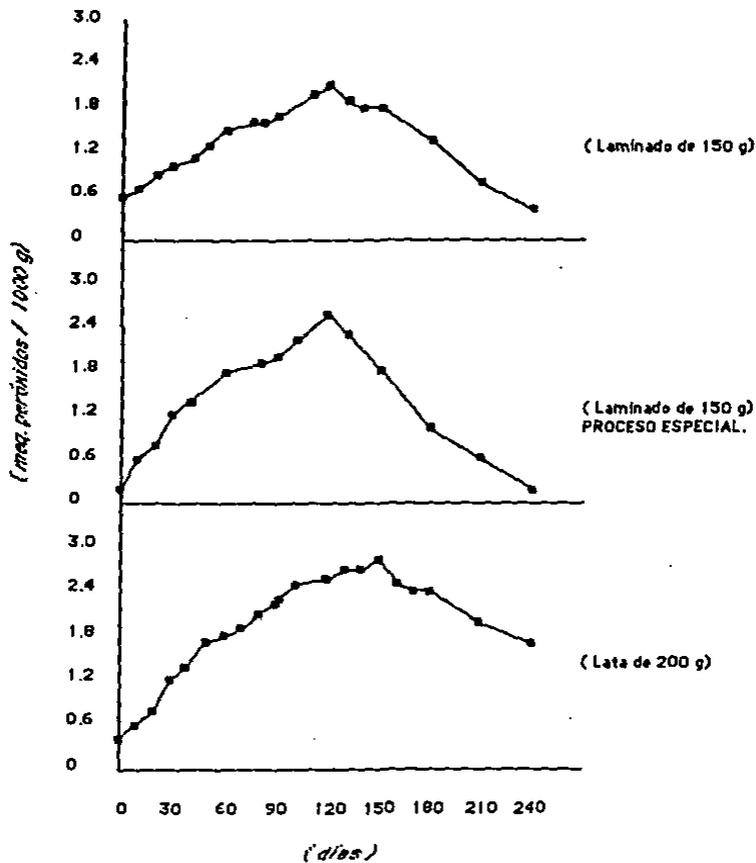


TABLA 18

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMÓN.

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
<b>A</b> LAMINADO 150g	0	3	2,3	1	2,3
	10	3	2,3	1	2,3
	20	3	2,3	1	2,3
	30	3	2,3	2	2,3
	40	3	2,3	2	2,3
	50	3	2,3	2	2,3
	60	4	2,3	2	2,3
	73	4	2,3	2	2,3
	82	4	3	2	2,3
	90	4	3	2	2,3
	110	4	3	2	2,3
	120	4	3	2	3
	130	4	3	3	3
	140	4	3,4	3	3,6
	150	4	3,4	3	3,6
180	4	4	4	5,6,7	
210	4,5	4	4	5,9	
240	5	4	3	10	
<b>B</b> LAMINADO 150g PROCESO ESPECIAL	0	1	1,2	1	1,2,3
	10	1	1,2	1	1,2,3
	20	1	1,2	1	1,2,3
	30	3	1,2	1	1,2
	40	3	1,2	1	3,6
	60	3	1,2	1	1,3,6
	80	3	1,2	1	3
	90	3	1,2	1	2,3
	100	3	1,2	2	2,3
	120	4	3	2	2,3
	130	4	3	2	3,6
	150	4	3	2	5,6
	180	4	4	3	7,9
	210	4,5	4	3	9
	240	4,5	3	3	10
<b>C</b> LATA 200g	0	2	1	1	1,2,3
	10	2	1	1	1,2,3
	20	2	1	1	1,2,3
	30	2	1	1	1,2,3
	37	2	1	1	1,2,3
	50	2	1,2	1	2,3,4
	60	2	1,2	1	2,3,4
	70	2	1,2	1	2,3,4
	80	2	1,2	1	3,4
	90	3	1,2	1	3,4
	92	3	1,2	1	2,3,4
	112	3	1,2	1	2,3,4
	120	3	1,2	1	2,3
	130	3	1,2	1	2,3
	140	3	1,2	1	2,5
	150	4	1,2	1	2,5
	160	4	1,2	1	5
	172	4,5	2,3	2	5,7
180	4,5	3	2	5,7	
210	4,5	4	3	5,8	
240	4,5	4	3	9	

NOTA: (ver la escala de calificaciones en el anexo 3) \* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

#### 4.- Cacahuete Frito en mezcla de dos tipos y papitas.

Su comportamiento se puede ver en la tabla 19, donde es similar en ambos laminados ( 150g y 300 g ), sólo que el valor de peróxidos es menor en el caso del laminado de 300g en su punto máximo, por la razones expuestas anteriormente, las que se comprueban aquí también y que se puede ver claramente en la figura 8.

Además, a pesar de que estos comportamientos son tan similares se puede apreciar que en el caso del laminado de 150 g la velocidad de formación de los hidroperóxidos es más rápida, en cambio en el otro laminado (300g) su velocidad de formación es más lenta y un tanto constante, sobre todo en el período comprendido entre los días 60 y 63 ( tabla 19b). Esta diferencia puede ser debida a que son diferentes los lotes de cacahuates de cada presentación, por lo que puede haber heterogeneidad entre uno y otro de los lotes, de tal manera que en uno haya más cantidad de cacahuates propensos a una oxidación más rápida que en el otro y por ello se haya llevado más rápido la formación de los hidroperóxidos.

La descomposición de los hidroperóxidos para el laminado de 300g aumentó con respecto a la presentada en su vida acelerada o bien hubo una disminución drástica de la velocidad de formación de peróxidos (18), entre los días 30 y 45 ( tabla 19b).

En el caso del laminado de 150 g la velocidad de descomposición de los hidroperóxidos fue un tanto más rápida, aunque se estacionó ligeramente entre los 105 y 112 días, alcanzando valores tan bajos como los de laminado de 150 g (tabla 19a).

En lo que respecta al comportamiento en los niveles de oxígeno y humedad en ambos laminados, fue parecido al presentado en su vida acelerada por lo que ya no se discute aquí.

Con respecto a las características sensoriales, en las tablas 20 a y 20b puede observarse como se deteriora este producto, principalmente, en su apariencia y sabor, empezando a partir de los 120 días aproximadamente, para ambas presentaciones.

TABLA 19

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.

	Días	MO <sub>2</sub>	Vacío (inHg)	%Humedad (promedio)	Índice de peróxidos (meq./ 1000g.muestra) (promedio)
A LAMINADO 150 g	0	2.2	----	1.7	0.4
	10	3.0	----	1.7	0.6
	20	1.8	----	1.6	0.6
	30	4.6	----	1.6	1.0
	40	2.0	----	1.4	1.2
	50	1.7	----	1.8	1.3
	60	1.2	----	1.8	1.5
	70	1.5	----	1.4	1.7
	80	1.7	----	1.4	1.9
	90	1.2	----	1.6	2.1
	105	1.6	----	1.6	2.3
	112	1.4	----	1.6	2.4
	120	1.4	----	1.7	2.4
	130	1.4	----	1.9	2.5
	142	1.6	----	1.6	2.5
	150	1.6	----	1.4	2.1
180	1.6	----	1.6	2.0	
210	1.2	----	1.6	1.2	
240	1.5	----	1.4	0.5	
		1.8	----	1.4	0.2

B LAMINADO 300 g	0	1.7	----	1.6	0.4
	14	2.0	----	1.5	0.5
	22	2.5	----	1.4	0.6
	30	3.2	----	1.4	0.7
	45	3.0	----	1.4	0.7
	60	2.8	----	1.4	0.8
	63	1.9	----	1.4	0.8
	67	2.1	----	1.4	0.9
	82	2.3	----	1.6	1.1
	96	3.6	----	1.6	1.2
	110	2.8	----	1.6	1.3
	120	3.0	----	1.5	1.4
	132	2.6	----	1.6	1.3
	143	2.1	----	1.4	1.1
	150	2.1	----	1.3	1.0
	180	2.0	----	1.7	0.7
210	1.8	----	1.7	0.5	
240	2.6	----	1.8	0.2	

**FIGURA 8.**  
**GRAFICAS DE VIDA DE CAMPO vs TIEMPO PARA EL CACAHUATE FRITO EN**  
**MEZCLA DE DOS TIPO Y PEPITAS.**

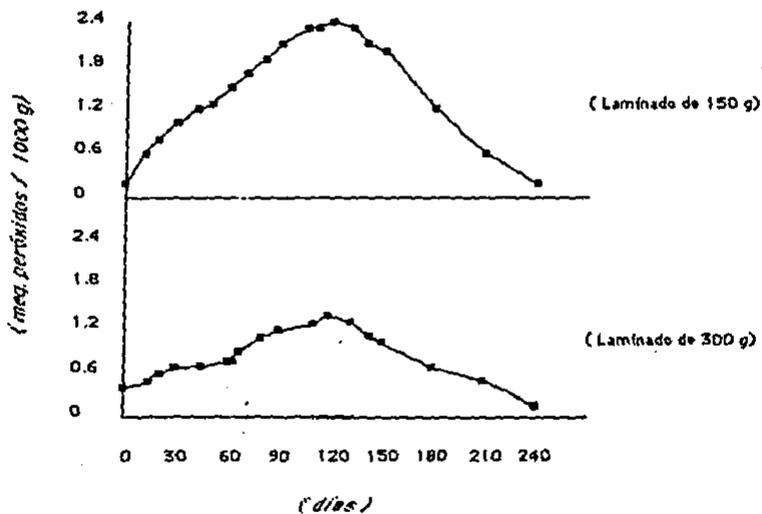


TABLA 20

RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES DE VIDA DE CAMPO PARA EL CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.

