

11  
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**



**FORMULACION Y ELABORACION DE UNA  
MARGARINA DE ACEITES DE  
ORIGEN VEGETAL**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERA EN ALIMENTOS**  
P R E S E N T A N :  
**GEORGINA GARCIA MORALES  
MARIA VARELA CORONEL**

DIRECTOR DE TESIS: DRA. SARA E. VALDES MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS PARTICULARES .....	3
I. GENERALIDADES .....	5
I.1 HISTORIA .....	6
I.2 COMPOSICION QUIMICA DE LA MARGARINA .....	15
I.3 ACEITES Y GRASAS COMO MATERIA PRIMA .....	19
I.3.1 HIDROGENACION .....	34
I.3.2 POLIFORMISMO .....	39
I.4 ELABORACION DE MARGARINA .....	45
I.4.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA .....	47
I.4.2 PROCESO GENERAL DE ELABORACION ..	54
I.4.2.1 DESCRIPCION Y CONDICIONES DE PROCESO .....	58
I.4.3 CLASIFICACION DE MARGARINAS ....	65
I.4.4 NORMAS DE CALIDAD .....	72
II MATERIAL Y METODOS .....	77
III RESULTADOS Y OISCUSION .....	84
III.1 CARACTERIZACION DE MARGARINAS COMERCIALES .....	85
III.2 CARACTERIZACION DE MATERIA PRIMA .....	94
III.3 FORMULACION DE LA FASE OLEOSA ...	105

III.4	ELABORACION DE MARGARINA	...	111
III.4.1	DESCRIPCION DE PROCESO	.....	113
III.4.2	PRODUCTO ELABORADO	.....	118
IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	127
APENDICE	A	.....	131
APENDICE	B	.....	148
BIBLIOGRAFIA		.....	157

## FIGURAS

### CAPITULO I

Fig. I.1	Consumo Per-Capite de margarina y mantequilla a nivel mundial ( 1900-1976)	8
Fig. I.2	Producción nacional de margarina ( 1990 - 1989)	12
Fig. I.3	Diagrama de bloques. Proceso de refinación de aceites vegetales	24
Fig. I.4	Diagrama de flujo. Proceso de refinación de aceites vegetales	25
Fig. I.5	Diagrama de operaciones subsiguientes del blanqueado y aceites utilizados	29
Fig. I.6	Mecanismo de hidrogenación de un alqueno ( reacción progresiva)	35
Fig. I.7	Corte transversal de la estructura de la cadena larga	40
Fig. I.8	Diagrama de bloques. Proceso de elaboración de margarina de "mesa"	55
Fig. I.9	Diagrama de flujo. Proceso de elaboración de margarina de "mesa"	56

### CAPITULO II

Fig. II.1	Etapas de la fase experimental	79
-----------	--------------------------------	----

### CAPITULO III

Fig. III.1	Curvas dilatométricas de margarinas comerciales	91
------------	---	----

Fig. III.2	Curvas dilatométricas de la materia prima	101
Fig. III.3	Diagrama de bloques. Proceso de elaboración de margarina	115
Fig. III.4	Curvas dilatométricas de margarinas elaboradas	126

## TABLAS

### CAPITULO I

Tabla I.1	Producción nacional de margarina	10
Tabla I.2	Composición química de la margarina y mantequilla	16
Tabla I.3	Composición de ácidos grasos de la mantequilla y margarina	17
Tabla I.4	Rendimiento semilla - aceite promedio mundial	20
Tabla I.5	Presentación e importancia de las materias primas oleosas en la industria margarina mexicana	22
Tabla I.6	Características de formas cristalina de las grasas	41
Tabla I.7	Clasificación de grasas y aceites -- según su forma cristalina	43
Tabla I.8	Características de la leche utilizada en la elaboración de margarina de "mesa"	49
Tabla I.9	Formulación tipo de una margarina de "mesa"	57
Tabla I.10	Tipos de margarina de "mesa"	66
Tabla I.11	Envases y presentación de margarina - industrial y de mesa	71
Tabla I.12	Norma de calidad de la margarina de "mesa". Propiedades Fisicoquímicas	73

Tabla I.13	Norma oficial de la margarina de mesa. Calidad Microbiológica	74
Tabla I.14	Norma oficial de la margarina industrial. Propiedades fisicoquímicas	76

## CAPITULO II

Tabla II.1	Análisis y técnicas utilizadas	81
------------	--------------------------------	----

## CAPITULO III

Tabla III.1	Resultados de la caracterización fisicoquímica de margarinas comerciales	86
Tabla III.2	Índice de grasa sólida para margarinas comerciales	89
Tabla III.3	Resultados de la caracterización de la materia prima	95
Tabla III.4	Puntos de fusión de diferentes ácidos grasos	97
Tabla III.5	Composición de ácidos grasos en aceite de algodón y soya	99
Tabla III.6	Índice de grasa sólida para materia prima	100
Tabla III.7	Composición de la fase oleosa	106
Tabla III.8	Formulación e ingredientes básicos dentro de la elaboración de margarina	112
Tabla III.9	Resultados de las características fisicoquímicas de margarinas elaboradas	119
Tabla III.10	Índice de grasa sólida para margarina elaborada	124

## R E S U M E N

En México existen diferentes formas de elaborar -- margarina de "mese". Cada productor tiene su propia fórmula así como su proceso de elaboración. La parte primordial de una margarina es la formulación de la fase oleosa y el objetivo principal de este trabajo es el de determinar dicha fase y poder elaborar margarina a partir de aceites de origen vegetal usando básicamente aceite de soya y aceite de algodón parcialmente hidrogenados, ya que éstos en su mayoría son procesados principalmente por ICONSA

La metodología seguida para nuestra experimentación fue la siguiente:

Inicialmente se evaluaron características fisicoquímicas a margarinas comerciales, en seguida a la materia prima antes mencionada. Dichas evaluaciones consistieron en determinar el índice de Iodo, punto de fusión e índice de grasa sólida con el fin de obtener resultados que nos pudieran servir como referencia para formular la fase oleosa. Una vez conocidas estas características se procedió a la elaboración de diversas mezclas utilizando



diferentes concentraciones de los aceites usados. A -- estas mezclas se les determinó también las pruebas antes mencionadas seleccionando aquellas que nos dieran resultados semejantes a los de las margerinas comerciales y a estandares establecidos por D.G.N. Una vez seleccionadas las mezclas se procedió a la elaboración de la margarina a nivel laboratorio.

## I N T R O D U C C I O N

La margarina es una mantequilla artificial que en apariencia, composición y características organolépticas así como en cualidades nutricionales es muy semejante a una verdadera, solo que los aceites y grasas empleados en su elaboración son principalmente de origen vegetal. En la actualidad ha sido aceptada como sucedáneo de la mantequilla en la mayoría de los países, siempre y cuando se elaboró correctamente. Es una emulsión de tipo agua-aceite que se somete a una rápida solidificación y luego a una cristalización creando con esto las propiedades plásticas deseadas en ella. Contiene en la fase oleosa una mezcla de aceites refinados y parcialmente hidrogenados, de tal manera que es sólida a temperatura ambiente pero que tiene una rápida fusión en la boca dando un buen desprendimiento del sabor sin residuo de grasa aparente. La fase acuosa puede estar constituida de leche descremada, agua o una mezcla de estas. En cualquiera de las dos fases casi siempre se encuentran mezclados otros ingredientes como son: emulsificantes, saborizantes, cloruro de sodio, colorantes, vitaminas A y D, conservadores y antioxidantes.

Debido a que en la actualidad se cuenta con una gran variedad de componentes hidrosolubles y liposolubles que pueden ser utilizados para la elaboración de margarina, - su producción en México se ha incrementado en un 58.9 % aproximadamente, en los últimos 10 años. Además dicho aumento se ha visto influenciado por diferentes factores entre los que destacan:

- El desarrollo tecnológico en la extracción, refinación y modificación de aceites y grasas de origen vegetal.
- La optimización de las condiciones de operación y equipo más moderno utilizado en el proceso de fabricación de margarina.
- El aumento considerable en la demanda, principalmente, debido a su valor relativamente bajo con respecto a la mantequilla (teniendo una diferencia en el precio de venta de un 50 - 60 % entre estos productos).

**OBJETIVO GENERAL :**

Formular la composición de la fase oleosa de una margarina de "mesa" y comparar con margarinas comerciales algunas de sus propiedades como son textura, rápida fusión en la boca así como su consistencia a temperatura de refrigeración y a temperatura ambiente.

**OBJETIVO PARTICULAR :**

- Analizar las principales características físico-químicas de productos comerciales con el fin de obtener información que sirva de referencia para la formulación de la fase oleosa.
- Analizar las principales características físico-químicas de aceites con diferente grado de hidrogenación para posteriormente ser utilizados en mezclas.

- Conocer la influencia de los aceites parcialmente hidrogenados en mezclas elaboradas y seleccionar aquellas que presenten las características más semejantes a productos comerciales.
- Elaborar margarina de "mesa" a nivel laboratorio e identificar los principales factores que influyen en sus características fisicoquímicas.

## I. GENERALIDADES

## I.1 HISTORIA

La margarina fue inventada por el químico francés - Hippolite Mège Mouries a petición de Napoléon III sobre un sustituto económico y nutritivo de la mantequilla, por lo que la margarina goza de una patente francesa desde el año de 1869. ( 9, 22, 45).

Mège Mouries la elaboró a partir de aceite de óleo, él cual es preparado cuidadosamente con el sebo de res mediante el siguiente proceso: extrajo el sebo calentando la carne de res a baja temperatura, la cual vació y cristalizó en un recipiente. A la grasa de res purificada la cubrió con tela filtrante y prensó en frío. A la parte más -- suave de lo prensado lo llamó oleo-aceite siendo el material graso que utilizó para la elaboración de la margarina; -- después lo mezcló con leche y sal, batió y enfrió con hielo para solidificar, obteniendo así una masa plástica que -- moldeó en envases. Debido a su apariencia aperlada Mège -- Mouries la llamó "oleomargarina" : óleo del aceite de óleo y margarina de la palabra griega margarite que significa -- aperlado. Así fue como comenzó a fabricarse en Francia en -- el año de 1870. (9,45).

A principios de siglo XX, la población mundial -- siguió su crecimiento y la grasa animal no fue suficiente -- para satisfacer la demanda de los consumidores, por lo cual

el proceso de hidrogenación se perfeccionó, permitiendo así el cambio de aceite líquido por grasa vegetal. Esto permitió que en la manufacture de la margarina se utilizará una combinación de grasas diferentes puntos de fusión; dando --- como resultado una textura y plasticidad más aceptable por - el consumidor. (34, 37, 45).

La diversificación en cuanto a la materia grasa que podía ser empleada para la elaboración de margarina dió la - oportunidad para cometer fraudes, ya que el consumidor - adquiriría la mantequilla adulterada con margarina. A conse-- cuencia de esto, la venta de este producto fue desfavorable para la industria láctea, lo cual condujo a la necesidad de una legislación que controlará la producción y distribución de margarina. Desde el momento en que se dictan las normas de control para la mantequilla y margarina se establecen las diferencias entre los dos, una de las principales es el tipo de grasa utilizada y por lo tanto, los ácidos grasos presentes en el producto.(37, 45).

Por otro lado, estudios nutricionales y diferentes descubrimientos médicos sugieren la necesidad de aumentar la proporción de ácidos polinsaturados en la dieta, así la probabilidad de que exista una acumulación de colesterol en la sangre disminuiría, lo anterior ha dado como resultado una baja en el consumo per-cápita de grasas de origen animal ricas en ácidos grasos saturados y como consecuencia un



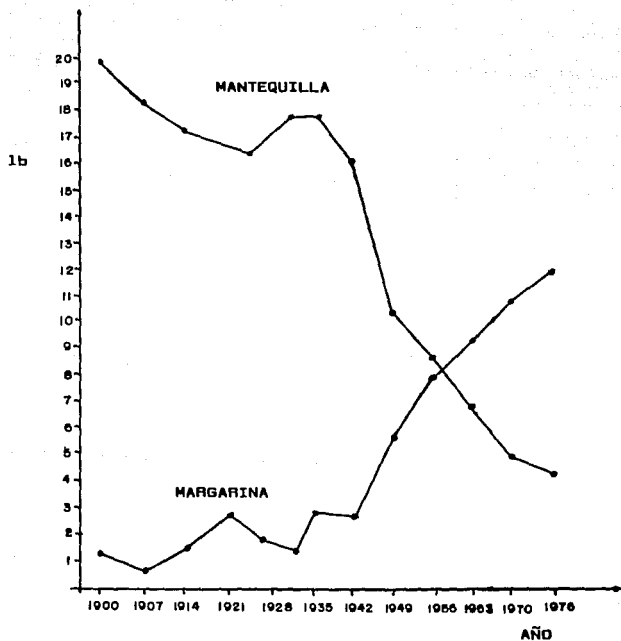


Fig. I.1 CONSUMO PER-CAPITA DE MARGARINA Y MANTEQUILLA A NIVEL MUNDIAL.  
Fuente: MASIELLO, F.J. (1978).

umento en el consumo de productos ricos en ácidos poli-insaturados como aceites y margarinas. (37, 45).

En la figura I.1 se muestra el consumo per-cápita de mantequilla y margarina a nivel mundial de 1900 hasta 1976, puede notarse que entre los años de 1900 y 1941, dicho consumo tuvo un ligero aumento; pero a partir de 1942 se incrementó aceleradamente el consumo de margarina debido a que se suscitaron varios factores entre los que destacan:

- La reducción de la disponibilidad de leche para la elaboración de mantequilla, ésto debido a que disminuyó la producción de ganado.
- La diferencia de precios entre la mantequilla y la margarina.
- El desarrollo, perfeccionamiento y cambios innovadores en el proceso de elaboración de margarina.(35, 40, 47).

Por otro lado, la información acerca de la producción de la margarina en México es un tanto inexacta, debido a que la bibliografía consultada presenta diferentes datos en los años de 1980 a 1984.(8, 10, 12, 19, 25).

Dichas variaciones pueden deberse a las siguientes causas:

- La fuente de información que se utilizó para la obtención de los datos.

**TABLA I.1 PRODUCCION NACIONAL DE  
MARGARINA.**

<b>A Ñ O</b>	<b>PRODUCCION ( Ton )</b>
1970	11900
1975	12800
1980	18600
1987	31844
1988	29599
1989	31837

Fuente: ENCUESTA INDUSTRIAL MENSUAL,  
S.P.P. 1987, 1988 y 1989.  
CONASUPO. Asociación Nacional  
de Industriales de Aceites y  
Mantecas Comestibles. 1983.

- No se consideran los productores "piratas".
- Estudios realizados solo a la zona urbana considerada como la que consume mayor cantidad de margarina.
- La estadística que presenta la Secretaría de Programación y Presupuesto la agrupa con otros productos, esto es, se encuentra este rubro como " Industria de aceites, margarina y otros vegetales."

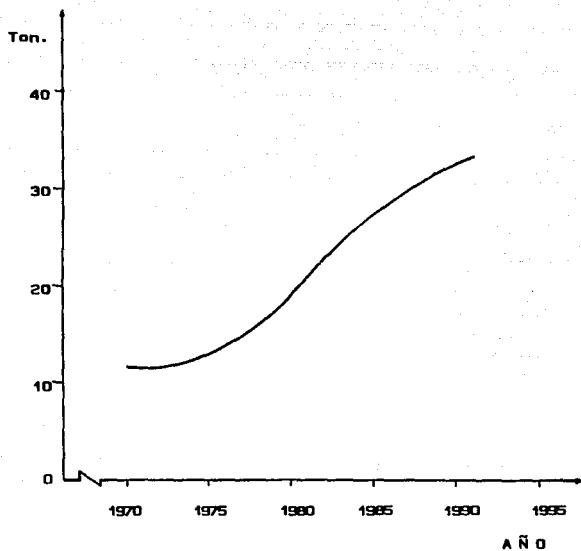
A pesar de estas observaciones se revisó y analizó los valores de producción de los años de 1970 hasta 1989 --- (tabla I.1 y figura I.2), encontrándose que la producción de margarina se incrementó en un 167.5 % en un periodo de 19 -- años. Por otro lado, analizando la gráfica se detecta que - existe un periodo de crecimiento de los años 1975 hasta 1987 para luego tener un periodo de estancamiento.

La industria margarinera en México se subdivide en - dos tipos principales de mercado que son:

1. El mercado Industrial. Se caracteriza por elab--orar un producto que formará parte de los ingredientes ---- durante la producción de panes, pasteles y repostería.

2. El mercado de "mesa". Se le conoce así porque - el producto es consumido directamente en la mesa: pan, hot cakes, aderezos, en platillos, etc.

Asimismo, se puede clasificar a los productores de



**Fig. I.2 PRODUCCION NACIONAL DE MARGARINA**

Fuente: Encuesta Mensual Industrial.  
S.P.P. 1987, 1988, 1989.  
CONASUPO. Asociación Nacional de  
Industriales de Aceites y Mantecas  
Comestibles. 1983.

margarina en dos grupos:

**grupo 1: Potenciales.** Son todos aquellos que aunque incluyen en su giro comercial la factibilidad de producir margarina, no la produjeron durante un cierto periodo de tiempo. Dentro de estos productores se pueden identificar varios grupos ligados con la industria de extracción, refinación y procesamiento.

**grupo 2: Reales.** Los fabricantes que pertenecen a este tipo han estado produciendo en forma ininterrumpida margarina. Esta industria muestra una fuerte concentración ya que tres empresas (ACCO, Productos de Leche y Carrancedo), aportan casi un 70 % del total de la producción y si se añade a Marga de México se concluye que 4 empresas representan casi un 90 % del total producido. ( 25 ).

A continuación se muestra la clasificación de los diferentes productores de margarina:

**POTENCIALES:**

- \* Grupo Cusi ( aceite) del D.F.
- \* Grupo Santos o Gamesa de Monterrey.
- \* Grupo González Rivero ( aceite) de Monterrey.
- \* Aceites, grasas y derivados (aceites) Guadalajara.
- \* Grupo Yacur (aceite) de Yucatán y D.F.
- \* Cremeria Trípoli (Prod. lácteos) del D.F.

**REALES:**

- \* Anderson Clayton ( ACCO) de Monterrey.
- \* Productos de Leche ( PROLESA) D.F.
- \* Carracedo Alimentos. D.F.
- \* Marga de México. D.F.
- \* Cremeria Americana D.F.
- \* Kraft Foods de México. D.F.
- \* Fabricantes "piratas".

Los fabricantes "piratas" son pequeños industriales que operan al margen de la ley (control sanitario y estadístico Oficial) surten de margarina industrial a poblaciones - pequeñas y medianas de los estados de Coahuila, Zacatecas, Sinaloa, Sonora, Durango y Chihuahua. (25).

## I.1 COMPOSICION QUIMICA DE LA MARGARINA

Nutricionalmente, la margarina puede competir con la mantequilla ya que como se muestra en la tabla I.2, ambas poseen los mismos componentes y cantidades; puede observarse que la mantequilla proporciona mayor contenido energético -- debido principalmente al porcentaje de grasas presentes en ellas. Es importante recordar que el contenido calórico de las grasas es muy elevado, 9 kcal/g, comparado con aproximadamente 4 kcal/g de los carbohidratos y proteínas.(5,49).

En lo concerniente a sus demás componentes se -- observa que existe una pequeña variación en las cantidades, a excepción del calcio que tiene una diferencia del 15.8 % -- y éste puede ser adquirido por el consumo de alimentos ricos en calcio.

Respecto a su digestibilidad, el principal aspecto a considerar en cualquier alimento es si éste es digerido y absorbido. (54).

Analizando el contenido de ácidos grasos de la mantequilla y la margarina mostrados en la tabla I.3, se observa que la margarina solo tiene un 32.2 % de ácidos grasos saturados mientras que la mantequilla tiene 53.2 % ; por lo que se puede deducir que la primera es más saludable y al mismo tiempo más consistente por contener la mayor cantidad



**TABLA I.2 COMPOSICION QUIMICA DE LA MARGARINA  
 Y MANTEQUILLA.**

COMPONENTE	MANTEQUILLA	MARGARINA
Energia (kcal/100 g)	743	716
Proteínas ( % )	1.0	0.6
Grasas ( % )	84	81
Carbohidratos ( % )	0.0	0.4
Calcio ( % )	0.019	0.003
Hierro ( % )	0.0002	0.0003
Vitaminas A (mg. eq. de retinol)	840	600
Agua ( % )	14.98	18

Fuente: Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. 1981.  
 INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION.

TABLA I.3. COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS  
DE LA MANTEQUILLA Y MARGARINA.

ACIDOS GRASOS		MANTEQUILLA <sup>a</sup>	MARGARINA <sup>b</sup>
ACIDO BUTIRICO	C <sub>4</sub>	2.3	---
ACIDO HEXANOICO	C <sub>6</sub>	1.6	---
ACIDO OCTANOICO	C <sub>8</sub>	1.5	---
ACIDO DECANOICO	C <sub>10</sub>	2.2	---
ACIDO DECENOICO	C <sub>10:1</sub>	0.4	---
ACIDO LAURICO	C <sub>12:0</sub>	2.5	---
ACIDO CIS-9-ODOE- CENOICO	C <sub>12:1</sub>	0.2	---
ACIDO MIRISTICO	C <sub>14:0</sub>	8.2	0.8
ACIDO CIS-9-TETRA- DECENOICO	C <sub>14:1</sub>	2.6	---
ACIDO PALMITICO	C <sub>16:0</sub>	25.8	27.4
ACIDO CIS-9-HEXA- DECENOICO	C <sub>16:1</sub>	4.6	0.2
ACIDO ESTEARICO	C <sub>18:0</sub>	9.1	3.3
ACIDO OLEICO	C <sub>18:1</sub>	32.2	27.5
ACIDO LINOLEICO	C <sub>18:2</sub>	4.9	39.1
ACIDO LINOLENICO	C <sub>18:3</sub>	2.0	2.8

a. Composición determinada por cromatografía de gases

b. Los datos son un promedio de los ácidos grasos - de algunos aceites utilizados para la elaboración de margarina (aceite de soya, algodón, palma). Los datos de cada aceite son una composición de ácidos grasos determinados por cromatografía de gases.

Fuente: Badui (1981), Leo (1983), Potter (1978), Weiss (1970).

de ácidos grasos insaturados (67.8 %), principalmente ácido linolénico y linoléico, este último considerado como ácido graso esencial, además de que pueden ayudar a reducir la -- incidencia de padecimientos cardiovasculares. ( 3, 54).

Y por último, se ha comprobado que la margarina -- (totalmente Vegetal) no contiene colesterol, en tanto que la mantequilla contiene 250 mg./ 100 g. de muestra. ( 54).

### I.3 ACEITES Y GRASAS COMO MATERIA PRIMA

En la actualidad existe mayor diversificación en lo relativo a los aceites vegetales deodorizados y parcialmente hidrogenados que se utilizan en la industria margarina.

La selección y producción de los aceites vegetales por parte de los proveedores aceiteros de la industria margarina. depende de:

a) Rendimiento de la semilla-aceite. Para realizar la extracción del aceite es importante conocer cual será el rendimiento de la semilla-aceite ya que esto dependerá en el proceso de extracción y refinación que se realice. Como puede observarse en la tabla I.4 la cantidad de aceite extraído varía, presentándose un alto rendimiento de éste en el girasol, canola y algodón. A pesar de que en el caso de la soya se tiene alta cantidad de pasta ( 1408 kg/ha<sup>2</sup>), ésta es utilizada para extraer proteína, lecitina y otros subproductos por lo que se evita la reducción de utilidades y por consiguiente un gran desperdicio. ( 34).

b) Requerimientos nutricionales exigidos por la ley. Los aceites vegetales utilizados actualmente para consumo humano deben de contener ácidos grasos insaturados y por consiguiente, entre mayor sea este porcentaje tendrán, como se explico anteriormente, un mejor valor nutritivo así por ejemplo: el aceite de soya, girasol y cártamo contienen alto

**TABLA I.4 RENDIMIENTO SEMILLA - ACEITE  
PROMEDIO MUNDIAL.**

C U L T I V O	RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/Ha	
	ACEITE	MOLIDO
SEMILLA DE ALGODON	140	393
PALMA DE ACEITE	3 898 <sup>1</sup>	561
CANOLA	418	701
SOYA	320	1 480
GIRASOL	589	608

1. INCLUYE 1395 kg. DE ACEITE DE PALMA Y  
170.3 kg. DE ACEITE DE COYOL.

Fuente: Manual de Procesamiento y Utilización de  
Aceite de Soya (1980).

contenido de ácidos insaturados. (3).

c) Disponibilidad de la semilla. Las semillas oleaginosas utilizadas para la extracción de aceite varían según su origen, condiciones climáticas, estación del año, costo de producción, tipo de terreno, etc. (9).

d) Facilidad de manejo durante el procesamiento de aceite. Las semillas que se usan son aquellas en que resulta fácil su manejo y sea costeable su extracción y refinación, por ejemplo, el cártamo, girasol, soya y maíz son los más aceptados por la industria aceitera; en cambio la canola no lo es tanto ya que presenta alta concentración de clorofila, por lo que se usa un exceso de tierras blanqueadoras. (34).

e) Materia oleosa utilizada por la industria margarina. De acuerdo a un estudio realizado por la International Research Associates S.A. de C.V. identificó a los aceites utilizados por la industria margarina en México observándose que el aceite más utilizado es el de soya y algodón (tabla I.5 ), esto se debe al nivel de insaturación, tipo de estructura cristalina en el producto, estabilidad de los cristales, etc. ( 25, 34).

Los aceites vegetales se extraen de la semilla oleaginosas por prensado o con diferentes solventes como hexano, o bien, por una combinación de ambos. Así los lípi-

TABLA I.5 PRESENTACION E IMPORTANCIA DE LAS  
MATERIAS PRIMAS OLEOSAS EN LA  
INDUSTRIA MARGARINERA MEXICANA.

	SOYA (Tón)	ALGODON (Ton)	COCO (Ton)	CARTAMO (Ton)	SEBO (Ton)	TOTAL (Ton)
GRASA	27 710	2 370	---	---	165	30 245
ACEITE	4 545	400	120	50	---	5 115
TOTAL	32 255	2 770	120	50	165	35 360

Fuente: El Mercado de las Margarinas en México ( 1983).

dos obtenidos de la semilla son los conocidos como aceites crudos, los cuales, contienen una cierta concentración de compuestos no-lípidos. Las sustancias que comúnmente se -- se encuentran son ácidos grasos libres, protefina, carbohi-- dratos y resinas, que contribuyen al sabor, color, inesta-- bilidad, espuma y otros defectos de los aceites crudos. - Estos contaminantes deben ser eliminados a través de la refi-- nación y desodorización del aceite que constan de una serie de etapas que se presentan en el diagrama de bloques y de -- flujo de las figuras I.3 y I.4, y se describen a - continuación:

**PRETRATAMIENTO CON ACIDO FOSFORICO:** Antes de iniciar la refinación del aceite crudo se mezcla con ácido fosforico en una concentración de 500 - 1000 ppm. provocando la preci-- piteación de iones metálicos como calcio y magnesio del -- aceite en la forma de fosfatos insolubles de alta gravedad. Estos compuestos deben de ser eliminados ya que pueden im-- pedir la reacción de saponificación. (34).

**DESGOMADO:** Consiste en la extracción acuosa de compuestos solubles en agua como proteínas, carbohidratos y fosfoli-- pidos. Esta operación se realiza por una o por varios de los siguientes motivos:

- Producir un aceite casi totalmente libre de materiales -- que se pueden precipitar durante su transporte o almace-- namiento, sobre todo si se trata de aceite para expor--



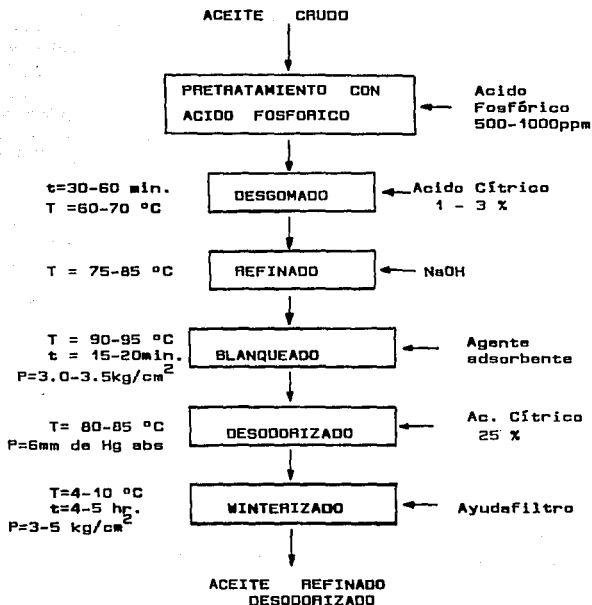


Fig. I.3 DIAGRAMA DE BLOQUES  
PROCESO DE REFINACION DE  
ACEITES VEGETALES.

Fuente: Manual de Procesamiento y  
Utilización de Aceites de Soya (1980)

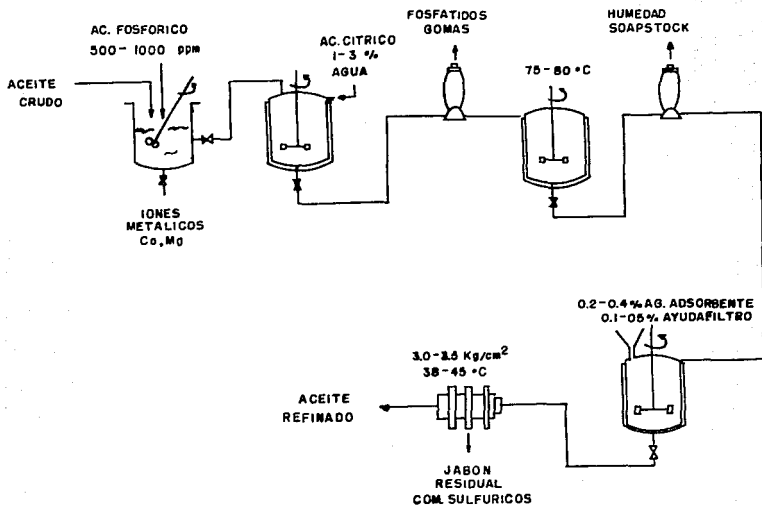


Fig. I.4 DIAGRAMA DE FLUJO

PROCESO DE REFINACION DE  
ACEITES VEGETALES.

Fuente: Manual de Procesamiento y Utilización de la Soya (1983).  
Manual de Operación "Desodorizador"

Weiss, T. (1970).

tación.