	Días	Apariencia	Aroma	Color	Saber
A LAFINADO 150 g	0	2	1	1	1
	10	2	1	1	1
	20	2	1	2	1
	30	3	1	2	1,2
	40	3	1	2	1,2
	50	3	2	1	2,3
	60	3	2	1	2,3
	70	3	2	1	2,3
	80	3	2	1	2,3
	90	3	2	2	2,3
	100	4	2	2	3,4
	112*	4	2	2	3,4
	120*	4	2	2	3,4
	130	4	2	2	3,4
	142	4	2	2	4,4
150	4	2	2	5,5	
180	4	3	2	5,5	
210	5	3	2	5,5	
240	5	4	2	6	
		5	4	7	
<hr/>					
B LAFINADO 300 g	0	3	1	1	1
	14	3	1	1	1
	22	3	1	2	1,2
	30	3	1	2	1,2
	40	3	1	2	1,2
	60	3	2	2	1,2
	65	3	2	2	1,2
	67	3	2	2	1,2
	82	3	2	2	2,3
	90	3	2	2	2,3
	110	4	2	2	2,3
	120*	4	2	2	3,4
	132	4	2	2	3,4
	143	4	3	3	3,5
	150	4	3	2	3,5
180	5	3	2	5,5	
210	5	4	2	6	
240	5	4	2	7	

NOTA: (Ver la escala de calificaciones en el anexo 3)

\* = día en que se alcanzó el valor máximo de peróxidos.

## 5.2.2 Resultados de la correlación entre el tiempo de vida de anaquel y vida acelerada.

Se presentan las gráficas que relacionan el tiempo en vida acelerada y en vida de anaquel o campo para cada producto y cada una de sus presentaciones. En donde, tomando en cuenta la ecuación lineal proveniente del tratamiento matemático\*, a cada gráfica se le determinó la correlación de los puntos. De tal forma que en dichas gráficas también se puede apreciar claramente, el tiempo óptimo de vida de anaquel o campo de cada producto.

### 1.- Cacahuete Sazonado.

En la tabla 21 se da la relación directa entre la vida de anaquel o campo y la vida acelerada del producto en cada una de sus presentaciones, es decir, los datos correspondientes que se seleccionaron para la elaboración de las gráficas y para establecer su correlación.

De lo que se obtuvo que :

para el laminado de 150g 1 día en vida acelerada equivale a 12 días en vida de anaquel,

para el laminado de 300g 1 día en vida acelerada equivale a 10 días en vida de anaquel y ,

para el frasco de 190g 1 día en vida acelerada equivale a 18 días en vida de anaquel.

---

\* La explicación del tratamiento matemático para la obtención de la relación del tiempo de la vida de anaquel y la vida acelerada se dan en el anexo 5.

Las tres presentaciones mostraron una duración en condiciones óptimas de aproximadamente 120 días, siendo para :

el laminado de 150g de 124 días.

el laminado de 300g de 115 días.

el frasco de 190g de 122 días.

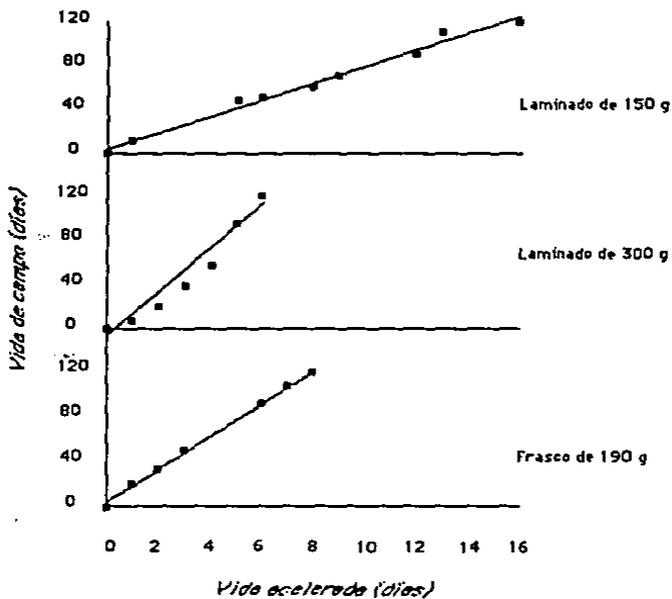
Entonces, el rango aproximado de duración máxima para este producto en general es de 115 a 124 días, dependiendo de la calidad inicial de la materia prima , la naturaleza de la misma, así como de las condiciones de procesamiento y empaçado. Estos datos se pueden ver claramente en la figura 9 .

TABLA 21

RESULTADOS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACCELERADA

		Indice de peróxidos	V. acelerada en días (X)	V. de campo en días (Y)
Cacahuete sazonado	Laminas de 150 g	0.1	0	0
		0.3	1	12
		0.7	5	48
		0.9	6	50
		1.1	8	65
		1.2	9	70
		1.5	12	90
		1.7	13	110
	1.8	16	120	
	Laminas de 300 g	0.1	0	0
		0.2	1	7
		0.6	2	20
		1.3	3	39
		1.8	4	57
		2.5	7	95
		2.8	8	120
	Frutos de 150 g	0.2	0	0
		0.9	1	20
		1.3	2	33
		1.5	3	49
		1.8	6	93
		2.2	7	108
		2.6	8	120

**FIGURA 9.**  
**GRÁFICAS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA PARA EL CACAHUATE SAZONADO**



## **2.- Cacahuete Frito con sal.**

La tabla 22 muestra los datos que relacionan el tiempo de la vida de anaquel y la vida acelerada del producto, así como el valor de peróxidos que las relaciona. Estos datos se muestran en forma gráfica en la figura 10 .

De donde se obtuvo que :

para el laminado de 150g " proceso especial " 1 día en vida acelerada equivale a 15 días en vida de anaquel,

para el laminado de 300g 1 día en vida acelerada equivale a 9 días en vida de anaquel(dato obtenido del análisis de dos lotes diferentes de la misma presentación) y,

para la lata de 200g 1 día en vida acelerada equivale a 21 días en vida de anaquel.

Analizando los datos anteriores se puede decir que el valor obtenido para el laminado de 150g es mayor que para el de 300g, lo cual es debido posiblemente a que la calidad de la materia prima usada en el lote del laminado de 150 g fue mejor que en los demás, ya que es lógico suponer que los productos empacados en el mismo material (laminado) tengan una vida de anaquel similar; también se deben tomar en cuenta los porcentajes de oxígeno que se encontraron en cada empaque, ya que este puede ser otro factor que influyó en dicha diferencia, lo mismo se puede decir con respecto a la humedad de los productos.

La duración en condiciones óptimas para las diferentes presentaciones fueron las siguientes :

el laminado de 150g de 120 días.

el laminado de 300g de 111 días, para los dos lotes.

la lata de 200g de 180 días.

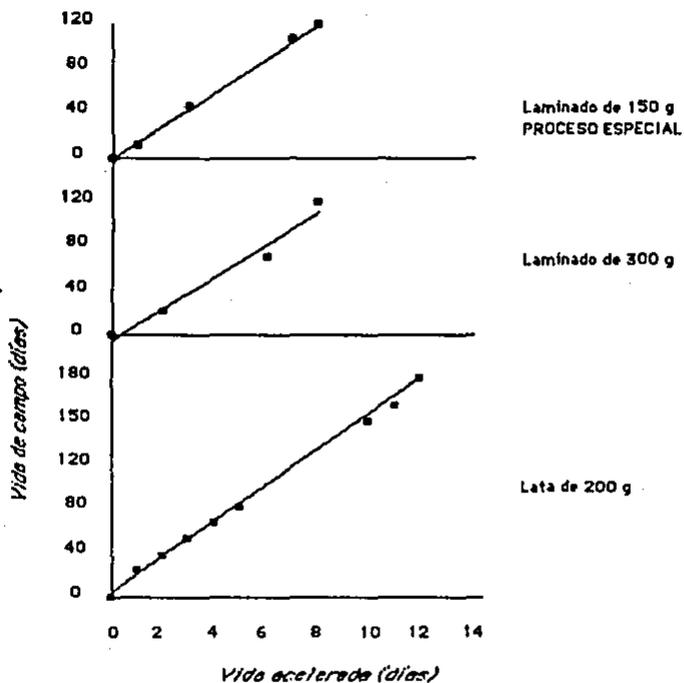
Por lo que el rango de vida de anaquel óptimo para el producto empacado en laminado es entre 111 y 120 días, mientras que para el empacado en lata de 180 días. Esto es básicamente debido a la naturaleza del empaque y a las condiciones óptimas de empacado.