- Extraer fosfátidos que se puedan usar para la elaboración de lecitina. El aceite principal para la obtención de este fosfátido es el de soya.
- Eliminar agentes emulsificadores. La presencia de fosfátidos y gomas mucilaginosas aumentan la pérdida de aceites neutros cuando se someten a la refinación caústica.
- Reducir el contenido de fosfátidos y pro-oxidantes metálicos y producir un aceite aceptable por refinación física, es decir, con vapor sin necesidad de refinación alcalina. (34).

Durante el proceso de desgomado puede utilizarse -- diferentes reactivos como son agua, anhídrido acético, ac. acético, ac. cítrico entre otros. De los cuales, el más -- frecuentemente utilizado es el agua en una concentración de 1 - 3 % según el volumen de aceite y se agita en un tanque - mezclador, evitando la formación de burbujas de aire, en un tiempo de 30 - 60 minutos a una temperatura entre 60 - 70 °C Finalmente se separa por medio de una centrifuga o se deja sedimentar. (30, 34).

REFINADO: Es un tratamiento purificador que consiste en la mezcla del aceite o grasas con algún álcali, casi siempre ---

NaOH, con el propósito de eliminar de los ácidos grasos -- neutros, todos los ácidos grasos libres por medio de reacciones de saponificación; además de impurezas, fosfátidos, materias colorantes, monoglicéridos. (34, 42).

Al combinarse el álcali con los ácidos grasos libres se forma jabón; los fosfátidos y gomas absorben el álcali y se coagulan por hidratación o degradación de la materia colorante; se absorbe por las gomas solubilizadas en agua y las materias insolubles son atrapadas por los demás materiales -- coagulables.

En general, el proceso se realiza a una temperatura entre 30 - 38 °C. La concentración de hidróxido de sodio será determinado por el contenido de ácidos grasos libres ( A.G.L.) Finalmente se calcula con la siguiente relación:

$$\% \text{ NaOH}_{\text{trat.}} = \frac{[ \% \text{ AGL} \times 0.42 + \% \text{ exceso de NaOH} ]}{\% \text{ NaOH en solución}} \times 100$$

donde:

% exceso de NaOH = 0.10 a 0.13 % sobre la base seca. Para la mayoría de los aceites.

% NaOH en solución = 17 a 18 °Be 6 12 a 13 %

El NaOH de tratamiento se administra continuamente al aceite crudo, esto se realiza en un tanque mezclador de

tal forma que asegure el contacto íntimo entre el aceite y la solución de NaOH logrando así la saponificación de los -- A.G.L., la hidratación de los fosfolípidos y la reacción de los pigmentos. ( 34).

La mezcla de jabón y aceite se calienta hasta una temperatura entre 70 - 75 °C y se pasa por una centrifuga del tipo hermético o de presión separándose, por un -- lado, aceite refinado con residuos de humedad y jabón y por otro, el "soapstock" compuesto principalmente de jabón - crudo, materia insoluble, NaOH libre, fosfátidos y una pequeña cantidad de aceite neutro. (20, 34).

El aceite refinado se calienta hasta una temperatura entre 80 - 85 °C y se mezcla con agua a la misma tempe-- ratura utilizando una mezcladora de alta velocidad, logrando una mayor transferencia del jabón en el aceite a la fase - acuosa. Después se pasa a una segunda centrifuga en donde se separe el aceite y agua de la solución jabonosa de tal - manera que el aceite lleva 50 ppm de jabón aproximadamente. ( 23, 34).

Al término de esta centrifugación se tiene un -- aceite vegetal refinado.

BLANQUEADO: Aunque los fosfátidos, los ácidos grasos --- libres y algunos pigmentos en las etapas anteriores todavía

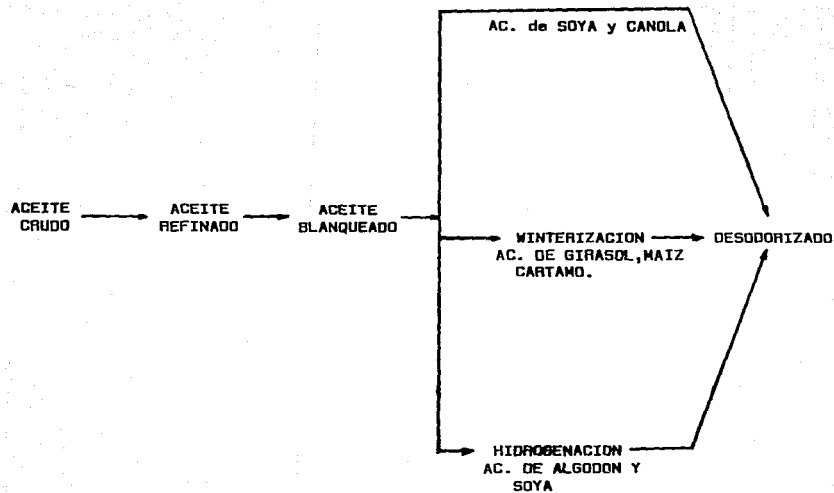


Fig. I.5 DIAGRAMA DE OPERACIONES SUBSECUENTES DEL BLANQUEADO Y ACEITES UTILIZADOS.

existen otras impurezas que se eliminan por el método de --  
blanqueado que consiste en la adsorción de material que --  
podría causar problemas en el producto final o durante el  
almacenamiento para lo cual se utiliza como agente ----  
adsorbente tierra neutra, arcilla ácida activada o carbón  
activado. Este tratamiento se realiza con el propósito de:

- Remover sustancias que producen olores, colores y -  
otras impurezas.
- Mejorar su sabor inicial y añejado.
- Dar estabilidad a la oxidación del aceite desodorizado.
- Extraer cantidades mínimas de jabón residual.
- Remover compuestos sulfúricos, descompone peróxidos y  
adsorbe los aldehídos y cetonas resultantes de la des-  
composición de los peróxidos. ( 34, 37 ).

El proceso se lleva a cabo en un tanque mezclador  
equipada por serpentines de calefacción. Al aceite se le --  
aumenta la temperatura entre 90 - 95 °C y se le agrega el --  
material adsorbente a una concentración entre 0.2 - 0.4 % --  
de tierras además se adicionan de 0.1 - 0.5 % de ayuda filtro  
se sigue agitando después de estar 15 a 20 min. se inicia la  
filtración en un filtro prensa usando telas poliéster o al-  
godón que deberán tener una abertura de 25 micras y una --  
presión de 3.0 - 3.5 kg/ cm<sup>2</sup>. Al término de la filtración  
se enfría el aceite filtrado y blanqueado a 38 - 45 °C antes  
de ser expuesto al aire. ( 34, 37, 40, 51 ).

Al obtener el aceite blanqueado se puede continuar con diferentes operaciones como se presenta en la figura I.5

Así se observa que independientemente de las operaciones subsiguientes siempre se realice el desodorizado como operación final.

La decisión de las operaciones siguientes esta en función del tipo de materia prima, producto final que se quiera obtener, consistencia y principalmente los costos de producción. A continuación se expondrá la operación de la refinación de aceites.

**DESODORIZADO:** Es un proceso de destilación de vapor en el cual los ácidos grasos libres de volatilización y compuestos odoríferos y saborizantes, son eliminados del aceite con vapor de arrastre, bajo condiciones de alta temperatura y vacío. Al final de este tratamiento el aceite presenta los siguientes cambios:

- Mejora el sabor, olor, color y la estabilidad oxidativa de los aceites eliminando sustancias indeseables como aldehídos cetonas, subproductos de oxidación entre otros.
- Elimina sustancias volátiles y convierte el aceite en un líquido brillante, transparente y sabor suave. (34, 40, 51).



El proceso de desodorizado se inicia a una temperatura entre 80 - 85 °C y se vierte dentro del desodorizador existen diferentes tipos como el semicontinuo, el cual maneja una presión de 6 mm de Hg abs., al trabajar a presión de vacío se elimina la posibilidad de la presencia de aire y humedad, impidiendo la oxidación del aceite al ser calentado a temperatura de desodorización.(32, 34).

Durante esta operación se adiciona una pequeña cantidad de antioxidante que puede ser ácido cítrico grado alimenticio al 25 % y/o propilenglicol al 75 %. El tiempo de desodorizado es de 1 hora, aproximadamente.(34).

El vapor de destilado se evacua por el sistema de vacío eyector de vapor. Al término de esta operación el aceite se hace pasar por un intercambiador de calor donde es enfriado a temperatura de almacenamiento.

**ENFRIAMIENTO O WINTERIZACION:** Es el tratamiento que consiste en la eliminación de fracciones de alto punto de fusión evitando que se llegue a enturbiar durante su almacenamiento a bajas temperatura. La operación se realiza a una temperatura entre 5 - 10 °C durante 4 a 5 horas. Si en este tiempo se llegase a enturbiar entonces se mezcla con tierras neutras y ayuda filtro en un mezclador y se bombea hacia el filtro prensa a una presión de 3 - 5 kg/cm<sup>2</sup> usando una malla con lana de algodón. (34, 51).

Al finalizar estas operaciones los aceites pueden considerarse como refinados y desodorizados listos para su distribución y venta.

Además de las etapas anteriores se pueden realizar diversas modificaciones por medio de reacciones químicas una mayor estabilidad y diferentes características fisicoquímicas para facilitar su uso no solo como aceites de cocina, sino también como base para mantecas o margerines, dando como resultado un aceite modificado, el cual, según el uso al que se destine deberá tener características como firmeza, dureza, consistencia plástica, color, etc. Las modificaciones de los aceites destinados a la fabricación de margarina son muy variados, uno de los más importantes es la hidrogenación.

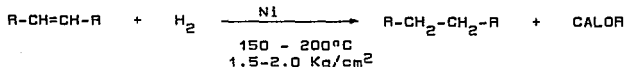
Cuando se utilizan aceites modificados para la elaboración de margarina se pueden elegir dos caminos:

- 1.- Mezclar las cantidades correspondientes de cada aceite sin modificar y después procesarlo.
- 2.- Modificar por separado cada uno de los aceites de la formulación y luego mezclar las cantidades requeridas para obtener la consistencia adecuada.(34, 51).

### I.3.1 HIDROGENACION

Existen varios métodos de modificación de aceites vegetales, entre los que se encuentran; Fraccionación, --- Interesterificación e Hidrogenación. Esta última, actualmente es la más utilizada por la mayoría de los fabricantes de mantecas y margarinas por lo cual nos referiremos brevemente a ella.(6, 33).

La hidrogenación de una grasa o aceite consiste en la adición directa de hidrógeno gaseoso a los dobles enlaces de los ácidos grasos en presencia de un catalizador según - se muestra en la siguiente figura:



Esta reacción es exotérmica, la cual necesita --- además de un catalizador, ciertas condiciones de operación para llevarse a cabo. SOLOMONS (1990) describe el mecanismo de la siguiente manera: " En la reacción de hidrogena--- ción, que se presenta en la figura I.6, la función aparente del catalizador metálico es el de adsorber las moléculas de hidrógeno sobre la superficie. Esta adsorción de hidrógeno esencialmente es una reacción química; los electrones

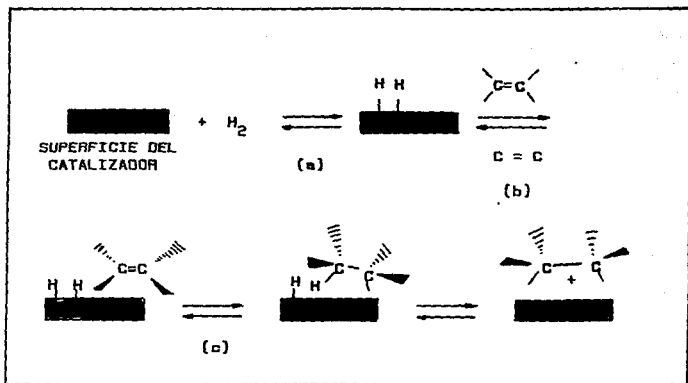


Fig. I.6 MECANISMO DE HIDROGENACION DE UN ALQUENO  
 (REACCION PROGRESIVA).  
 Solomons (1990).

impares de la superficie del metal se aparean con los electrones del hidrógeno y hacen que se fije a la superficie de éste (a).

La colisión de un alqueno con la superficie que -- tiene átomos de hidrógeno adsorvidos hace que éste se adsorva también (B). Luego tiene lugar una transferencia --- secuencial de los átomos de hidrógeno, lo que produce un -- alcano antes de que la molécula pueda desprenderse de -- la superficie del catalizador (c y d). Como consecuencia, la adición de hidrógeno a un alqueno suele ser una adición de tipo syn ; es decir, ambos hidrógenos suelen incorporarse desde el mismo lado de la molécula ". (43).

Ya conocida la forma en que actúan cada uno de los reactivos, se pueden elegir las condiciones, la selectividad y el punto final al que se interrumpe la hidrogenación. Por lo que el proceso puede tener gran versatilidad y así obtener un número infinito de productos hidrogenados a partir de cualquier aceite.(33).

En la hidrogenación solo participan los ácidos grasos no saturados. En general, los ácidos mono, di y tri--- saturados sufren hidrogenación en forma escalonada para producir los respectivos ácidos saturados, mono y di-saturados esto es:

Acido linoléico  $\longrightarrow$  Acido Linoleico  $\longrightarrow$

Acido Oléico  $\longrightarrow$  Acido Estearico

El proceso de hidrogenación se lleva a cabo en --- tanques cerrados a presión llamados convertidores. El --- aceite blanqueado se bombea hacia el convertidor y se le -- agrega níquel en una concentración de 0.07 a 0.30% y tierras diatomáceas en una proporción de 0.2 a 3.0 % se agita durante 2-5 minutos para lograr su homogenización y al mismo tiempo favorecer la disolución del hidrógeno en el aceite y renovar continuamente el aceite de la superficie - del catalizador. Al término de este tiempo, se le inyecta hidrógeno con una pureza del 99.99 %. La solubilidad del hidrógeno se incrementa con el aumento de la temperatura y la presión por lo que se recomienda una presión entre ---- 1.5 y 2.0 kg/cm<sup>2</sup> y un rango de temperatura de 150-200°C La velocidad a la que se lleva a cabo la reacción depende - de la temperatura, la naturaleza del aceite, la actividad - y la naturaleza del catalizador y la velocidad a la cual las moléculas del hidrógeno y del aceite insaturado tienen ---- contacto en la superficie del catalizador. El tiempo de hidrogenación será determinado por el grado de saturación y punto de fusión que se quiera alcanzar.(6,33,51).

Terminada la hidrogenación se bombea hasta un filtro prensa para eliminar el níquel y si es necesario puede ---- recircularse hasta que este claro el aceite. Para ayudar a facilitar la filtración se le agrega una solución de ácido - cítrico grado alimenticio. ( 4, 37).

Los aceites vegetales parcialmente hidrogenados -- tienen diferente uso según su grado de saturación, por ---- ejemplo, el aceite de soya endurecido se utiliza para la - fabricación de margarinas, grasas para repostería y dulces, mantecas vegetales. (3,29,35).