TABLA 22

RESULTADOS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA

		Indice de peróxidos	V. acelerada en días (X)	V. de campo en días (Y)
Cacahuete frito con sal	Laminado de 150g peróxido especial	0.2	0	0
		0.6	1	15
		1.1	3	45
		1.7	7	105
		1.9	8	120
	Laminado de 300g	0.2	0	0
		0.8	2	20
		1.7	6	70
		2.1	8	120
	Lata de 300g	0.2	0	0
		0.4	1	25
		0.8	2	36
		1.3	3	52
		1.5	4	65
		1.6	5	80
		2.3	10	150
2.4		11	165	
2.5	12	180		
Laminado de 300g	0.6	0	0	
	1.1	3	35	
	1.3	4	49	
	1.6	5	60	
	1.8	6	75	
	1.9	7	95	
	2.0	8	110	
	2.2	9	120	

**FIGURA 10.**  
**GRÁFICAS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA DE CACAHUATE**  
**FRITO CON SAL.**



### **3.- Cacahuete Sazonado con mezcla de chiles y limón.**

En la tabla 23 se dan los datos que relacionan la vida de anaquel o campo y la vida acelerada del producto, así como los valores de peróxidos que hacen dicha relación y en la figura 11 se muestran las gráficas de cada una de las presentaciones.

Donde se obtuvo que :

para el laminado de 150g 1 día en vida acelerada equivale a 11 días en vida de anaquel,

para el laminado de 150g " proceso especial " 1 día en vida acelerada equivale a 10 días en vida de anaquel y,

para la lata de 200g 1 día en vida acelerada equivale a 18 días en vida de anaquel.

Con lo que se puede ver que la omisión del paso en el proceso no influyó en el tiempo de vida de anaquel del producto, esto en el caso de los laminados de 150g.

El tiempo óptimo de vida de anaquel para cada presentación es de aproximadamente 120 días en caso de laminados y de 150 días en el caso de lata, siendo para :

el laminado de 150g de 120 días.

el laminado de 150g " proceso especial " de 117 días.

la lata de 200g de 148 días.

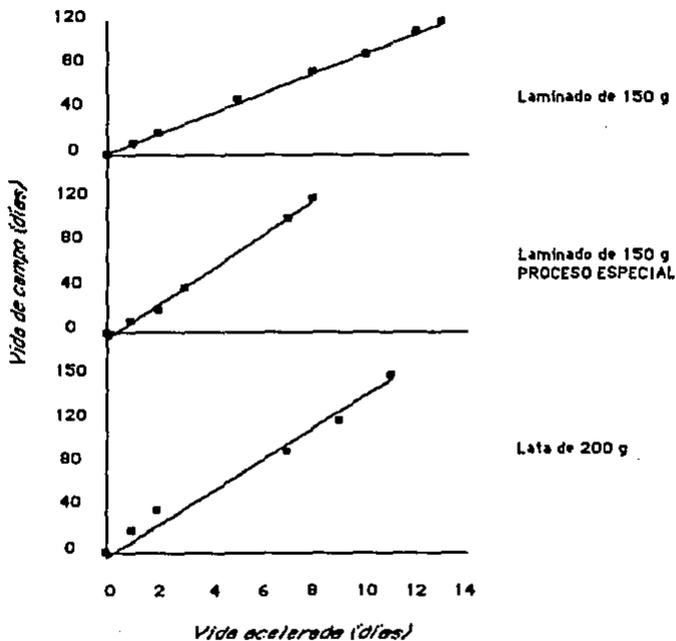
Por lo tanto, el rango del tiempo óptimo de vida de anaquel del producto en presentación de laminado es entre 117 y 120 días, mientras que para su presentación en lata es de 150 días.

**TABLA 23**

**RESULTADOS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACCELERADA**

	Indice de peróxidos	V.acelerada en días (X)	V.de campo en días (Y)	
<i>Carbónete sacado con mezcla de cillas y fibra.</i>	0.6	0	0	
	0.7	1	10	
	0.9	2	20	
	1.3	5	50	
	1.6	8	75	
	1.7	10	90	
	2.0	12	110	
	2.1	13	120	
	<i>Laminado de 150 g. Proceso especial</i>	0.2	0	0
		0.6	1	10
0.8		2	20	
1.4		3	40	
2.2		7	100	
2.6		8	120	
<i>Lata de 200 g.</i>	0.4	0	0	
	0.8	1	20	
	1.4	2	37	
	2.3	7	92	
	2.6	9	120	
	2.8	11	150	

**FIGURA 11.**  
**GRÁFICAS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA PARA EL**  
**CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMÓN.**



#### **4.- Cacahuete Frito en mezcla de dos tipos y pepitas.**

En la tabla 24 se dan los valores de equivalencia entre la vida de anaquel y al vida acelerada en días, así como los valores de períodos que las relacionan. En la figura 12 se muestran las gráficas de dicha relación.

De donde se obtuvo que :

para el laminado de 150g 1 día en vida acelerada equivale a 10 días en vida de anaquel y,

para el laminado de 300g 1 día en vida acelerada equivale a 7 días en vida de anaquel.

Lo que demuestra que en este caso la vida de campo del producto empacado en el mismo material, aunque en diferentes cantidades es muy parecida.

Las dos presentaciones del producto presentaron un período óptimo de vida de anaquel de aproximadamente 120 días, siendo para :

el laminado de 150g de 119 días.

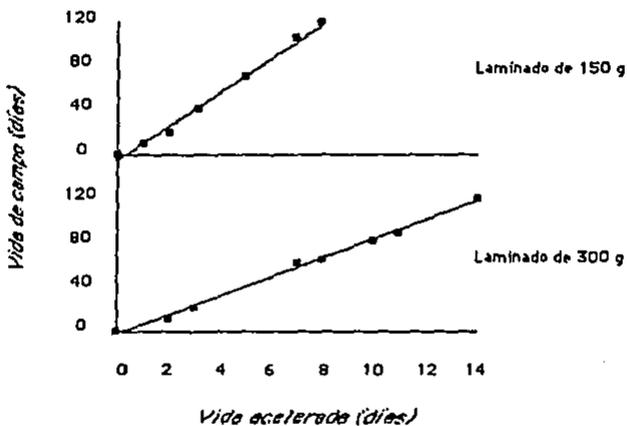
el laminado de 300g de 118 días.

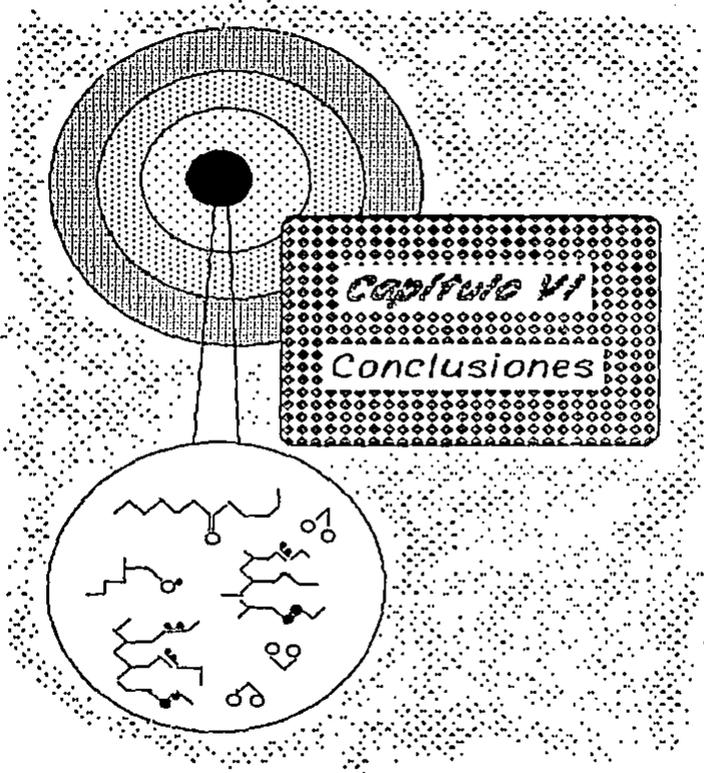
TABLA 24

RESULTADOS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA

	Indice de peróxidos	V. acelerada en días (X)	V. de campo en días (Y)
<i>Carabate frito en aceite de alto tipo y papitas y papitas</i>	<i>Laminado de 150 g</i>	0.4	0
		0.6	1
		0.8	2
		1.2	3
		1.7	5
		2.3	7
		2.4	8
	<i>Laminado de 300 g</i>	0.4	0
		0.5	2
		0.6	3
		0.8	7
		0.9	8
		1.1	10
		1.2	11
1.4	14		
		0	10
		20	40
		70	105
		120	120
		0	0
		14	22
		63	67
		82	90
		120	120