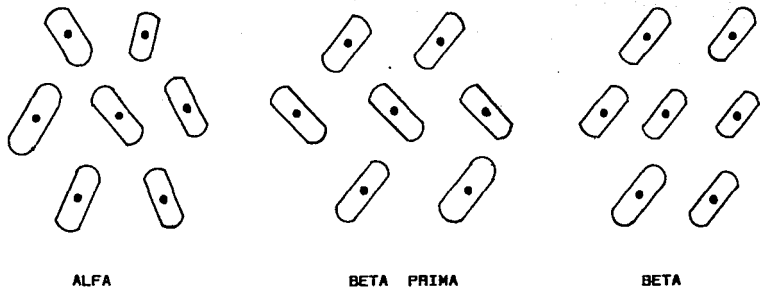
### I.3.2 POLIMORFISMO

Es la capacidad que tiene una grasa de existir en diferentes formas cristalinas dependiendo del ordenamiento de las moléculas entre sí en el estado sólido. Estas formas dependen de la composición de la molécula, la configuración de la grasa, las condiciones de cristalización, tiempo y temperatura de almacenamiento. ( 30, 51, 53).

Los aceites y grasas compuestos principalmente por --- triglicéridos pueden cristalizar sucesivamente en las formas alfa  $\alpha$  , beta prima  $\beta'$  y beta  $\beta$  ( Figura I.7). Cuando -- cristalicen rápidamente por un superenfriado, los triglicéridos forman generalmente cristales  $\alpha$  , una forma inestable que inmediatamente se convierte en  $\beta'$  , ( la forma preferida para las margarinas y las grasas para amasar). La forma  $\beta$  - de grano fino puede, a su vez, transformarse en  $\beta$  , ( la -- forma toscamente cristalina y estable), aunque la transfor-- mación no se produce con facilidad. La modificación puede - tener lugar durante un almacenamiento prolongado a tempera-- tura alta. (30,34).

La tabla I.6 muestra algunas características de dichos cristales, y la tabla I.7 presenta la forma cristalina dominante de varios productos grasos duros.(26,30,53).





**Fig. I.7 CORTE TRANSVERSAL DE LA ESTRUCTURA DE COMPUESTOS DE CADENA LARGA.**  
**Fuente: Lee, F ( 1983 ).**

**TABLA I.6 CARACTERISTICAS DE FORMAS CRISTALINAS DE LAS GRASAS.**

<b>FORMA POLIMORFICA</b>	<b>A S P E C T O</b>	<b>TAMAÑO (<math>\mu</math>m)</b>
$\alpha$	Frágil, escamas transparentes	5
$\beta$	Agujas pequeñas y Finas	1
$\gamma$	Agrupaciones de cristales gruesos	25-50

Fuente: WIEDERMANN, Lars H. (1978).

Al parecer la mayoría de las grasas que tienen la forma  $\beta'$  presentan esta propiedad porque su contenido de ácido palmítico es menor del 20 % .(34).

Es importante que los triglicéidos sólidos de una margarina o una grasa para amasar tenga la estructura cristalina apropiada. En general, la forma  $\beta$  produce una margarina o grasa plástica cuya estructura es granulosa. La forma  $\beta'$  produce una textura suave y es preferible para elaborar las margarinas y grasas para amasar, sobre todo las destinadas a pasteles y cubiertas de betún.(3,30).

Cuando la mezcla se funde y enfría, la estructura cristalina de toda la composición grasosa puede controlarse en tres formas:

1. Si hay grasa dura el nivel de 5 % ó más, su forma cristalina determina la estructura correspondiente de toda la composición grasa.
2. Las mezclas enfriadas sin grasa dura deben contener 20 % ó más de alguna grasa que cristalice en la forma  $\beta'$ , y esta grasa debe tener un punto de fusión más alto que la demás grasa de la mezcla.
3. Una práctica muy común en la formulación de margarina consiste en agregar un tercio de grasa de dureza interme-

TABLA I.7. CLASIFICACION DE GRASAS Y ACEITES  
SEGUN SU FORMA CRISTALINA.

TIPO	TIPO
Mantequilla de cacao	Semilla de algodón
Coco	Aranque
Maíz	Sébalo
Manteca	Grasa de leche (aceite de mantequilla)
Oliva	Manteca "modificada"
Semilla de palma	Palma
Cacahuete	Nabo ( colza)
Cártamo	Sebo de res
Ajonjolif	Ballena
Soya	
Girasol	

Fuente: WIEDERMANN, Lars H. ( 1968 ).

die. El empleo de una mezcla de tres componentes no sólo permite controlar la estructura cristalina, sino también imparte al producto mejor consistencia y mayor flexibilidad en la formulación de la fase oleosa. (1, 3).

Aunque la formulación de la grasa influye considerablemente en la estructura cristalina de toda la composición, el método de solidificación y el grado en que se trabaja mecánicamente a la grasa superenfriada influye también en el ritmo en que la forma cristalina llegue a alcanzarse.(30,34,42).

#### I.4 ELABORACION DE MARGARINA

Antes de iniciar la exposición de este tema es necesario conceptualizar algunos términos que son mencionados durante el desarrollo del trabajo de tesis y que son de primordial importancia describirlos y considerarlos en el proceso de elaboración de margarina. (6, 11, 26, 37).

- CONSISTENCIA: Propiedad de la margarina que tiende a oponerse a la deformación.
- DUREZA: Resistencia que tiene el cuerpo a ser moldeado, cortado o comprimido.
- PLASTICIDAD: Propiedad que tiende a conservar su deformación después de que cesa la fuerza que lo -- originaba.
- TEXTURA: Es el estado de la estructura que se presenta y varia de suave a harinoso, granuloso o arenoso.
- UNTUOSIDAD: Habilidad para extenderse sobre una superficie.

Los aspectos básicos que se deben considerar en el proceso de elaboración de margarina son:

- 1.- Formulación y preparación de la fase oleosa.
- 2.- Preparación de la fase acuosa.
- 3.- Preparación de la emulsión.
- 4.- Solidificación y cristalización de la emulsión.

1. La formulación generalmente se compone de 2 ó más aceites parcialmente hidrogenados, los cuales en diferentes cantidades imparten la textura semisólida de la margarina. - Las grasas y aceites seleccionados se mezclan en debidas proporciones y se agregan los ingredientes solubles en el aceite (emulsificantes, colorantes y cantidades específicas de vitaminas).
2. La fase acuosa es preparada por separado y en esta se mezclan todos los ingredientes solubles en agua (sal, - conservadores).
3. Una vez preparada la fase oleosa y la fase acuosa, estas se mezclan para formar una emulsión que más tarde es sometida a un proceso de solidificación.
4. Formada la emulsión se enfría con rapidez para luego enviar a su cristalización hasta que el producto sea lo suficientemente firme para resistir la fuerza que se aplica durante el moldeo y empaque final.

La combinación de éstos aspectos dará como resultado un producto de buenas características organolépticas, físico-químicas. (22, 45, 52, 53).

#### I.4.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA.

La margarina de barra o de "masa" se compone de dos -  
Fases principales que son:

1.- Fase oleosa

2.- Fase acuosa

1.- Fase Oleosa. Es el componente más importante de la formulación, ya que constituye un 80 % ó más del producto terminado. Las características de los aceites utilizados, deben tener alta pureza, es decir, perfectamente refinados y ser estables, inodoros, insípidos y lo más incoloro posible.(1,51)

En general, esta fase se formula con diferentes tipos de aceites parcialmente hidrogenados empleando rangos de temperaturas que van desde aceite hasta grasas con puntos de fusión de 40°C. La mezcla de grasa dura ( punto de fusión alto), con grasas más suaves o aceites permite que la emulsión sea suficientemente dura durante el procesamiento y empaque final, pero a la vez sea plástica en un intervalo de temperaturas, fundiendo por completo en la boca para favorecer un buen desprendimiento de sabor. Esto permite - que el producto sea untable, consistente y suave tanto a -- temperatura de refrigeración como a temperatura ambiente. ( 1, 34, 51).



Por cuestiones prácticas para su manejo dentro de las formulaciones se establecen tres rangos de temperatura denominando a cada uno como sigue:

- a) Una grasa con punto de fusión alto ( 37 - 40 °C), permite la formación de una estructura estable.
- b) Una grasa con punto de fusión medio ( 30 - 37 °C) mantiene una relación de glicéridos sólido-líquido uniforme en un amplio intervalo de temperaturas.
- c) Una grasa con un punto de fusión bajo ( menor de 30 °C), o aceite. Se distribuye dentro de la estructura cristalina confiriendo al producto propiedades de suavidad y brillo, además de servir como dispersante de los materiales liposolubles.(1).

2.- Fase Acuosa. El agua es otro de los componentes importantes de la formulación. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, se establece que ésta debe constituir como máximo - un 18.6 % del producto terminado. Inicialmente se utilizaba leche como disolvente de los componentes solubles en agua en una proporción de 20 % , aunque en la actualidad se hace uso de una mezcla agua-sólidos de leche, de tal manera que se cumpla con los estándares establecidos por la Dirección General de Normas ( D.G.N.), los cuales se muestran en la tabla I.8. ( 1, 37, 46, 53)

TABLA I.8 CARACTERISTICAS DE LA LECHE  
UTILIZADA EN LA ELABORACION  
DE MARGARINA DE "MESA".

HUMEDAD	87 %
CASEINA	3 %
PROTEINAS DE SUERO	0.7 %
GRASA	3.7 %
LACTOSA	4.9 %
CENIZAS	0.7 %
ACIDEZ	0.16 %
pH	6.55
REDUCCION CON AZUL DE METILENO	5.5 hr. Min.
CONTEO BACTERIANO	20 000 col/ml.

Fuente: Apuntes de Lactología. SARH (1979).

Además de las dos fases mencionadas, existen otros -- componentes que proveen al producto sus características -- finales como son:

#### Emulsificantes.

Debido a que la margarina es una emulsión del tipo -- agua-aceite, es necesario el empleo de agentes emulsifican-- tes ya que estos permiten mantener una distribución uniforme y estable de líquidos normalmente inmiscibles en ella, se -- disminuye la tensión interfacial creando una barrera física alrededor de cada gota de agua lo que impide la formación -- de gotas de tamaño mayor y se logra una distribución unifor-- me y estable de ambos líquidos. Estos productos tienen mul-- tiples funciones y por ello es frecuente usar combinaciones de 2 ó más. Son principalmente útiles en las grasas para -- amasar, estabilizando emulsiones, además de margarinas los aderezos para enlatados. Dentro de los emulsificantes más -- empleados están los mono y diglicéridos, en una concentra-- ción de 40 y 60 % , respectivamente, y lecitina de soya en una concentración máxima de 0.5 %. (9, 13, 14, 21, 34, 51).

#### Cloruro de Sodio

El NaCl se agrega a la margarina para darle un sabor -- agradable. Debe ser muy pura y no contener más de 5 ppm de fierro y cobre, ya que estos catalizan las reacciones de

oxidación de grasas, el contenido de calcio y magnesio - no debe ser mayor de 1 ppm. Dependiendo el tipo de margarina, es el porcentaje de cloruro de sodio. (13, 21).

Margarina con sal, 2.5 % mínimo.

Margarina sin sal, 0.5 % máximo

#### Vitaminas.

La Norma oficial Mexicana establece la obligación de fortificar la margarina de "mesa" con vitamina A y D, agregando en ocasiones vitaminas B y E. Las primeras son liposolubles por lo que se añaden a una sustancia colorante -- solubilizado en aceite. Los niveles o contenidos de dichas vitaminas para las margarinas elaboradas en el país son:

Vitamina A 2000 UI/ 100 g mínimo.

Vitamina D 200 UI/ 100 g mínimo. (13).

#### Colorantes.

Debido a que la margarina se elabora con aceites vegetales, el color final del producto, es blanco, por lo -- que no sería un producto muy aceptado por el consumidor y para evitar ésto, se recomienda el uso de colorantes como - el  $\beta$  - caroteno solubilizado en los aceites, las anilinas

solubles o el achiote. Aunque la Norma Oficial Mexicana no establece un límite, es recomendable seguir las condiciones que marca el proveedor. Sin embargo, en función al tipo de colorante éste puede ser usado en una proporción máxima de 0.25 % . (21, 53).

#### Saborizantes.

En el caso en que la margarina sea de alta calidad se utilizan saborizantes que imitan el sabor a mantequilla, -- leche o crema natural es el diacetilo, que es uno de los -- constituyentes más importante y característico de los sabores lácteos y se permite su adición de 4 a 5 mg/kg. -- Existen actualmente otros saborizantes comerciales a base -- de lactonas que tienden a reproducir el sabor y aroma de la mantequilla, los cuales están siendo utilizados en mayor -- proporción debido a lo bajo de su costo y tiempo de elabo-- ración. (37).

#### Conservadores.

Se usan a niveles específicos para controlar el crecimiento microbiano especialmente en ausencia de sal. Se puede usar el ácido benzoico o sus sales de sodio y potasio, en proporción no mayor a 0.10 % solos o en combinación. Debido al efecto de sinergismo de éste con cloruro de sodio -- su uso es limitado para la margarina salada ya que no es --

buen inhibidor en ausencia de sal. Otro conservador es el ácido sórbico o sus sales de sodio y potasio la cantidad - también, no debe exceder al 0.10 % en peso del producto final, éste se adiciona a la margarina sin sal ya que es - más susceptible al ataque microbiano. (13, 21, 22).

#### Antioxidantes.

Son sustancias que evitan la rancidez de las grasas que puede ser provocado por la presencia de oxígeno, grado de insaturación de los ácidos grasos, luz, temperatura y -- pro-oxidantes como el cobre. Los antioxidantes que normalmente se utilizan son el butilato de hidroxianisol (BHA), - butilato de hidroxitolueno (BHT) y galato de propilo en - proporción no mayor de 0.01 % solos o en combinación. (7, 13, 18, 28, 42).

Todos estos ingredientes se añaden a la margarina -- para impartirle características organolépticas ( color, - sabor, olor), propias de la mantequilla. Además de una buena conservación.

#### I.4.2 PROCESO GENERAL DE ELABORACION

Aunque en México existen normas de Control de Calidad, para la margarina de "mesa" y margarina industrial, no se establece una norma específica que recomiende el tipo -- de materia prima y el método de elaboración a seguir; por lo tanto éste se ha ido modificando a lo largo del tiempo -- con el fin de incluir mejoras a éste. Los diferentes productores tienen su propio proceso de elaboración así como sus formulaciones específicas determinadas principalmente por el tiempo, el factor económico y la disponibilidad de -- la materia prima. En la figura I.8 se presenta un proceso general de elaboración de margarina de "mesa" y en la -- tabla I.9, se muestra una formulación tipo de este -- producto. (34, 36, 37, 38, 40).

En la figura I.9 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración de margarina de "mesa". (45, 52, 53).

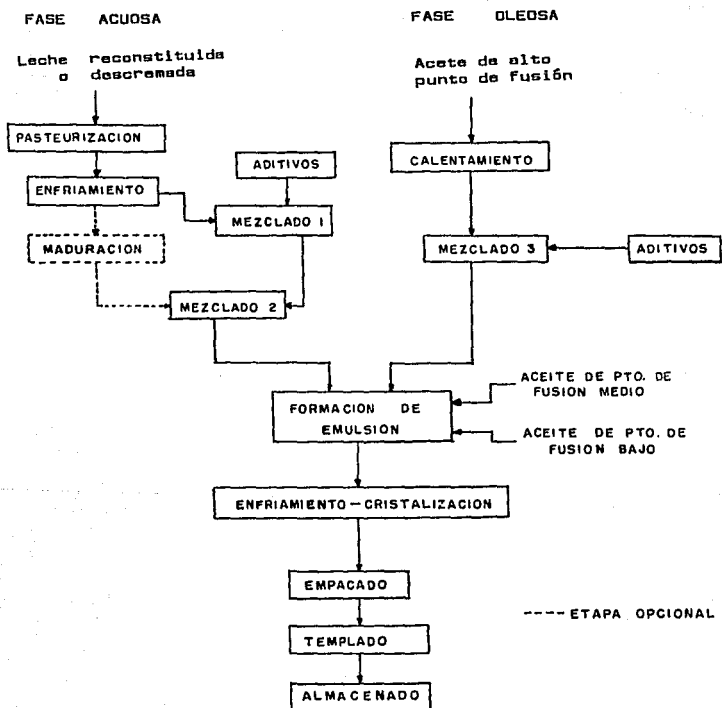


Fig. I.8 DIAGRAMA DE BLOQUES  
 PROCESO GENERAL DE ELABORACION  
 DE MARGARINA DE "MESA".

Fuente: Wiedermann, L (1978); Stuijvenberg, J.H. (1969)



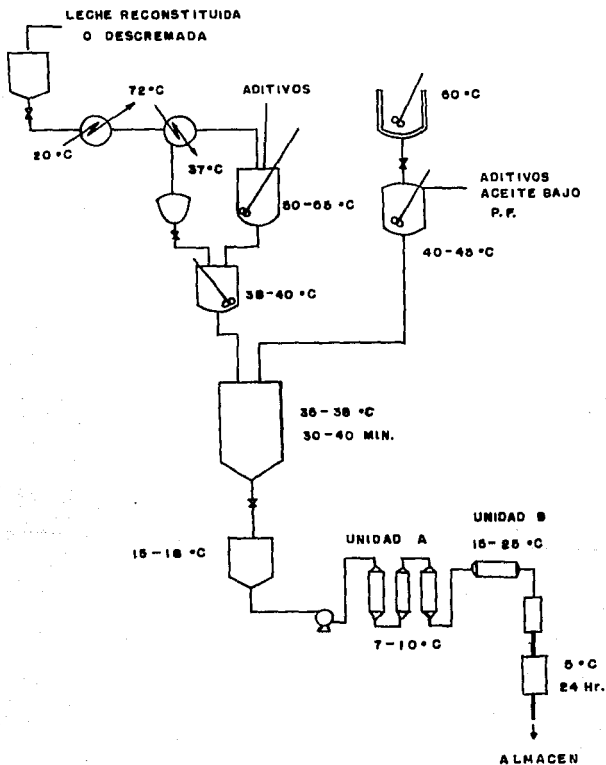


Fig. I.9 DIAGRAMA DE FLUJO  
 PROCESO DE ELABORACION DE  
 MARGARINA DE "MESA".

Fuente:Wiedermann, L. (1978).

TABLA I.9. FORMULACION TIPO DE UNA  
MARGARINA DE "MESA"

COMPONENTE	%
Fase grasa	90.00 mín.
Emulsificantes	0.50 máx.
Sólidos de leche	1.10 mín.
NaCl	2.50 máx.
Conservador	0.10 máx.
Antioxidantes	0.01 máx.
Agua	18.60 máx.
pH	4.3

Fuente: PORIM TECHNOLOGY S.

#### I.4.2.1 DESCRIPCIÓN Y CONDICIONES DE PROCESO

##### 1.- FASE ACUOSA

Para la elaboración de margarina se emplea en la fase acuosa leche en polvo, la cual se reconstituye con agua -- potable a temperatura ambiente de acuerdo con los requisitos establecidos por la D.G.N. y que se muestran en la figura I.9, la preparación de la fase acuosa consta de varias etapas las cuales se describen a continuación: (46).

##### Pasteurización.

La pasteurización de la leche reconstituida se lleva a cabo con el fin de destruir las bacterias patógenas - y formas vegetativas de los microorganismos perjudiciales que pueden contener el agua utilizada para la reconstitución; evitando con esto la disminución de la actividad - del cultivo láctico. Las diferentes condiciones de operación a las cuales se puede realizar son: (40, 46).

- |                |       |        |              |
|----------------|-------|--------|--------------|
| a) Temperatura | 61 °C | Tiempo | 30 minutos.  |
| b) Temperatura | 72 °C | Tiempo | 15 segundos. |

##### Enfriamiento.

La operación de enfriado tiene como objetivo disminuir la temperatura de la leche reconstituida hasta 37 °C.

Cuando se desea que el producto sea una margarina de alta calidad, se hace una división de la leche en dos porciones; una es enviada a maduración con el microorganismo y la otra se emplea como disolvente de los componentes solubles ( sal, agentes conservadores).(40, 46).

#### Maduración.

Esta operación se hace con el fin de desarrollar el - sabor característico a mantequilla, por acción de cultivos bacterianos, así como el desarrollo de acidez y formación de sustancias aromáticas que asemejan las características - de una mantequilla. Esta forma de proceder tiene alto costo y solo se realiza cuando se quiere una margarina de alta calidad. Actualmente se hace uso de sabores artificiales -- que han permitido al margarinerero reducir los costos y - tiempo de producción. Por lo tanto, la realización de esta etapa es decisión del fabricante. (37, 45, 47).

#### Mezclado 1.

Durante este mezclado se utiliza la segunda porción - de leche como vehículo para disolver el cloruro de sodio y el conservador que se emplean en la elaboración de la mar-- garina. Esta etapa se realiza en tanques con agitación a - una temperatura de 50 - 65 °C. (52,53).

### Mezclado 2.

En este segundo mezclado se incorpora la mezcla 1 - con la leche madurada para poder así ser adicionada posteriormente a la fase oleosa. Al finalizar este mezclado - la temperatura será de 38 a 40 °C. (45, 52, 53).

### 2.- FASE OLEOSA.

Una vez seleccionados los aceites que se utilizaran - para elaboración de la margarina, la preparación de la -- fase oleosa se realiza por medio de la siguiente secuencia:

#### Calentamiento.

Los aceites son calentados de manera que al fundir -- faciliten su manejo, principalmente en el mezclado y emulsionado con la fase acuosa. La temperatura de calentamiento -- varie de acuerdo con el punto de fusión de cada grasa. En ocasiones se maneja una temperatura de 60 °C y un tiempo de 15 minutos.(38, 52, 53).

### Mezclado 3.

Esta etapa tiene por objeto mezclar todos los ingredientes liposolubles empleados en la elaboración de las - margarinas como emulsificantes, saborizantes, vitaminas y - sustancias colorantes con el aceite de alto punto de fusión hasta formar una solución homogénea. Esta etapa se lleve

a cabo a una temperatura de 40 a 45 °C durante 20 minutos. (45, 52, 53).

#### Formulación de la Fase Oleosa.

La obtención de la emulsión se establece entre las grasas y la fase acuosa a través de diversas técnicas, la más recomendada es la de Andersen (1965) que dice:

- 1º Se emulsiona la parte grasa de alto punto de fusión con la totalidad de la fase acuosa.
- 2º Se agrega a esta emulsión la grasa de alto punto de fusión medio durante el mezclado.
- 3º Se adiciona la grasa de bajo punto de fusión y se forma completamente la emulsión.(1).

En estas condiciones se generan núcleos con bastante consistencia, revestida de una capa blanda que hacen que la margarina sea más plástica y permiten que funde mejor en la boca. Las condiciones de operación son: Temperatura entre 35 - 38 °C durante 30 a 45 minutos, al finalizar la mezcla ha homogenizado completamente y por consiguiente es enviada a la siguiente etapa.(17,26,52,53).

#### Enfriamiento - Cristalización.

Es una etapa determinante en la consistencia y textura final de los productos. Por lo que para obtener una buena -

textura se debe de tener en cuenta los siguientes factores:

- Grado de superenfriamiento y temperatura.
- Trabajo mecánico durante la operación.

El superenfriamiento o enfriamiento rápido de una grasa es aquel en donde se disminuye la temperatura lo más rápidamente posible obteniéndose un tamaño de cristal pequeño y de la estabilización de la forma de cristal  $\beta'$ , además de una textura suave y la escala de plasticidad se incrementa, de tal manera, que la grasa sea dura a bajas temperaturas pero suave al acercarse a su punto de fusión. (26, 38, 52).

El enfriamiento lento de una grasa da como resultado un tamaño de cristal grande, la estructura cristalina es de la forma  $\beta$ , por lo que se obtiene una textura arenosa al ser llevada a la boca y provocar exudación de aceite (es decir "que llora" o "sude"). Por otro lado, se obtiene una menor consistencia y poca firmeza a baja temperatura. (11, 26).

La fase acuosa y oleosa se mezclan y una vez formada la emulsión se envía a la etapa de enfriamiento. El equipo empleado comúnmente es un intercambiador de calor cerrado tubular del tipo "votator" que consta de dos tubos o -- unidades A y B. (23, 24).

La mezcla entra al primer tubo o unidad A donde se somete a un rápido enfriamiento. El agua de la emulsión se dispersa en pequeñas gotas de unos 5 micras de diámetro - mediante un refrigerante amoniacal que se vaporiza en las chaquetas de los intercambiadores de calor. Conforme la emulsión es superenfriada (7 a 10 °C) empieza la formación de pequeños cristales de hielo para luego enviarse a la Unidad B, donde se lleva a cabo la cristalización, en esta unidad permanece aproximadamente 2 minutos ----- (T = -15 a -25 °C), hasta la formación de cristales llega a un punto en el cual el producto es suficientemente firme - para resistir las fuerzas que se le aplicaran en etapas posteriores. (23, 24, 34).

Cualquiera de los tipos de enfriamiento que se utilizan deben de realizarse con una agitación vigorosa para - proporcionar cuerpo y una consistencia adecuada.

#### Empacado.

El moldeo se realiza después de elaborar la margarina, y esto se hace con el fin de dar al producto la forma del envase que lo contendrá. (52).

#### Templado.

Para afirmar las características del producto, se le



realiza un templado el cual consiste en dejar el producto - durante 24 - 72 hrs. a una temperatura de 5°C, asegurar que no tenga alteraciones durante su almacenamiento y distribución. (34, 37, 53)

Almacenado.

El producto debe ser almacenado en cámara frigorífica a una temperatura no mayor de 10°C y una humedad relativa de 60 a 70% hasta su distribución. (26, 34, 47).

Durante el almacenamiento hay que tener cuidado, ya - que es un producto que tiene la capacidad de absorber aromas por lo que, se recomienda almacenarlo en tambores de acero, latas y papel encerado. Por otro lado, si existe variación en la temperatura provoca una alteración en la estructura - cristalina ejerciendo un efecto adverso en la plasticidad y la textura e induce la exudación de agua (es decir, "que - llora" o "suda". (11, 34, 52, 53).

### I.4.3 CLASIFICACION DE MARGARINAS

En la tabla I.10 se muestran los diferentes tipos de margarina y se observan las diferencias que existen entre ellas como es: el tipo de materia prima utilizada (fase oleosa), que influye de cierta forma en la consistencia y estructura cristalina en el producto final; así se utiliza el aceite refinado, aceite parcialmente hidrogenado de semilla de algodón y soya a diferentes puntos de fusión. (34)

También se aprecia en esta tabla que el porcentaje de grasa varía dependiendo de las características propias de cada tipo de margarina; se presentan valores de la relación P/S (relación polinsaturados/saturados), que es de interés desde el punto de vista médico y nutricional, además es, la suma de los ácidos grasos poli-insaturados (es decir, linoléico y linoleico) dividida entre la suma de los ácidos saturados principalmente palmítico y esteárico. Esta relación esta en función del tipo de aceite y del grado de hidrogenación del mismo. Así si se aumenta el grado de hidrogenación puede disminuir la relación P/S. (34)

Debido a la gran aceptación de la margarina a nivel mundial se ha generado una diversificación en cuanto a composición y sabor, dando como resultado diferentes tipos de ella, entre las que se pueden mencionar:

TABLA I.10 TIPOS DE MARGARINA DE MESA

TIPO DE MARGARINA	CONTENIDO DE GRASA (%) en peso	ACEITES UTILIZADOS	RELACION P/S
Líquida	100	APHS,SR,AR	2.7
Suave	80	APHS,APHA,SR	1.9
Ordinaria	80	APHS, APHA	1.0
Seudodietética	40	APHS,APHA	1.6

AR: Aceite refinado de algodón

APHA: Aceite parcialmente hidrogenado de algodón.

SR: Aceite refinado de soya

APHS: Aceite parcialmente hidrogenado de soya.

P/S: Relación de ac. grasos poliinsaturados/saturados.

Fuente: Asociación americana de la soya,S.C. 1980.

- a) Margarina pseudodietética o baja en calories.- Esta no contiene leche o proteína láctea en la fase acuosa, pues la proteína láctea en la fase acuosa afecta adversamente las características de la emulsión, la cual contiene un alto contenido de agua (56 - 57 %), sin embargo, se fortifica adicionándole proteína aislada de soya. Este tipo de margarina se fabrica en forma blanda; no se emplea ninguna de las combinaciones con grasa dura, pues provoca la separación del agua de la emulsión. (34, 38)
- b) Margarina líquida.- Se produce por combinación de un aceite líquido no hidrogenado o uno parcialmente hidrogenado y una pequeña cantidad (hasta 5 %) de una grasa vegetal dura. La mezcla resultante es enfriada varias horas hasta combinarla con la fase acuosa para luego reenfriarla. Las margarinas líquidas se mantienen sin enturbiarse a temperatura de refrigeración. (34)
- c) Margarina fluida.- Puede producirse por la adición de 0.75 a 5.0% de grasa dura preferentemente aquella que cristaliza en forma  $\beta'$ , como el aceite de canola; una combinación de aceite de canola y aceite de algodón o también por la adición de un aceite vegetal líquido a una margarina de barra para dar una mezcla 50:50. Esta se diferencia en cuanto a que es ópaca a temperatura de refrigeración por su contenido de diminutos cristales de grasa en suspensión. (34)

d) Margarina suave tipo "chantilly".- Esta se produce incorporando nitrógeno, incrementando así su volumen en un 50% lo que hace más suave y fácil de untar, aún a temperatura de refrigeración. Este tipo contiene hasta 70 y 80% de aceite líquido. Contiene un tercio menos calorías que la margarina de mesa o "barra". (5, 34)

Aunque en México la mayoría de estas margarinas todavía no se producen, solo se importan, actualmente ya se están diversificando en términos de sabor, al existir la producción y comercialización de margarina suave con sabor a ajo y perejil, queso y picante.

La industria margarina en México, se subdivide básicamente en dos tipos de mercado, los cuales se dedican a la elaboración de las margarinas que actualmente son consumidas en el país:

1. Margarina de "mesa".
2. Margarina de tipo industrial.

1. Margarina de "mesa". También llamada de barra u ordinaria es aquella que está constituida en su fase oleosa de una mezcla de aceites refinados y/o aceites parcialmente hidrogenados, la cual contiene como mínimo 80% de grasa. Es directamente para preparar guisados, para untar en pan,

en repostería a nivel casero, etc. Dentro de sus características principales se encuentra la untabilidad, sabor y aroma agradable, fusión rápida en la boca y una adecuada consistencia.

2. Margarina industrial. Es aquella que se usa generalmente en panadería y repostería a nivel industrial, y que debe tener propiedades especiales de consistencia y dureza adecuadas ya que no se separe de ella al ser batida ni se funda demasiado rápido facilitando la preparación de toda clase de panes, rellenos, cremas, pasteles, etc. Debido a esto, durante su manufactura existen varios grados de dureza o puntos de fusión según el destino que se le dé, tomando en cuenta que la más dura es la que sirve para hojaldre, después la que se usa para pan denés y finalmente la que se utilizará para batidos, rellenos, cremas y repostería. (25, 34).