**FIGURA 12.**  
**GRAFICAS DE VIDA DE CAMPO vs VIDA ACELERADA PARA EL**  
**CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS.**





Capítulo VI

Conclusiones

## VI.- CONCLUSIONES .

De todas las muestras analizadas en la auditoría interna se obtuvieron en general, en su punto máximo, resultados de índice de peróxidos menores de 2.5 meq. / 1000 g muestra, valor máximo que se permite tener en dicho análisis y que se maneja en la empresa como especificación. Solamente una tercera parte de estas muestras presentaron niveles mayores y son :

Cacahuete Sazonado en presentaciones de laminado de 300 g ( 2.8 meq.) y frasco de 190 g ( 2.6 meq. ).

Cacahuete Sazonado con mezcla de chiles y limón en presentaciones de laminado de 150g ( 2.6 meq. ) y Lata de 200 g ( 2.8 meq.).

Como se puede ver solamente dos de estas muestras se alejan significativamente del valor límite ( 2.5 meq. ), lo que demuestra que teniendo al producto en condiciones óptimas de empacado ( sin fugas los laminados y con el % de oxígeno residual adecuado, frascos y latas con vacío entre 18-20 in-Hg ) se mantiene en buenas condiciones a lo largo de su vida de anaquel o campo.

En cuanto a las muestras analizadas en la auditoría externa, se obtuvieron valores elevados de peróxidos en las muestras que presentaron fugas o falta de vacío, mientras que en las que no presentaron estos problemas su nivel de peróxidos no excedió el marcado por la especificación.

De acuerdo a los resultados presentados en el capítulo anterior, la equivalencia entre la vida acelerada y la vida de anaquel o campo de los productos en general, es de que *1 día* en vida acelerada ( condiciones controladas ) corresponde a un rango de *7 a 12 días* en vida de anaquel o campo para los laminados y de *18 a 21 días* en vida de anaquel para las presentaciones en frasco y lata.

Como se ve, no es posible establecer con exactitud la duración de este tipo de productos en vida de anaquel debido a que por principio, la materia prima es de origen natural, siendo afectada por el clima, tipo de suelo, etc., es decir, las condiciones de cultivo, haciéndolo que los lotes no sean homogéneos.

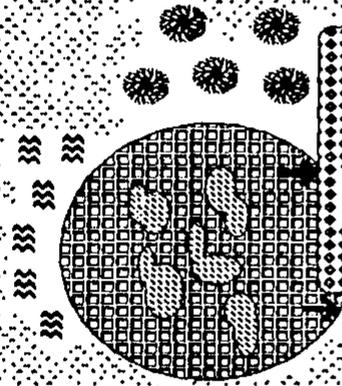
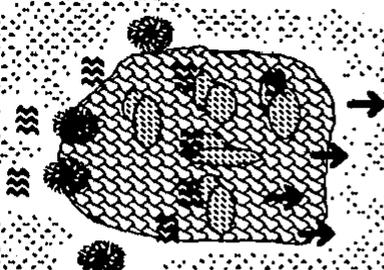
Otra de las razones, es que las reacciones de oxidación de los lípidos se ven afectadas en sus etapas de iniciación y propagación por diversos factores ( ya mencionados ) que las hacen ser al azar, y por lo tanto, es poco probable saber con exactitud su comportamiento, lo que trae consigo el que no se pueda predecir dicha relación con la misma exactitud a lo largo de toda su vida y, es por ello que se presenta un rango de días para cada tipo de empaque, ya que por estar en condiciones similares de conservación pueden comportarse de forma similar. Aunque, de forma general en el caso de la lata y el frasco estas condiciones de conservación son mejores que las presentadas por los laminados, no obstante a ésto, los laminados protegen de la luz al producto, lo que no hacen los frascos.

También, el hecho de que el producto este procesado de diferentes formas influye para que no sea un sólo dato el que relacione a las dos vidas, si no que se maneje un rango, ya que dependiendo del procesado que haya sufrido el cacahuale, se ve más o menos propenso a oxidarse en un tiempo determinado; inclusive cada uno de los productos presenta características sensoriales diferentes, por lo que estas pueden o no, contribuir a hacer más perceptible ese cambio deteriorativo, ya sea enmascarando sabores y olores rancios o provocando que sean más intensos y perceptibles.

En cuanto al tiempo óptimo de vida de anaquel se puede decir que para el caso de los laminados es de *111 a 124 días* y de *122 a 180 días* para las presentaciones de frasco y lata, ésto tomando en cuenta las pruebas sensoriales, las que a lo largo de las pruebas ( vida acelerada y vida de anaquel o campo ) sirvieron de apoyo a los análisis químicos, tanto que en este caso fueron determinativas.

Es importante mencionar que a pesar de que el producto sea de origen natural, procesado de diferentes formas y que por ello tenga un comportamiento diferente en cada tipo de producto y que sea empacado en condiciones óptimas ( buen vacío en frascos y latas, laminados sin fugas y con porcentaje de oxígeno residual correspondiente a cada tamaño ), su procesamiento debe ser cuidadoso y controlado para asegurar la calidad del producto , así como su almacenamiento en la planta procesadora y su manejo dentro y fuera de la industria.

También, cabe mencionar que es importante tener un buen control de calidad de la materia prima (para reducir la heterogeneidad del producto ), del proceso y del producto terminado, todo esto para asegurar su conservación en el mayor tiempo posible.



*Capítulo VII*  
*Recomendaciones*

## VII.- RECOMENDACIONES.

### 7.1 MATERIA PRIMA.

El uso de materia prima en condiciones óptimas de calidad, asegura notablemente la calidad del producto final. Al partir de cacahuates con niveles de humedad óptimos (menor de 1.5%), con peróxidos tan bajos que al determinarse den cero, características sensoriales adecuadas, cuidando de que las demás materias primas sean también de alta calidad, un buen proceso, un buen empaque y un buen manejo del producto, dan como resultado un buen producto.

En éste punto hay que mencionar la importancia que tiene el almacenamiento de la materia prima. Como se sabe, para la fabricación de equipos que se utilizan para almacenar o transportar el producto, se utilizan metales pesados como cobre y el hierro, de los que una pequeña fracción de 1 ppm disuelta en aceite, produce fácilmente una reducción en la calidad del mismo, ya que inicia reacciones de oxidación (5,12). Por lo que se recomienda el uso de equipos de bronce en vez de cobre o hierro.

En cuanto al lugar de almacenamiento cabe mencionar que no debe ser húmedo, porque confiere al cacahuato una textura blanda por absorción de humedad del ambiente; esto es el caso del cacahuato sin procesar o ya procesado sin empacar. Además de que no se debe dejar períodos largos en almacenamiento al cacahuato procesado sin empacar, porque las condiciones del medio ambiente influyen en el tiempo de vida de anaquel del producto.

## 7.2 PROCESO.

Durante el proceso, es conveniente tener cuidado especial en el cocinado del cacahuete, ya que al descuidar ésta operación, se puede quemar afectando directamente al sabor del producto, su apariencia y olor; por las elevadas temperaturas a que es sometido, se ven aceleradas también las reacciones de descomposición de los hidroperóxidos formados en la primera etapa de oxidación, produciéndose así, los compuestos secundarios de las reacciones de oxidación, que son los responsables directos del mal sabor y olor del cacahuete, lo que no es detectable en el momento del cocinado, porque también existe volatilización de dichos productos secundarios (79), pero se acentúa después de empacado el cacahuete; también sufre reacciones de oscurecimiento que le proporcionan pigmentos cafés, dándole una apariencia no deseable.

El cacahuete puede quedar crudo durante el cocinado, lo que produce una susceptibilidad al ataque enzimático propio, ya que estas enzimas no fueron inactivadas por la temperatura, iniciándose así la autooxidación tempranamente y afectando directamente al producto (cacahuete procesado), que tendrá una menor vida de anaquel.

Por lo que se recomienda tener un control sobre la temperatura y el tiempo de cocinado para cada lote de cacahuates, evitando así, los problemas mencionados.