#### Presentación.

En México, se usa básicamente el papel encerado y el recipiente de plástico para envasar la margarina para uso a nivel casero.

En el mercado de margarina industrial se usa generalmente el papel encerado, aunque a veces para manejar la --

margarina de repostería y relleno en pedidos de 25 kg., - ésta se envasa en bolsa de polietileno y después se guarda en caja de cartón. Carrancado en 1982 utilizó bote de --- plástico pero el costo del envase limitó su uso en 1983.(25)

El mercado de margarina de "mesa" o barra utiliza el papel encerado con variación en el caso de ACCO y Kraft que en ocasiones usa laminado y en otras bote de plástico. La margarina suave tipo chantilly por sus características -- necesariamente requiere de tinas de plástico.(25)

Con lo que respecta a los pesos la margarina industrial tiene la presentación en paquetes de 1 kg, 5 kg o a granel en presentaciones de 25 kg existiendo una pequeña variante pero para Carrancado tiene una presentación de 18 kg.(25)

El mercado de la margarina de "mesa" o barra, se -- encuentra disponible en los siguientes pesos: 90, 180, 225 y 360 g. también existen paquetes de 500 y 1000 g. o bien botes de 775 g. La margarina suave se encuentra en pesos de 90, 200 y 400 g.

Dentro de las marcas nacionales existentes para el mercado de "mesa" se tiene Iberia, Primavera, Parkay, Panquelina, Amira, Real. Las alternativas de envase y presentación son resumidas en la tabla I.11. (25)

TABLA I.11 ENVASES Y PRESENTACION DE MARGARINA INDUSTRIAL Y DE MESA.

<u>TIPO DE ENVASE</u>	<u>MARGARINA INDUSTRIAL</u> <u>PRESENTACION</u>
PAPEL ENCERADO	* PAQUETE DE 1 KG EN CAJA DE CARTON PARA 10 kg. * MARQUETAS DE 5 KG EN CAJA/CARTON en 20 KG.
BOLSAS POLIETILENO	* GRANEL EN BOLSA DE POLIETILENO PARA CAJA DE 25 KG.
CUBETA PLASTICO	* EN CUBIERTA DE 18 KG CON CIERRE HERMETICO.
	<u>MARGARINA MESA DURA</u>
PAPEL ENCERADO	* BARRAS 90 GRS, 180 GRS, 225GRS. Y 360 grs.
PAPEL ALUMINADO	* PAQUETE 225, 360, 500 grs. Y 1KG.
BOTE PLASTICO	* 775 GRS.
	<u>MARGARINA MESA SUAVE</u>
TINA DE PLASTICO	* TINAS 190, 200 y 310 GRS. * TINAS 400 GRS. * CIERRE HERMETICO O FOIL

Fuente: EL Mercado de las Margarinas en México (1983).



#### I.4.4 NORMAS DE CALIDAD

Existe una legislación en cada país que establece las Normas de elaboración de margarina, las cuales indican las características y condiciones que deben guardarse para su -- elaboración.

En México, las Normas Oficiales de Calidad así como sus especificaciones son establecidas por la Dirección General de Normas (D.G.N.). Existen normas específicas para -- cada tipo de margarina ya sea de "mesa" e Industrial, -- tales normas reconocen la naturaleza distinta de ambas y -- parten por establecer que deberá emplearse únicamente mate-- rias primas de buena calidad, cantidades máximas y mínimas de los ingredientes utilizados además de las especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas que deberá cumplir el producto terminado.(13, 14)

Margarina de "mesa". De acuerdo a la norma de calidad el producto se clasifica en dos tipos con un solo grado de calidad:

Tipo I sin sal

Tipo II con sal

Sus propiedades fisicoquímicas son las indicadas en la -- tabla I.12 y su calidad microbiológica es mostrada en la --- tabla I.13.(13)

**TABLA I.12 NORMA DE CALIDAD DE LA MARGARINA DE MESA. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS.**

	MINIMO	MAXIMO
X HUMEDAD		18.60
X GRASA	80.0	
X SOLIDOS DE LECHE	1.4	
X CONSERVADORES		0.10
X CLORURO DE SODIO		
TIPO I		0.50
TIPO II		2.50
PUNTO DE FUSION		38.00 °C
VIT. A (UI/100 g)	2000	
VIT. D (UI/100g)	200	

Fuente: Norma oficial NOM-F-16-S-1979. D.G.N.

TABLA I.13 NORMA OFICIAL DE LA MARGARINA DE  
"MESA". CALIDAD MICROBIOLÓGICA.

Cuentas total (máx)	10 000 col/g
Grupo de coliformes (máx)	10 col/g
Hongos y Levaduras (máx)	20 col/g
Staphylococcus en 25 g	negativo
Salmonella en 25 g	negativo
E. Coli en 25 g	negativo

Fuente: Norma Oficial NOM-F-16-S-1979. D.G.N.

Margarina Industrial. Según el uso que se destine se clasifica en Tipo I y II, a su vez el tipo I se clasifica en tres subtipos denominados A, B y C, en base a su punto de fusión. Esto se puede observar en la tabla I.14.(14)

En México predomina la margarina sin sal, ya que el 100 % de la margarina industrial no es de sabor salado debido a que sus usos en panificación y pastelería exigen un sabor neutro. Así mismo, el 30 % de la margarina de -- "mesa" tampoco lleva sabor salado, ya sea por el gusto del consumidor a la hora de untermle o bien por utilizarse como ingrediente en cocina.(10, 25)

**TABLA I.14 NORMA OFICIAL DE LA MARGARINA INDUSTRIAL. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS.**

		T I P O I			T I P O II
		A	B	C	
% Humedad	máx	20	20	20	20
% Grasa	mín	78	78	78	78
Punto de fusión	°C	38	40	42	35
Conservadores	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
pH	mín. - máx.	4.5 - 6.0	4.5 - 6.0	4.5- 6.0	4.5 - 6.0

Fuente: Norma oficial NOM-F-16-S-1979. D.G.N.

## II. MATERIAL Y METODOS

## II. MATERIAL Y METODOS

Con el fin de llegar a establecer la formulación y elaboración de la margarina, la fase experimental se dividió en varias etapas, las cuales son mostradas en la figura II.1 y descritas a continuación:

### II.1 CARACTERIZACION DE MARGARINAS COMERCIALES

Se analizaron 5 margarinas comerciales que se -- encontraban disponibles para el consumidor y se les realizó los análisis fisicoquímicos más representativos siguiendo las técnicas recomendadas por la Dirección General de Normas ( D.G.N.) y aquellas sugeridas por la A.O.C.S., para co-- nocer sus características de consistencia, plasticidad y -- contenido de glicéridos sólido-líquidos a diferentes tempera-- turas por ser parámetros de comparación y evaluación en el producto final.

Los análisis y técnicas empleados son mostrados en la tabla II.1. Todas las determinaciones fueron realiza-- das por triplicado exceptuando las de Índice de Grasa Sólida ya que no se contaba con el equipo suficiente.(15,16,27,31,39)

Las técnicas utilizadas durante la experimentación -- se describen en el apéndice A.

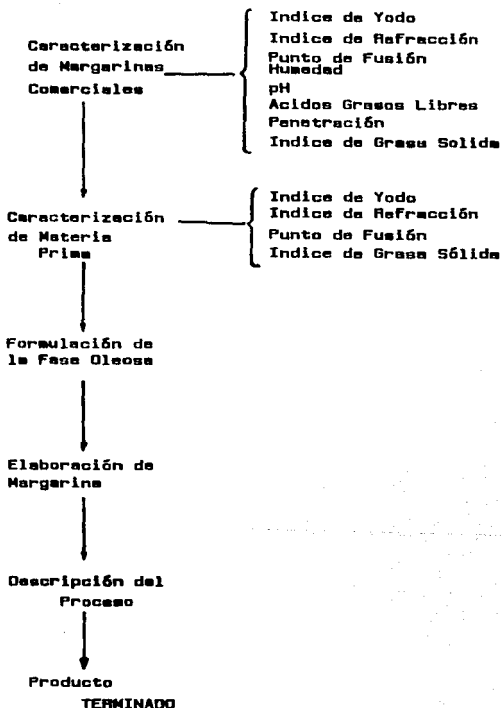


Fig. II.1 ETAPAS DE LA FASE EXPERIMENTAL.



## II.2 CARACTERIZACION DE MATERIA PRIMA

En esta etapa se tomará como materia prima a los siguientes aceites vegetales:

Aceite de algodón parcialmente hidrogenado

Aceite de soya parcialmente hidrogenado

Aceite refinado de soya

Aceite refinado de palma

Estos aceites poseen diferentes características físicas y químicas entre sí. Además, por estar algunos en su forma parcialmente hidrogenados presentan también diferentes puntos de fusión.( 6, 23).

## II.3 FORMULACION DE LA FASE OLEOSA

Después de analizar y conocer las características físicoquímicas de las margarinas comerciales y de la materia prima se seguirá con la formulación de la fase oleosa. Para ésto, se realizará una serie de mezclas de aceites refinados y parcialmente hidrogenados para observar la influencia que se tiene al variar el tipo y proporción de aceite en éstas, mediante los análisis de Índice de Iodo y Punto de Fusión. Estas determinaciones son rápidas y se obtienen resultados precisos acerca de la insaturación de las grasas y el posible

TABLA II.1 ANALISIS Y TECNICAS UTILIZADAS

ANALISIS	TECNICA	REFERENCIA
Indice de Yodo	Método de Hanus	NOM-F-408-S-1981
Indice de Refrac-	Refractómetro	METODO Co 7 - 25 AOCS. 1946
Punto de Fusión	Método de Willey	NOM-F-114-S-1981
Penetración	Penetrómetro	A O C S 1950.
% Humedad	Destilación	Método Co 2a-45 A O C S 1946
% A. G. L. (Ac. Oleico)	Titulación	Método Co 5a-40 A O C S 1946
I. G. S. (Indice de Grasa Sólida)	Dilatometría	Método Co 10-57 A O C S 1946
pH	Potenciómetro	Método 11.032 A O A C 1946

AOAC. Association of Official Analytical Chemists.

AOCS. American Oil Chemist Society.

NOM. Norma Oficial Mexicana.

comportamiento a diferentes temperaturas. Al igual que en las etapas anteriores, las técnicas a utilizar son las establecidas por la D.G.N. y A.O.C.S.(37)

Para finalizar esta etapa, se procederá a seleccionar algunas de las mezclas apegándose, por un lado al punto de fusión establecido por la Norma Oficial Mexicana y por otro al Índice de Iodo que se obtendrá del análisis de las margerinas comerciales.

#### II.4 ELABORACION DE MARGARINA

Una vez seleccionadas las mezclas, se procederá a la elaboración de la margarina, basándose en la formulación tipo (tabla I.9, pag. 57). En primera instancia, se utilizará los ingredientes y cantidades que aparecen en esta tabla para luego realizar las modificaciones pertinentes de acuerdo a la materia prima utilizada y las recomendaciones para el uso de cada ingrediente.

#### II.5 DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso para la elaboración de la margarina se describió anteriormente y se observó en la fig. I.8, pag. 55, el cual será modificado de acuerdo a los ingredientes, material y equipo disponibles. En la fig. III.3 se detallan las operaciones y condiciones que se adoptaron para este proceso.

Al producto elaborado se le realizará los análisis fisicoquímicos empleados en la caracterización de las margarinas comerciales y así comparar las propiedades físicas y químicas.

Por último, con el fin de decidir si los resultados obtenidos de los productos elaborados son similares a las margarinas comerciales se realizará un análisis de varianza.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

### III.1 CARACTERIZACION DE MARGARINAS COMERCIALES

Se analizaron 6 marcas de margarinas comerciales y los resultados obtenidos de las diferentes pruebas se -- muestran en las tablas y gráficas correspondientes. Primeramente, se analizaron las propiedades fisicoquímicas presentando los resultados en la tabla III.1. Los resultados de Índice de Iodo muestran una variación que va desde 99.43 a 114.89 g de  $I_2$ / 100 g. de muestra , lo cual indica que los aceites refinados y parcialmente hidrogenados .utilizados en la formulación de la fase oleosa tienen un alto grado de insaturación. Ahora bien, al realizar el análisis de varianza se comprobó que existen diferencias significativas entre ellas, observándose la mayor diferencia en la margarina I mientras que las demás no tienen gran variación en los resultados como se muestra en la tabla III.1.

Los resultados de punto de fusión varían en un rango de 33.5 a 38.5 °C, de éstas la que no cumple con la Norma Oficial ( 38 °C máx.) es la margarina III. Esto puede confirmarse con el análisis de varianza ya que se demostró que efectivamente no cumple con ese requisito. Por otro lado, la que tiene menor punto de fusión es la margarina IV, -- aunque estadísticamente presenta diferencias significativas, puede incluirse dentro de la norma ya que este establece un máximo pero no un mínimo.

**TABLA III.1 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION FISICOQUIMICA  
 DE MARGARINAS COMERCIALES.**

Margarina Análisis	I	II	III	IV	V	VI
INDICE DE IODO mg. de I/g mues- tra.	99.43	103.39	111.86	114.89	112.88	103.24
PUNTO DE FUSION °C	37.0	35.2	38.5	33.5	34.3	35.6
PENETRACION mm/ 5 seg.	59.0	87.7	67.5	102.3	84.0	90.0
% A.G.L. COMO OLEICO	0.5755	N.D.	0.3322	N.D.	N.D.	0.2293
INDICE DE REFRAC- CION (60°C)	1.4520	1.4529	1.4543	1.4552	1.4539	1.4544
% HUMEDAD	18.0	N.D.	16.3	18.1	15.9	16.2
pH	4.90	N.D.	4.43	N.D.	N.D.	5.58

N.D. No Disponible.

El análisis de penetración es una medida de la consistencia de la margarina. Así, si da un resultado menor como en el caso de la margarina I podemos decir que es la margarina más dura de todas las analizadas tendiendo a ser quebradiza, en tanto que la margarina IV, tiene el valor más alto, y resulta un producto suave y plástico a una temperatura de refrigeración. Se observa un rango de consistencia para este tipo de margarinas que va de ----- 64 a 90 mm/5 seg., observándose que las características de suavidad y plasticidad son similares para tres de las 6 margarinas, siendo una muy quebradiza y las otras dos más suaves y plásticas, de donde se puede mostrar que existen diferentes consistencias para las margarinas de "mesa" que se encuentran en el mercado en México. Cubriendo así, las diferentes necesidades de la mayoría de los consumidores.

Considerando ahora los valores de Acidos Grasos -- Libras (A.G.L.), se observa que el nivel más alto lo tiene la margarina I con un valor de 0.5755 %, este indica - que si no se tienen las condiciones adecuadas de almacenamiento puede provocar rancidez hidrolítica, la cual contribuye al desarrollo del sabor y olor rancios en el -- producto.( 3 ).

Por otro lado, se encontró que existen diferencias entre la acidez de algunas de las margarinas analizadas, lo cual es explicable por la variación de materia prima que se



utiliza para la elaboración de los productos, así como el proceso de elaboración y los diferentes aditivos adicionados (sólidos de leche, contaminación microbiana).

El Índice de Refracción ( I.R.) presenta variaciones que van desde 1.4520 a 1.4552 considerando que efectivamente los aceites y grasas utilizados en la formulación de los productos tienen un cierto grado de hidrogenación.

Respecto al contenido de humedad se encontró que los productos analizados no rebazan el máximo indicado por la Norma Oficial Mexicana que es de 18.6 %. El rango de variación de humedad determinado fue de 16.2 a 18.0 %.

El pH para este tipo de producto es muy variado, pues según los productores puede variar desde 4.0 hasta 6.0, y comparando los resultados obtenidos caen dentro de este rango..

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla III.2 se aprecia que el contenido de sólidos para los diferentes productos es muy variado presentando cada uno de ellos diferentes características de dureza y plasticidad.

Según el comportamiento dilatométrico de las margas--rinas analizadas se puede apreciar en la figura III.1, que las más suaves son la IV y V ya que su contenido de sólidos

**TABLA III.2 INDICE DE GRASA SOLIDA PARA  
 MARGARINAS COMERCIALES**

MARGARINA	VALOR DE INDICE DE GRASA SOLIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS			
	10 °C	26,7 °C	33.3 °C	37.8 °C
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
I	29.19	12.30	0.95	0.0
II	39.97	23.40	6.79	0.0
III	23.31	19.55	11.69	0.0
IV	21.13	7.90	3.64	0.0
V	20.80	10.60	4.41	0.0
VI	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: PRUEBA NO DETERMINADA

lidos es bajo tanto a temperatura de refrigeración como a temperatura ambiente. Las curvas dilatométricas de estas margarinas demuestran que la grasa usada en la formulación de la fase oleosa es plástica pues conserva su ductibilidad o sus propiedades plásticas al expandirse la gama de temperaturas, es decir, tiene una amplia escala de temperaturas. Se observa que en las curvas de la margarina IV y V la cantidad de glicéridos líquidos va aumentando de una manera constante de acuerdo con el incremento de la temperatura permitiendo que, a temperatura ambiente sean fáciles de untar y su fusión en la boca sea rápida y total por los puntos de fusión que se presentan y la cantidad de sólidos a 33.3 °C. Para mayor información acerca del Índice de Grasa Sólida y Dilatometría se presenta en forma detallada en el Apéndice B.

La margarina II es la más dura tanto a temperatura de refrigeración como a temperatura ambiente, su contenido de sólidos es elevado ( 39.97 %) a 10 °C y 23.40 % a 26.7 °C. En la forma de la curva dilatométrica se observa que a temperatura de 26.7 °C el contenido de sólidos sigue siendo elevado provocando que no sea untable hasta una temperatura mayor a los 30 °C, por otra parte, su fase grasa no es plástica a temperatura ambiente, ya que comparada con las demás curvas es estrecha; como resultado de esto tenemos, la mezcla de grasa usada en su formulación tenga un alto contenido de ácidos grasos saturados que permita la adecuada

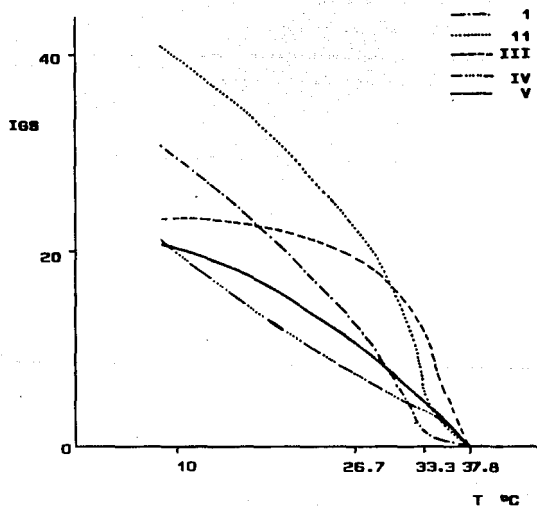


Fig. III.1 CURVAS DILATOMETRICAS DE MARGARINAS COMERCIALES.

formación de la red cristalina pero impide la fácil fusión y suavidad del producto a temperatura ambiente.

Por el contenido de sólidos, la margarina III, resulta ser plástica a temperatura de refrigeración, aunque el punto de fusión ( 38.5 °C ) y el valor de penetrabilidad -- ( 67.5 mm / 5 seg. ) no demuestran buenas características - de fusión y dureza a temperatura ambiente. El comportamiento que describe su curva indica que a medida que la temperatura aumenta, la cantidad de glicéridos sólidos no disminuye rápidamente provocando que empiece la suavidad de ésta y su total fusión a una temperatura ligeramente superior a los 33.3 °C.

La margarina I presenta un contenido de sólidos elevado a temperatura de refrigeración lo que la hace ser dura a esta temperatura, pero a medida que aumenta está, - los sólidos disminuyen rápidamente provocando una fusión casi total a los 33.3 °C.

Analizando los rangos de temperatura 20 y 30 °C, observamos que de todas las margarinas analizadas la más plástica, suave y untable es la margarina IV; pues a medida que aumenta la temperatura, la disminución de glicéridos - sólidos es más lenta, por lo tanto, la grasa tiene mejores propiedades de plasticidad, además de una fácil untabilidad y suavidad del producto, pues la relación de glicéridos

representada en la curva dilatométrica muestra ser casi constante en este rango de temperaturas. La cantidad de sólidos a temperatura de refrigeración es baja ( 21.13 % ) y más aún para temperaturas mayores ( 26.7 °C ) la cantidad de sólidos sigue siendo baja comparada con las demás margerinas, ya que como lo muestran las curvas para la margerina III alcanzará esta cantidad aproximada de sólidos la temperatura deberá ser superior a los 33.3 °C y al contrario de ésta, la margerina I sería demasiado suave para mantener su consistencia.

### III.2 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

Dentro de las características principales de una margarina estan el punto de fusión, la consistencia y plasticidad; y dependen entre otras variables de los aceites que se emplean como materia prima, estos en forma individual y en proporción adecuada ayudan a obtener dichas características. La evaluación de la materia prima consistió en una serie de análisis que se mencionan en la tabla II.1 y los resultados en la tabla III.3 nos proporcionan información acerca de sus características fisicoquímicas las cuales tienen influencia sobre el producto final.

Los aceites disponibles en ese momento que se utilizaron como materia prima en la elaboración de las diferentes mezclas fueron las siguientes:

AH<sub>1</sub> = Aceite de algodón parcialmente hidrogenado.

P.F. = 65.45 °C

AH<sub>2</sub> = Aceite de algodón parcialmente hidrogenado.

P.F. = 35.50 °C

SH<sub>1</sub> = Aceite de soya parcialmente hidrogenado.

P.F. = 41.00 °C

SH<sub>2</sub> = Aceite de soya parcialmente hidrogenado.

P.F. = 31.60 °C

TABLA III.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION DE  
 LA MATERIA PRIMA

ACEITE ANALISIS	AH <sub>1</sub>	AH <sub>2</sub>	SH <sub>1</sub>	SH <sub>2</sub>	SH <sub>3</sub>	SR °	AP
INDICE DE YODO mg de I/g muestra	42.82	93.91	53.33	85.50	114.16	123.54	55.47
INDICE DE REFRAC- CION (A 60°C)	1.4505	1.4552	1.4497	1.4528	1.4545	1.4615	1.4497
PUNTO DE FUSION °C	65.45	31.50	41.00	31.60	22.00	---	40.20
PRUEBA DE NIQUEL	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	---	---

SR ° Líquido a Temperatura Ambiente



SH<sub>3</sub> = Aceite de soya parcialmente hidrogenado.

P. F. = 22.00 °C

SR = Aceite de soya refinado.

AP = Aceite de palma refinado.

Al analizar los resultados de la tabla III.3, se observen las variaciones que presentan los aceites utilizados. se puede apreciar que el aceite de algodón se empleó parcialmente hidrogenado ya que existe una reducción del Índice de Iodo desde 93.11 a 42.82 g. de I<sub>2</sub>/ 100 g. de muestra y al mismo tiempo un aumento en el punto de fusión de - 31.6 a 65.45 °C incrementando con esto la proporción de ácidos grasos saturados.

Por otro lado, se tiene en el caso del aceite de soya, el Índice de Iodo disminuye de un valor inicial desde --- 123.54 hasta 53.3 g. de I<sub>2</sub>/ 100 g. de muestra, lo cual era de esperarse, ya que el hidrógeno se adiciona a las dobles ligaduras durante el proceso de hidrogenación -- disminuyendo la presencia de éstas. ( 3, 5, 34).

El Índice de refracción del aceite de soya sigue la misma tendencia variando de 1.4515 hasta 1.4497, aunque en esta variación numerica no es muy notoria, las modificaciones se acentúan más en otras propiedades fisicoquímicas como el punto de fusión, el cual se incrementa --

TABLA III.4 PUNTOS DE FUSION DE DIFERENTES  
ACIDOS GRASOS.

ACIDO GRASO	FORMULA EMPIRICA	No. DE CARBONOS DOBLES LIGADURAS	PUNTO DE FUSION °C
BUTIRICO	$C_4H_8O_2$	4:0	-5.9
CAPROICO	$C_6H_{12}O_2$	6:0	-3.4
CAPRILICO	$C_8H_{16}O_2$	8:0	16.7
CAPRICO	$C_{10}H_{20}O_2$	10:0	31.6
LAURICO	$C_{12}H_{24}O_2$	12:0	44.2
MIRISTICO	$C_{14}H_{28}O_2$	14:0	54.4
PALMITICO	$C_{16}H_{32}O_2$	16:0	63.0
ESTEARICO	$C_{18}H_{36}O_2$	18:0	69.4
OLEICO	$C_{18}H_{34}O_2$	18:1	13:0
LINOLEICO	$C_{18}H_{32}O_2$	18:2	-5:0
LINOLENICO	$C_{18}H_{30}O_2$	18:3	-11.0

Fuente: WEISS, T. (1970).

llegando en este caso a 41 °C; resultado esperado, ya que la presencia de ácidos grasos insaturados modifica dicha propiedad. Esto puede observarse en la tabla III.4, donde se encuentre el ácido esteárico, oleico y linoléico que tienen el mismo número de carbonos pero no el mismo número de enlaces dobles, así, al aumentar la cantidad de insaturaciones disminuye el punto de fusión, por lo tanto un mayor grado de hidrogenación provoca su incremento. (3,5,51).

Ahora bien, comparando el aceite de algodón parcialmente hidrogenado con los aceites de soya parcialmente hidrogenados, se observan diferentes variaciones en su comportamiento, así por ejemplo, el cambio en el valor de -- Índice de Refracción no es muy marcado para el aceite de algodón comparándolo con el de la soya, pero su punto de fusión y el Índice de Iodo presenta un cambio muy notorio esto se debe a que existe una alta proporción de ácidos grasos insaturados en el aceite de algodón ( tabla III.5), por lo que al aumentar el grado de hidrogenación da como resultado el incremento de la dureza de la grasa a temperatura ambiente.

Un aspecto importante del aceite de algodón es la forma cristalina que presenta, es decir, este se clasifica dentro de los aceites de cristal tipo P' que tiene la característica de proveer en la margarina una consistencia firme y una textura suave; mientras que el aceite de

**TABLA III.5 COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS EN  
 ACEITE DE ALGODON Y SOYA.**

ACIDO GRASO	FORMULA EMPIRICA	COMPOSICION DE ACIDO GRASOS (%)	
		ALGODON	SOYA
MIRISTICO	$C_{14}H_{28}O_2$	0.5-2.0	0.5
PALMITICO	$C_{16}H_{32}O_2$	17-20	7-12
ESTEARICO	$C_{18}H_{38}O_2$	1-4	3.5-6.0
ARAQUIDICO	$C_{20}H_{40}O_2$	0.2	0.6
LIGNOCERICO	$C_{24}H_{48}O_2$	0.3	---
MIRISTOLEICO	$C_{14}H_{26}O_2$	---	0.1
PALMITOLEICO	$C_{16}H_{30}O_2$	0.5-1.5	0.5
OLEICO	$C_{18}H_{34}O_2$	13-44	19-30
EICOSANOICO	$C_{20}H_{20}O_2$	---	0.1
LINOLEICO	$C_{18}H_{32}O_2$	33-58	48-58
LINOLENICO	$C_{18}H_{30}O_2$	0.1-2.1	4-10

FUENTE: Badui, S. (1980); PEARSON, D. (1981; LEE, F. (1980);  
 Weiss (1970)

TABLA III.6 INDICE DE GRASA SOLIDA PARA

MATERIA PRIMA

MATERIA PRIMA *	VALOR DE INDICE DE GRASA SOLIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS			
	<u>10 °C</u>	<u>26.7 °C</u>	<u>33.3 °C</u>	<u>37.8 °C</u>
	AH <sub>2</sub>	37.28	12.15	2.12
SH <sub>1</sub>	45.33	24.76	9.22	0.0
SH <sub>2</sub>	37.28	14.96	5.01	0.0
SH <sub>3</sub>	14.33	1.49	0.93	0.0
AP	14.97	3.01	0.44	0.0

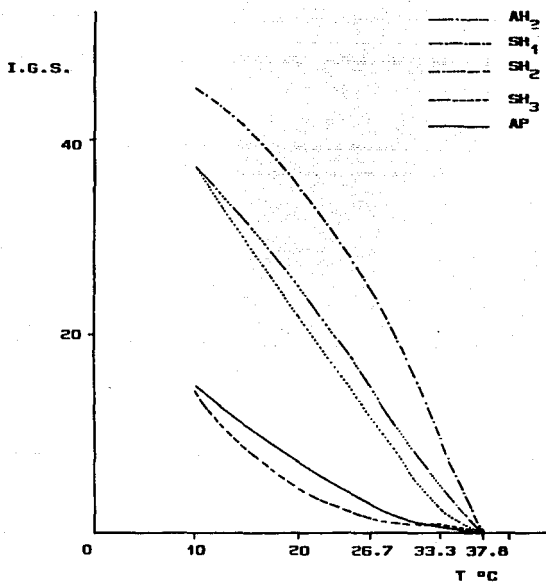


FIG. III.2 CURVAS DILATOMETRICAS DE LA  
MATERIA PRIMA

soya presenta una forma  $\rho$  . ( 30, 39).

Una de las evaluaciones que se usan para el control de calidad de los aceites parcialmente hidrogenados es la prueba de níquel y se realiza para comprobar que no existen partículas de este metal en el aceite, ya que, en la mayoría de los procesos de hidrogenación es utilizado como catalizador. Como se muestra en la tabla III.3, la prueba fue negativa para todos los aceites parcialmente hidrogenados que fueron analizados, por lo que se deduce que los aceites esta libres de níquel, el cual, de existir podría provocar una disminución en la estabilidad oxidativa del producto; así como afectar su sabor ya que ante todo - este metal en concentraciones mínimas es tóxico para el humano. ( 34, 49, 54).

El aceite de palma refinado posee características adecuadas para usarse como materia prima en la elaboración de la margarina, ya que no es necesario utilizar el proceso de hidrogenación para aumentar su punto de fusión, éste es 40.2 °C. En cuanto a su consistencia es blanda y su forma cristalina es  $\rho$  . ( 32, 38, 48).