Se recomienda además, que el aceite usado para cocinar sea cambiado periódicamente para evitar que incremente el deterioro del producto. Debido a las temperaturas elevadas de cocinado, el aceite sufre el mismo tipo de deterioro que la grasa contenida en el cacahuete, es decir, se aceleran sus reacciones de oxidación y descomposición de hidroperóxidos, por lo cual, al analizar éste aceite después de utilizarlo varias veces en la misma operación, el índice de peróxidos es bajo, lo que ocasiona problemas en el proceso, si es que el control de calidad se basa solamente en esta prueba.

Por otro lado, la polimerización es uno de los pasos de terminación predominantes en las reacciones de oxidación, por lo que la viscosidad del aceite aumenta considerablemente, lo que permite tener otra alternativa para el control de calidad del aceite de cocinado; además, el uso del aceite varias veces, también disminuye su grado de insaturación, que se puede medir como índice de yodo. Es recomendable el uso de técnicas más específicas para el control de calidad de grasas y aceites ( mencionadas en el capítulo 3 , sección 3.4.7 ).

En el caso del aceite se puede mencionar también la posibilidad de usar la mezcla de aceites girasol-soya, ya que presenta ventajas sobre el que se usa normalmente (de cártamo), además de ser económico proporciona mayor estabilidad al producto en las reacciones de deterioro, llevándose a cabo más lentamente. No hay cambios perceptibles en cuanto al sabor y olor en el producto final con el uso de ésta mezcla.

Se recomienda además, el uso de sal micronizada en lugar de sal refinada, como uno de los ingredientes del producto final. Esto con el fin de evitar fugas de nitrógeno por picaduras en el empaque laminado flexible al ser sellado mecánicamente. Esta precaución brinda un mejor aprovechamiento de las condiciones que el empaque proporciona al producto, prolongando así su vida de anaquel.

### 7.3 EMPAQUE.

El mantener el producto terminado, es decir, ya empacado en almacenamiento durante mucho tiempo en la fábrica, trae consigo que en el momento que sale al mercado es más corta su vida útil, ya que como se mencionó la vida de anaquel o campo de un producto comienza desde su manufactura hasta el momento que pierde su calidad sanitaria (3 ).

Como se sabe, el empaque le confiere protección al producto durante su vida de anaquel, de la luz, humedad del ambiente y oxígeno, que son los principales factores que lo deterioran. Además, el vacío en latas o frascos, así como la atmósfera de nitrógeno que se inyecta a éste producto en el laminado flexible, brindan una mayor protección.

Por todo lo anterior, cabe sugerir que se debe tener cuidado al someter al producto a vacío, controlando que latas y frascos contengan de 18 a 20 inHg de vacío, para asegurar la calidad del producto y una adecuada vida de anaquel.

En cuanto a los laminados flexibles, se recomienda como se citó anteriormente, el uso de sal micronizada para evitar fugas de nitrógeno y pérdida de la atmósfera inerte, así como un manejo adecuado del producto durante su manejo y distribución, evitando cualquier daño mecánico al laminado.

El estibamiento del producto es importante, ya que es necesario considerar que los empaques del producto soportan un límite de peso antes de abollarse o romperse.

#### 7.4 CONTROL DE CALIDAD.

El controlar la calidad de un producto asegura la aceptación del mismo por parte del consumidor, lo que es de suma importancia para la industria productora. Para este control, es necesario evaluar la calidad de los cacahuates procesados mediante pruebas químicas, como es el índice de peróxidos, etc.. Dentro de estas pruebas químicas, es necesario tener cuidado en la preparación de los reactivos, ya que éstos también son susceptibles a oxidaciones (yoduro de potasio), perdiendo su reactividad como solución en presencia de luz y oxígeno, después de un tiempo prolongado, a pesar de ser protegido contra estos factores.

El almidón se degrada fácilmente, perdiendo su poder indicador, afectando a la determinación del índice de peróxidos durante la titulación (52,53). Por esto es recomendable su preparación momentos antes de ser utilizados.

La valoración de la solución de tiosulfato utilizada es de suma importancia, para cuantificar con la mayor exactitud posible los peróxidos presentes en las muestras problema.

Se debe cuidar que los aparatos utilizados para otras determinaciones, como el porcentaje de humedad, el porcentaje de oxígeno, etc., tengan un mantenimiento adecuado para que su uso sea confiable y eficiente.

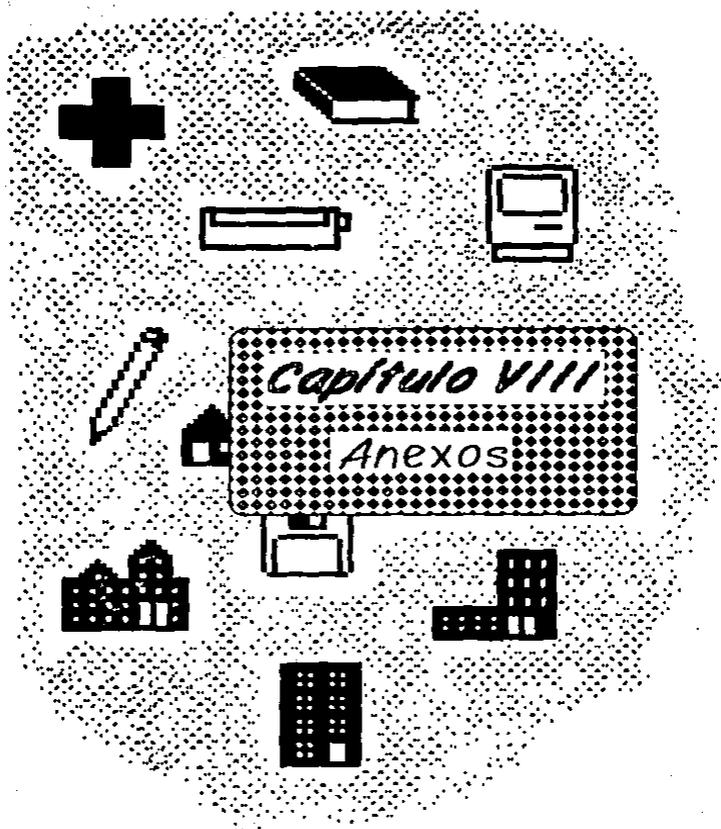
En particular, se deben incluir algunas pruebas físicas y químicas para el control de calidad del aceite de cocinado, tomando en cuenta la temperatura a la cual se está analizando.

## 7.5 OTRAS INVESTIGACIONES.

Se sugiere la realización de otro trabajo en el que se estudien estos mismos productos, pero que son enviados a otras partes de la República Mexicana, en condiciones climatológicas diferentes y en donde se usan los mismos empaques y el mismo proceso, para conocer el tiempo óptimo de vida de anaquel en éstas condiciones.

Se sugiere también el uso de diferentes condiciones en la cámara de vida acelerada, (temperatura de 40 ° C y 80% de humedad relativa y temperatura de 25° C y 65% de humedad relativa), lo que permitirá seleccionar las condiciones de almacenamiento en dicha cámara, cuyos cambios se aproximen a los que presentan en condiciones normales de almacenamiento.

Todo lo anterior, con el fin de mantener la calidad del producto, así como el prestigio de la empresa mediante la aceptación de sus productos.



Capítulo VIII

Anexos

## ANEXO 1 :

### FUNDAMENTO DE LAS TECNICAS UTILIZADAS.

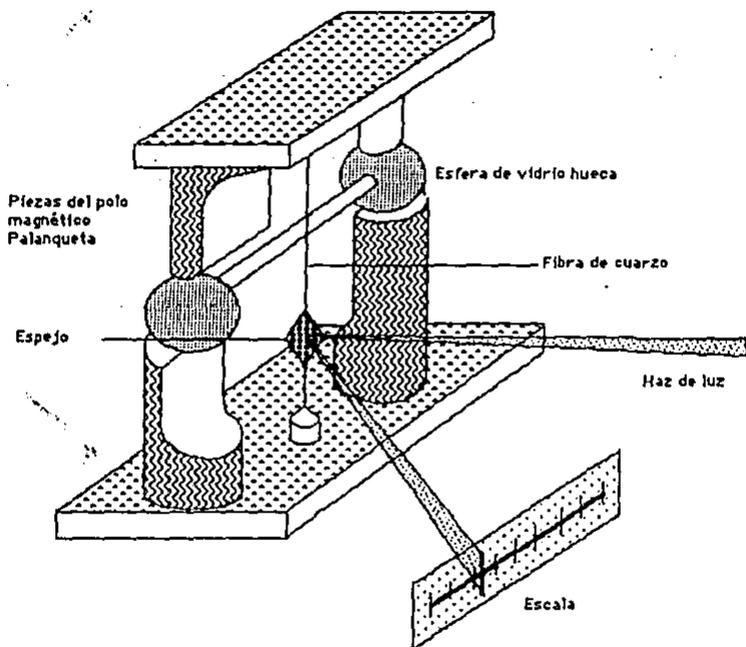
#### 1.- % de Oxígeno residual . ( Mediante un analizador de oxígeno )

El oxígeno, el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno, destacan entre los gases comunes, debido a que son paramagnéticos; esto es, son atraídos por un campo magnético. La mayoría de los gases son ligeramente diamagnéticos ( son repelidos por un campo magnético ). De los gases paramagnéticos el oxígeno es el más paramagnético, lo que se utiliza en los analizadores de oxígeno.

El oxígeno gaseoso se mide en base al cambio en la fuerza magnética que actúa sobre un cuerpo de prueba suspendido en un campo magnético no uniforme, cuando dicho cuerpo está rodeado por la muestra de gas. El analizador paramagnético de oxígeno de Beckman incorpora una pequeña palanqueta de vidrio suspendida de una fibra tensa de cuarzo en un campo magnético no uniforme. Cuando no hay oxígeno presente, las fuerzas magnéticas balancean exactamente la rotación de la fibra. Sin embargo, cuando una muestra conteniendo oxígeno ocupa la cámara que rodea a la palanqueta, la fuerza magnética se altera causando que las esferas de la palanqueta giren hacia afuera de la región de densidad máxima del flujo magnético. El grado de rotación es proporcional a la presión parcial del oxígeno en la muestra. Un pequeño espejo que gira con la palanqueta, envía un haz de luz sobre una escala translúcida del instrumento. Esta escala está calibrada en unidades de concentración de oxígeno presente. Estos instrumentos son capaces de analizar muestras de gas estático o fluyendo, libre de sólidos o líquidos. Con un intervalo de la totalidad de la escala para 5% de oxígeno, se puede lograr una exactitud de  $\pm 0.05$  %. El tiempo de respuesta es de 10 segundos (69,73).

A continuación se muestra un esquema del funcionamiento del analizador paramagnético de oxígeno de Beckman (73) :

**ESQUEMA DEL ANALIZADOR PARAMAGNETICO DE OXIGENO DE BECKMAN.**



## 2.- % de humedad ( Método gravimétrico por medio de diferencia de peso)

Se utiliza una estufa de secado, en la cual se mide la pérdida de peso cuando la muestra es sometida o expuesta a una fuente de calor conocida, durante un tiempo determinado (74).

El % de humedad se expresa directamente en la escala de la estufa de secado (71).

Este es un método gravimétrico ya que se basa en la posibilidad de convertir el constituyente deseado mediante volatilización, en una forma susceptible de ser pesada (75).

## 3.- Índice de peróxidos ( Técnica AOCS Official Method CD 8-53 )

Este método determina todas las sustancias resultantes de la primera etapa de oxidación de los lípidos, que son los hidroperóxidos, que reciben el nombre genérico de peróxidos y los expresa en términos de miliequivalentes de peróxidos / 1000 g de muestra; la prueba se basa en que estas sustancias ( hidroperóxidos ) se oxidan con el yoduro de potasio, el cual libera yodo, bajo las condiciones de la prueba. Es un método altamente empírico y si existe alguna variación en el procedimiento puede haber variación en los resultados (5,18,51,53). No obstante a esto, es el método más usado para efectos comparativos (5).

## 4.- Pruebas sensoriales ( Perfil del producto )

La acumulación de sustancias de descomposición de las reacciones de oxidación, producen olores y sabores característicos de la rancidez, que suelen ser desagradables, por lo que se utilizan las pruebas sensoriales para detectar estos cambios (5,18).

Estas pruebas se basan en el perfil del producto, ya que aunque las sustancias de descomposición de los lípidos producen olores y sabores parecidos, dependen de cada producto las características deteriorativas (5,18).

Las pruebas sensoriales no son más que un apoyo de las determinaciones químicas como el índice de peróxidos para cuantificar la intensidad de la oxidación de los lípidos (5,18)

## **ANEXO 2 :**

### **MATERIAL Y EQUIPO.**

Se maneja el material básico de laboratorio ( pyrex ). En lo que respecta a equipo, se utilizó una estufa de secado para la determinación de humedad ( Moisture Balance Pat. no. 2816427 Central Scientific Company ).

Para la determinación de oxígeno residual se usó el analizador de oxígeno de Beckman modelo C2 Pat. no. 776034 ; contiene en su interior un sistema que consta de fibras de cuarzo, esfera de vidrio hueca, piezas de polo magnético, un espejo, una palanqueta de vidrio, los que ayudan a su funcionamiento, en el exterior se deja ver una escala, en donde el % de oxígeno se lee directamente , tiene además una manguera que sale del aparato y termina en una válvula que se introduce en el empaque flexible para extraer por medio de vacío el oxígeno de la muestra, el que al entrar en el aparato, en base a su fundamento, es cuantificado y expresada la cantidad de este en la escala, en % de oxígeno residual. El aparato funciona además con una bomba de vacío especial. (Pat. no. 72-677-89-00 ), la que es encendida momentos antes de la medición del oxígeno (09.73,78).

Operación : Se enciende el aparato 15 minutos antes de ser usado. Para usarse se pone a funcionar la bomba de vacío y se calibra el aparato abriendo y cerrando la válvula, antes de ser metida al empaque. Se introduce la válvula al empaque y se esperan 10 segundos aproximadamente, en el momento en que enciende el foco rojo del aparato que indica el momento de leer el valor del % de oxígeno en la escala (78).

La cámara de vida acelerada contiene en su interior un sistema que produce vapor caliente y otro de enfriado del vapor, los cuales proporcionan al ambiente una humedad relativa y temperatura determinadas. Posee además, un termómetro e higrómetro que regulan la temperatura y humedad relativa respectivamente.

Además se utilizaron otros equipos como la balanza analítica Sauter Pat. no. 229000, balanzas granatarias, bomba de vacío, agitador magnético modelo 4803, una estufa para el secado del material Fisher Junior Drying Oven Serial no. 1275, vacuómetro.

**ANEXO 3 :**

**ESCALAS DE CALIFICACIONES DE LAS PRUEBAS SENSORIALES.**

**1.-CACAHUATE SAZONADO**

<b>APARIENCIA</b>	<b>AROMA</b>	<b>COLOUR</b>	<b>SABOR</b>
1.-Agradable	1.-Agradable	1.-Adecuado	1.-Agradable
2.-Brillante	2.-Especias	2.-Heterogéneo	2.-Especias
3.-Lig.brillante	3.-Lig.rancio	3.-Oscuro	3.-Salado
4.-Opaca	4.-Rancio		4.-Quemado
5.-Reseca			5.-Húmedo
			6.-Sin sal
			7.-Lig.rancio
			8.-Rancio

**2.-CACAHUATE FRITO CON SAL**

1.-Agradable	1.-Agradable	1.-Adecuado	1.-Agradable
2.-Brillante	2.-Acolte	2.-Heterogéneo	2.-Quemado
3.-Lig.brillante	3.-Lig.rancio		3.-Falta sal
4.-Opaca	4.-Rancio		4.-Húmedo
5.-Reseca			5.-Lig.rancio
			6.-Rancio

**3.-CACAHUATE SAZONADO CON MEZCLA DE CHILES Y LIMON**

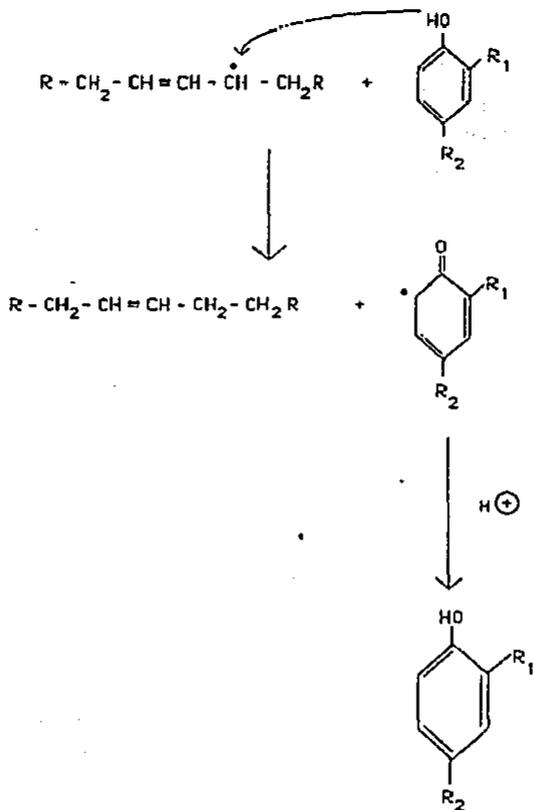
<b>APARIENCIA</b>	<b>AROMA</b>	<b>COLOR</b>	<b>SABOR</b>
1.-Agradable	1.-Agradable	1.-Adecuado	1.-Agradable
2.-Brillante	2.-Limón	2.-Lig.pálido	2.-Con chile
3.-Lig.brillante	3.-Chile	3.-Pálido	3.-Con limón
4.-Opaca	4.-Lig.rancio		4.-Con sal
5.-Reseca	5.-Rancio		5.-Húmedo
			6.-Falta sal
			7.-Falta chile
			8.-Falta limón
			9.-Lig.rancio
			10.-Rancio

**4.-CACAHUATE FRITO EN MEZCLA DE DOS TIPOS Y PEPITAS**

1.-Agradable	1.-Agradable	1.-Adecuado	1.-Agradable
2.-Brillante	2.-Acolito	2.-Heterogéneo	2.-Con sal
3.-Lig.brillante	3.-Lig.rancio		3.-Húmedo
4.-Opaca	4.-Rancio		4.-Falta sal
5.-Seca			5.-Amargo
			6.-Lig.rancio
			7.-Rancio

ANEXO 4 :

MECANISMO DE ANTIOXIDACION.



## ANEXO 5 :

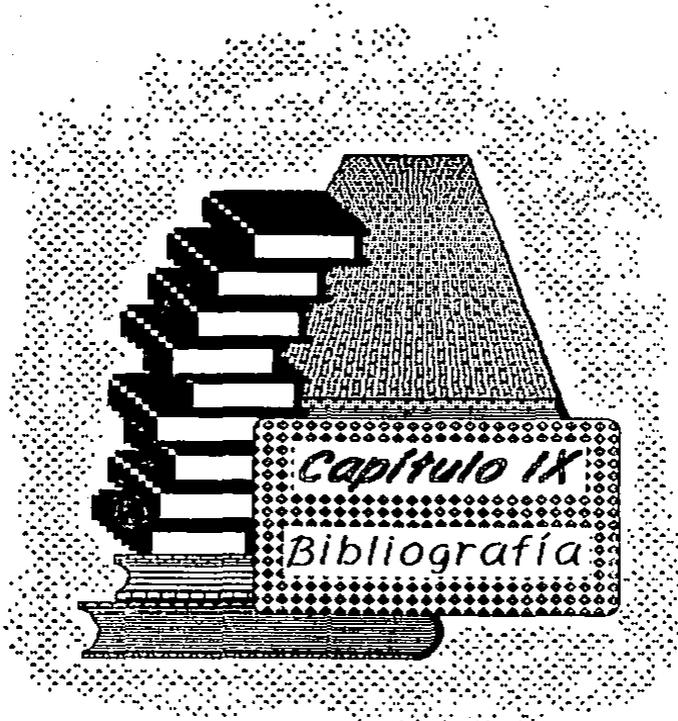
### TRATAMIENTO MATEMATICO.

El tratamiento matemático que se le dió a los datos obtenidos de vida acelerada y vida de anaquel o campo, fue tomando en cuenta lo siguiente:

1.- Para encontrar la relación entre la vida acelerada y la vida de anaquel de los cacahuates en cuestión se tomaron en cuenta los datos obtenidos de la determinación del índice de peróxidos, por que es una medida del curso de las reacciones de oxidación que sufren los cacahuates en su período de almacenamiento.

2.- Se tomaron en cuenta los valores de peróxidos de los días comprendidos desde el " día cero" o dato inicial de los cacahuates hasta el máximo valor de peróxidos obtenido, tanto en vida acelerada como en vida de anaquel o campo, ya que apartir de este momento el valor de peróxidos decrece por la descomposición de los hidroperoxidos en productos secundarios, no detectables por el método utilizado.

3.- Con el fin de encontrar el tiempo óptimo de vida de anaquel de los productos, se relacionaron la vida de anaquel y la vida acelerada mediante la ecuación de una línea recta  $Y = mX + b$ , donde  $Y$  = días de almacenamiento del producto en vida de anaquel o campo,  $m$  = pendiente de la recta,  $X$  = días de almacenamiento del producto en vida acelerada,  $b$  = intersección de la línea recta en el eje de las  $Y$ . Esto se obtuvo seleccionando los datos obtenidos de las determinaciones de peróxidos de ambas vidas, es decir, el dato que en moq. de peróxidos es igual o cercano en ambas vidas, de tal forma que hay una equivalencia en días entre las dos vidas.



*Capítulo IX*

*Bibliografía*

## IX.- BIBLIOGRAFIA.

- (1) Potter, N. : La Ciencia de los Alimentos. 1a. ed. México. EDUTEX, S.A. 1973.
- (2) Tannenbarn, R. S. : Integration of Chemical and Biological Changes of Foods and Their Influence on Quality. Fennema, R.O. : Principles of Food Science. Madison, Wisconsin. 1976.
- (3) Institute of Food Technologist's Expert Panel. : Shelf Life of Foods. Food Technol. 27, 1974.
- (4) Chetel, J.C., Chetel, H. y Besacon, P. : Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. 3a. ed. Zaragoza, España. Ed. Acriba. Vol. II, 1983.
- (5) Badul, S. : Química de los Alimentos. 1a. ed. México. Ed. Alhambra. 1983.
- (6) Mc Graw Hill : Encyclopedia of Science and Technology. Mc Graw Hill Book Co. Inc. Vol. 9. 19, 1960.
- (7) Cornellus, J.A., Instituto de Productos Tropicales Londres : Tecnología de la Producción de Harinas Comestibles y Productos Proteínicos del Cacahuete (Maní). Dirección de Servicios Agrícolas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 1971.
- (8) Cornelius, J.A. y Raymond, W.D. : Some Oilseeds from Tropical Herbaceous Crops. Trop. Sci., 9. 1967.
- (9) Woodroof, J.G. : Peanuts : Production, Processing, Products. The AVI Publishing Company, Inc. 1966. Westport, Connecticut.
- (10) Oir, E. y Adair, D. : The Production of Protein Foods and Concentrates from Oilseeds. Tropical Products Institute. Report G 31, Londres. Junio, 1967.
- (11) Landaverde, A. : Las Plantas Oleaginosas. México. Bartolomé Trucco. 1942.

- (12) Eckey, E.W. : Vegetable Fats and Oils. N.Y. Reinhold. 1954.
- (13) National Fertilizer Association-Plant Food Research Committee. : The Peanut, the Unpredictable Legume. Published by the Association Wash. 1951.
- (14) Hart, F.L. y Fisher, H.J. : Análisis Moderno de los Alimentos. 1a. ed. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 1971.
- (15) Inglett, G.E. Symposium : Seed Proteins of Peanut. Wesport, Connecticut. AVI. 1972.
- (16) Charley, H. : Tecnología de Alimentos. 1a. ed. Ed. LIMUSA. México, 1987.
- (17) Daman, J.M. : Principles of Food Chemistry. The AVI Publishing Company Inc. 1980.
- (18) Owen, R. F. : Food Chemistry. 2nd. ed. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 1965.
- (19) Frank, A. L. : Basic Food Chemistry. 2nd. ed. The AVI Publishing Company Inc. N.Y., U.S.A. 1980.
- (20) Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. : McCance and Widdowson's The Composition of Foods. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Medical Research Council N.Y., U.S.A. 1978.
- (21) Abraham, K.O. y Becker, R.H. : Flavor Chemistry. In : Ash, D.J. : Source Book of Flavors. N.Y. Academic Press. 1983.
- (22) Hallowell, E.R. : Cold and Freezer Storage Manual, 2nd. ed. Wesport, Connecticut. AVI. 1980.
- (23) Weiss, T.J. : Food Oils and Their Uses. Wesport, Connecticut. AVI. 1970.
- (24) Labuza, T. P. y Riboh, D. : Theory and Application of Arrhenius Kinetics to the Prediction of Nutrients Losses in Foods. Food Technol. ;2: 66-74, 1982.
- (25) Patte, H.E. , Pearson, J.L. , Young, C.T. y Giebsbrecht, F.G. : Changes in Roasted Peanut Flavor and Other Quality Factors with Seed Size and Storage Time. Food Sci. 47, 1982.
- (26) Patto, H.E., Bosley, E.O. y Singleton, J.A. : Isolation and Identification of Volatile Components from High Temperature Cured Oil-Flavor Peanut. J. Food. Sci. 30, 1965.

- (27) Pate, H.E. y Singleton, J.A. : Isolation of Isomeric Hydroperoxides from the Peanut Lipoxygenase Linoleic Acid Reaction, J. of the American Oil Chemists' Society. 54, 1970.
- (28) Pate, H.E., Singleton, J.A. y Johns, E.B. : Effects of Storage Time and Conditions on Peanut Volatiles, J. Agr. Food Chem. 19; 1. 1971.
- (29) Tovar, L.R. y Kaneda, T. : Comparative Toxicity of Secondary Oxidation Products in Autoxidized Methyl Linoleate, Studies on The Toxicity of Autoxidized Oils. Chap. IV. Yukagaku 26. 1977.
- (30) Labuza, T.P. : Shelf Life Dating of Foods, 1erst. ed. Westport, Connecticut. Food and Nutrition Press, Inc., 1982.
- (31) Labuza, T.P. y Schmidt, K.M. : Accelerated Shelf life testing of Foods, Food Technol. ; 21 : 37-64. 1985.
- (32) Labuza, T.P., McNally, L., Gallagher, Hawkes, J. y Hurtado, F. : Stability of Intermediate Moisture Foods, J. Food Sci. 37, 1972.
- (33) Neiland, J.B. y Stempel, P.K. : Outlines of Enzyme Chemistry, 2nd. ed. Ed. Wiley. 1955.
- (34) Plahor, W.A. y Leong, H.K. : Storage Stability of Dehydrated and Soy Fortified Fermented Maized Meal, J. Food Sci. ; 50 : 182 - 187, 1985.
- (35) Longanil, R.R., William, F.F., Mylen, A.M. y Bryam, L.A. : Browning of Dehydrated Vegetables During Storage, Ind. Eng. Chem. ; 10 : 1294 - 1299, 1977.
- (36) Stewart, G.F. : Water Activity Influence on Food Quality, Treatise on the Influence of Bound and Free Water on the Quality and Stability of Foods and Other Natural Products. 2nd. ed. Academic Press, Inc. 1981.
- (37) Kwolek, W.F. y Bookwiler, G.N. : Predicting Storage Stability from Time-Temperature Data, Food Technol. ; 25 : 51 - 63, 1971.
- (38) Manson, M.E., Newell, J.A. , Johnson, B.R. , Koehler, P.E. y Waller, G.R. : Nonvolatile Flavor Components of Peanuts, J. Agr. Food Chem 17 ; 4. 1969.
- (39) Manson, M.E., Johnson B.R. y Hamming, M.C. : Volatile Components of Roasted Peanuts: The Major Monocarbonyls Some Noncarbonyl Components, J. Agr. Food Chem. 15 ; 1. 1967.

- (40) Buckholz, L.L., Daun, E.H., Stier, E. y Trout, R. : Influence of Roasting Time on Sensory Attributes of Fresh Roasted Peanuts, J.Food Sci. 15, 1980.
- (41) Singleton, J.A. , Patta, H.E. y Johnson, E.B. : Influence of Curing Temperature on the Volatile Components of Peanuts, J. Agr. Food Chem. 19 ;1. 1971.
- (42) Chi-tangho, Min-hslung, L. y Stephen, S.CH. : Isolation and Identification of Volatile Compounds from Roasted Peanuts, J. Food.Sci. 47, 1981.
- (43) Jacques, R., Chipault, A. y Hawkins, J.M. : Lipid Autoxidation in Freezer Dried Meats, J. Agr. Food Chem. 19 ;3. 1971.
- (44) Bhuchar, V.M., Agrawal, A.K. y Shama, S.K. : A Study of Solvent Extraction of Lipids from whole Peanuts Kernels Using All-Purpose Automatic Solvent Extractor, J. Food Sci. 46, 1981.
- (45) Worthington, R.E. : The Linolenic Acid Content of Peanut Oil, J. of the American Oil Chemists' Society, 54, 1970.
- (46) Worthington, R.E. y Hammons, R.D. : Variability in Fatty Acid Composition Among Arachis Genotypes : A Potential Source of Product Improvement, J. of the American Oil Chemists' Society, 54, 1977.
- (47) Woodmart, A. : Food Analysis, Mc Graw Hill, 1941.
- (48) Brennan, J.G., Butters, J.R. y Cowell, N.D. : Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos, 3a. ed. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 1980.
- (49) Hendel, C.E., Bailey, G.F. y Taylor, D.H. : Measurement of Nonenzymatic Browning of Dehydrated Vegetables during Storage, Food Technol. ; 4 :344 -347, 1950.
- (50) Gray, J.I. : Measurement of lipid Oxidation, A Review J. AOCS. ; 55 : 539 - 546, 1977.
- (51) Pearson, D. : Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos, 1a. ed. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 1976.
- (52) American Oil Chemists' Society ( AOCS ). : Official and Tentative Methods of American Oil, Chicago, Illinois, Chemists' Society, 1970.
- (53) American Oil Chemists' Society ( AOCS ). : Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils, Official Method. CD. 8-53, 1960.

- (54) Association of Official Agriculture Chemist : Methods Analysis.  
Ed. AOAC, 1970.
- (55) Jacobson, G.A., Kirkpatrick, J.A., Goff, H.E. y Basic Research  
Department Campbell Soup Company. : A Study of the Applicability  
of a Modified Thiobarbituric Acid Test to Flavor Evaluation of Fats and Oils.  
J. AOCS; 41 : 124 -126, 1964.
- (56) Kramer, A.D. y Twigg, A.B. : Quality Control for the Food Industry.  
3rd. ed. Westport, Connecticut. The AVI Publishing Company, Inc.  
1979.
- (57) Miñoza, L. y Gotchaliand, T. : Sensory Evaluation Methods with Statistical  
Analysis (for Research Products Development and Quality Control)  
1st. ed. Philippines. University of the Philippines, 1981.
- (58) Zook, K.K. y Wessman, C. : The Selection and Use of Judges for  
Descriptive Panels. Food Technol. ; 11 : 56 - 61, 1977.
- (59) Heiss, R. y Munich. : Principios de Envasado de los Alimentos.  
Gulfa Internacional. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 1977.
- (60) Christensen, H.B. : Estadística Paso a Paso, 1a. ed. Ed. Trillas.  
México. 1983.
- (61) Mendelhoff, W., Sheaffer, L.R. y Waskerly, D.D. : Estadística Matemática  
con Aplicaciones, 1a. ed. Grupo Editorial Iberoamericano. 1986.
- (62) Kroyszig, E. : Introducción a la Estadística Matemática, 8va. ed.  
Ed. LIMUSA 1985.
- (63) Wolpelo, R.E. y Myer, R.H. : Probabilidad y Estadística para  
Ingenieros, 2a. ed. Ed. Iberoamericana. 1985.
- (64) Asociación Americana de Soya. : El Aceite de Soya sirviendo al Mundo.  
México. 1980.
- (65) Erickson, D.R. : Manual de Procesamiento y Utilización del Aceite de Soya.  
México. Asociación Americana de Soya. 1980.
- (66) Plahar, W.A. y Leung, H.K. : Soy- Fortified Fermented Maize Meal.  
J. Food Sci. 50, 1965.
- (67) Martínez-Rubalcaba, E.V. : Memorias del Taller de Evaluación Sensorial.  
México, D.F., Sociedad Mexicana de Saboristas, A.C. 1968.
- (68) Wingrove, A.S. y Caret, R.L. : Química Orgánica. Ed. HARLA.  
México, 1984.

- (69) Elmend y Amond . : Modern Laboratory Appliances, Montreal.  
Fisher Scientific Company. 1962.
- (70) Curtin, W.H. & co. : Scientific Apparatus and Chemicals.  
México. Curtin de México, S.A. de C.V. 1962.
- (71) Will & co. : Laboratory Apparatus, New York. Scientific, Inc. &  
Subsidiarios. 1962.
- (72) Thomas, A.H. & co. : Scientific Apparatus and Reagents.  
U.S.A. Philadelphia, P.A. 1965.
- (73) Willard, M. D. : Métodos Instrumentales de Análisis.  
5a ed. México. CECSA. 1982.
- (74) Altamirano, A.A. y Morales de León, J. : Manual de Técnicas de  
Laboratorio para el Análisis de Alimentos, 2a. ed. México.  
Depto. de Ciencias y Tecnología de Alimentos, I.N.N.S.Z. 1984.
- (75) Pietrzyk, D.J. y Frank, C.W. : Química Analítica, 2a. ed. México.  
Ed. INTERAMERICANA. 1983.
- (76) Orozco, F. : Análisis Químico Cuantitativo, 14a. ed. México.  
Ed. Porrúa, S.A. 1983.
- (77) Fritz, J.S. y Schenk, G.H. : Química Analítica Cuantitativa, 3a. ed.  
México. Ed. LIMUSA. 1979.
- (78) Bockman Instruments, Inc. : Specifications, Analytical Instruments  
Sales and Service Division. 1980.
- (79) Braverman, J.B.S. : Introducción a la Bioquímica de los Alimentos.  
1a. ed. México. Ed. El Manual Moderno, S.A. 1980.
- (80) Stuckey, B.N. : Antioxidants, In : Schultz, H.W., et al. Symposium  
on Foods : Lipids and their oxidation, The AVI Publishing,  
Wesport, Conn, 1962.
- (81) Sherwin, E. R. : Oxidation and Antioxidants in Fat and Oil Processing.  
J. Am. Oil. Chem. Soc. , 55809 (1978).