En la tabla III.6 se presentan los resultados de -- Índice de Grasa Sólida y se grafican en la figura III.2; se observa que la pendiente mostrada por estas curvas es característica para cada aceite. Así, se tiene que la curva

del  $SH_1$  ( aceite de soya parcialmente hidrogenado, - P.F. = 41.00 °C ) es de mayor pendiente por lo que se trata de una grasa poco plástica, no es untable dado que es una de las más duras, su punto de fusión es elevado y en consecuencia es quebradiza al tratar de cortarla.

La curva  $AH_2$  y  $SH_2$  comparada con  $SH_1$  tiene una -- menor pendiente, la cual cambia a partir de 33.3 °C, provocando características de fusión, consistencia y plasticidad al producto. Con lo que respecta a la curva de  $SH_3$  y AP -- son la de menor pendiente comparándola con las anteriores ya que por su fusión presentan un rango bastante amplio de plasticidad. Como se observa el AP puede dar buena consistencia y untabilidad a la margarina, pero no puede usarse 100 % de este para un clima templado debido a que tiende a desarrollar una dureza estructural ocurriendo a los pocos días de haberse procesado el producto, por lo tanto, no se obtendrían las características deseadas para una margarina de "mesa". El  $SH_3$  también presenta una curva semejante a la del AP, pues su comportamiento semisólido pero fluido provoca que al mezclarse con aceites parcialmente hidrogenados con mayor punto de fusión nos proporciona una estructura -- más firme.

Finalmente el  $AH_1$  tiene un punto de fusión muy elevado ( 65.45 °C ) y no puede realizarse el análisis de I.G.S. ya que la temperatura que se toma como referencia para



la determinación de ésta, es de 60°C; y la grasa a esta temperatura y otras abajo de ella no funde, por lo que no es posible determinar curvas dilatométricas de ella.

Es importante tener diferentes tipos de aceite ya que cada uno de ellos proporcionan propiedades distintas, las cuales deben ser aprovechadas para que dentro de la mezcla aseguren la obtención de las características deseadas en el producto final. Dentro de las propiedades que la materia prima confiere a la margarina son las siguientes:

- 1.- Una rápida fusión, brillantez al producto y mantener una cierta relación de aceite líquido en la mezcla la proporcionan el SR y el SH<sub>3</sub>.
- 2.- Si la consistencia y plasticidad esta dada por el contenido de grasa sólida a lo largo de un intervalo de temperaturas, estas pueden ser obtenidas por el SH<sub>2</sub> AH<sub>2</sub> y AP.
- 3.- La dureza que permite mantener al producto en estado sólido a temperatura ambiente y dar una estructura firme es proporcionada por AH<sub>1</sub> y SH<sub>1</sub>.

### III.3 FORMULACION DE LA FASE OLEOSA

Una vez conocidas las características fisicoquímicas de las margarinas comerciales y de los aceites y grasas usados como materia prima, se procedió a determinar las proporciones más adecuadas que constituyen a la fase oleosa de la margarina. Partiendo de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas y tomando como referencia proporciones para margarina elaborada con aceites de características semejantes, se realizó una serie de mezclas con el fin de obtener diferentes puntos de fusión y dureza.

El análisis elegido inicialmente en la selección de las mezclas fue el I.G.S. (Índice de Grasa Sólida), ya que es una prueba que nos proporciona información sobre la consistencia y plasticidad de una grasa. Dado que el análisis es muy tardado, las muestras eran demasiadas y por no disponer de suficiente material de laboratorio con el cual realizarlas (dilatómetros), éste fue sustituido por determinaciones de punto de fusión e Índice de Iodo por ser pruebas relativamente rápidas e importantes de determinar.

Las mezclas formuladas así como sus proporciones y resultados son mostrados en la tabla III.7.

Analizando los resultados y considerando que dentro de la formulación de la fase oleosa de una margarina esta com-

TABLA III.7 COMPOSICION DE LA FASE OLEOSA

ACEITE O GRASA	MEZCLAS (%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AH <sub>1</sub>	20	32	30	40	20	10	5	10	5	10	—	20	—
AH <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
SH <sub>1</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
SH <sub>2</sub>	65	25	50	40	—	30	50	30	25	40	40	30	30
SH <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	25	35	30	30	30	30
SFI	15	43	20	20	20	20	20	25	15	20	20	10	10
AP	—	—	—	—	60	40	25	10	20	—	10	10	—
INDICE DE YODO mg de I <sub>2</sub> /g de muestra	84.48	75.42	75.03	67.21	72.46	75.18	77.40	75.69	79.51	86.16	88.62	76.60	95.38
PUNTO DE FUSION (°C)	42.0	46.9	46.3	50.9	41.0	33.7	35.5	37.6	32.3	39.8	24.0	37.8	36.0

puesta por lo general de una mezcla, ya sea de un aceite hidrogenado y un no hidrogenado o de más de 2 aceites parcialmente hidrogenado, se realizaron una serie de mezclas en las cuales se puede observar que las primeras 4 mezclas se elaboraron básicamente con  $AH_1$ ,  $SH_2$  y  $SP$ , pero los resultados obtenidos no fueron los esperados, ya que se requería de una mezcla con punto de fusión entre  $34^\circ C$  y  $38^\circ C$ , y un índice de Iodo mayor a 80 g. de  $I_2/100$  g. de muestra y como con las proporciones de estas grasas no era posible alcanzarla, se decidió utilizar el  $SH_3$  y el  $AP$  mejorando con ello los resultados.

En la tabla III.7 se aprecia la influencia que tiene el grado de hidrogenación, el tipo y la proporción de aceites usados dentro de la formulación. Mientras mayor sea el grado de hidrogenación la grasa será más dura, tendrá un mayor punto de fusión y un menor Índice de Iodo. En la mezcla 4 se puede observar dicha influencia: por contener el mayor porcentaje de  $AH_1$  (aceite de algodón parcialmente hidrogenado con un punto de fusión de  $65.45^\circ C$  e Índice de Iodo de 42.82 g. de  $I_2/100$  g. de muestra), presentó el mayor punto de fusión ( $50.90^\circ C$ ) y el menor Índice de Iodo (69.21 g. de  $I_2/100$  g. de muestra). Esto implica que una formulación cuya composición sea aproximada o rebasa el 20% de una grasa con alto grado de hidrogenación ( $AH_1$ ), forma una mezcla cuya fase oleosa será dura y con un punto de fusión demasiado elevado para poder utilizarla en la elaboración de margarina. En caso contrario,

la mezcla 11, por no contener dentro de su formulación  $AH_1$  ó una grasa más hidrogenada, su punto de fusión fue el más bajo ( $24^\circ C$ ) y el Índice de Iodo alto (88.82 g. de  $I_2$  / 100 g. de muestra) haciendo de esta mezcla suave e inestable, ya que a temperatura ambiente funde demasiado rápido y durante un cierto intervalo de tiempo (24 Hrs.) presenta separación de fases (sólido - líquido) haciendo que la mezcla sea poco estable. - También se aprecia que el punto de fusión para la mezcla 9 es bajo comparado con el de la mezcla 12 que es más alto ( $32.2^\circ C$  y  $37.8^\circ C$ , respectivamente), pues para la primera, el porcentaje de  $AH_1$  (5%) es menor que el de la segunda (20%) y por lo tanto, su mayor porcentaje provoca un punto de fusión mayor. Con respecto al Índice de Iodo se observa que debido a que en la formulación de la mezcla 9 existe un mayor porcentaje de aceites y grasas con ácidos grasos insaturados, éste Índice es ligeramente mayor que la mezcla 12.

Como aún con los cambios en las proporciones realizadas no se obtenían los resultados esperados (P.F. =  $38^\circ C$  máx. y un Índice de Iodo mayor a  $80^\circ$  de  $I_2$  / 100 g. de muestra) pues las mezclas eran demasiado suaves o demasiado duras, se sustituyó el  $AH_1$  por el  $AH_2$  considerando que era la grasa que afectaba considerablemente dentro de la formulación. Por otra parte, no había cantidad suficiente de aceite de palma (AP) para -- continuar la experimentación y se sustituyó por el aceite de soya parcialmente hidrogenado ( $SH_1$ ), con un punto de fusión de  $41^\circ C$ , procurando que las características físico-químicas

del sustituto no variaran mucho (tabla III.3). Como era de -- esperarse el cambio favoreció notablemente ya que como se observa en la mezcla 13, se obtiene un punto de fusión de 36° C y un Índice de Iodo de 95.38 g. de  $I_2$  / 100 g. de muestra, - semejante al esperado.

En general, se pretendía en esta etapa era de desarrollar diferentes formulaciones que proporcionaran puntos de fusión e Índice de Iodo, variables para conocer y seleccionar - las mezclas más apegadas a las características físicas y químicas de las margarinas comerciales, además de reunir las especificaciones de la Norma de Calidad (punto de fusión 38° C máx.).

Así, las mezclas seleccionadas para la elaboración de las margerinas son: 9, 10, 12 y 13; ya que como lo muestra la tabla III.7 fueron las que presentaron características semejantes a las esperadas, es decir, puntos de fusión que varían desde 32.2 hasta 39.8° C y los Índices de Iodo - desde 76.60 a 95.38 g. de  $I_2$ / 100 g. de muestra, aseguran do con esto formulaciones que presentan diferentes grados de dureza y consistencia.

### III.4 ELABORACION DE MARGARINA

Con las mezclas seleccionadas se procedió a elaborar las margarinas, así como, realizar la evaluación de las características físicoquímicas y organolépticas de éstas. -- En la tabla III.8 se presentan las formulaciones con los porcentajes utilizados en ellas.

Como se menciona anteriormente, a falta del aceite de palma se tuvo que utilizar el aceite de soya parcialmente -- hidrogenado ( P.F. = 41.00° C), en las formulaciones, las cuales a partir de este momento nos referiremos a las margarinas 1, 2, 3 y 4 para las mezclas 9, 10, 12 y 13, -- respectivamente.

Al analizar la tabla III.8, se puede apreciar algunas modificaciones con respecto a la formulación tipo (tabla I.9) debido a que las condiciones de elaboración fueron distintas y por otro lado, los aditivos proporcionados por el proveedor fueron distintos provocando una variación en el porcentaje de su uso. De esta manera, al comparar las dos tablas ( I.9 y III.8) se tiene que la cantidad de emulsificante se incrementó, ya que este no era suficiente para mantener la estabilidad de la emulsión, aunque este aumento no rebaso el límite establecido para el uso de este aditivo.

La concentración de cloruro de sodio se tuvo que -- disminuir ya que daba como resultado un producto demasiado salado. Finalmente, se le adicionó ácido cítrico a una de las margerinas ( no. 4) con el fin de disminuir el pH hasta el valor indicado en la formulación tipo, teniendo que la concentración adicionada fue 0.15 % del total de la formu-- lación.



**TABLA III.8 FORMULACION E INGREDIENTES  
 BASICOS DENTRO DE LA ELABORA-  
 CION DE MARGARINA.**

INGREDIENTES	FORMULACION ( % )			
	1	2	3	4
<b>FASE OLEOSA</b>				
AH <sub>1</sub>	5	10	--	--
AH <sub>2</sub>	---	---	20	25
SH <sub>1</sub>	35	30	10	30
SH <sub>2</sub>	25	40	30	30
SH <sub>3</sub>	20	---	30	30
SR	15	20	10	10
COLOR	0.02	0.02	0.02	0.02
EMULSIFICANTE	0.50	0.50	0.50	0.02
SABORIZANTE	0.30	0.30	0.30	0.30
ANTIOXIDANTE	0.155	0.15	0.15	0.15
<b>FASE ACUOSA</b>				
LECHE DESCREMADA	2.00	2.00	2.00	2.00
CLORURO DE SODIO	0.35	0.35	0.35	0.35
CONSERVADOR	0.05	0.05	0.05	0.05
AGUA	14.63	14.63	14.63	14.63
AC. CITRICO	---	---	---	0.15

### III.4.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESO

Para la elaboración de las diferentes margerinas se siguió el diagrama de bloques que se presenta en la figura III.3.

Este diagrama fue modificado en función a la disponibilidad de la materia prima y aditivos así como también por el equipo con que se disponía en ese momento. Se eliminó la etapa de maduración debido a que no se contaba con los microorganismos utilizados para la etapa de maduración de la leche. Esta etapa fue reemplazada por la adición de saborizantes de uso comercial, los cuales darían propiedades de sabor y olor característico, propios de una mantequilla.

Una vez establecido y modificado el diagrama de bloques se procedió a la elaboración de las margerinas bajo las siguientes condiciones:

#### FASE ACUOSA.

##### Pasteurización:

En un recipiente de acero inoxidable se reconstituyó y homogenizó la leche, para luego ser pasteurizada a una temperatura de 61° C durante 30 minutos.

**Enfriado:**

Una vez pasteurizada la leche, esta se somete a una disminución de su temperatura hasta alcanzar los 37° C.

**Mezclado 1:**

En esta etapa se lleva a cabo la adición de los componentes solubles en agua: NaCl y conservador. Se homogenizó con un agitador de propela a la máxima velocidad durante 10 minutos hasta alcanzar su total mezclado.

**FASE OLEOSA.****Calentamiento:**

En esta etapa se calientan las grasas, a una temperatura de 70° C aproximadamente, por separado de tal manera que fundan y facilite su manejo.

**Mezclado 2:**

Aquí se lleva a cabo la incorporación de la grasa de alto punto de fusión con todos los ingredientes liposolubles como son: sabor, color, antioxidantes y emulsificantes. Se realizó a una temperatura de 65° C hasta la homogenización total del color. Este mezclado también se realizó con un agitador de propela a la máxima velocidad.

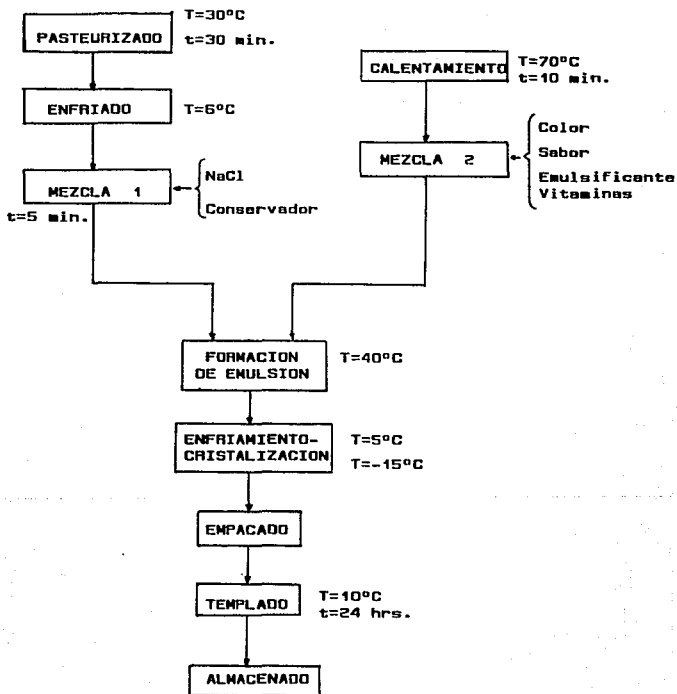


FIG. III.3 DIAGRAMA DE BLOQUES  
 PROCESO DE ELABORACION  
 DE MARGARINA.

**Emulsionado:**

Para obtener una buena formación de la emulsión se lleva a cabo la incorporación de la mezcla 2 a la mezcla 1 adicionando lentamente, bajo una agitación vigorosa durante 10 minutos y una temperatura de 40° C. Pasado este tiempo se agregan las grasas de punto de fusión intermedio para finalizar con el aceite refinado. Se continúa la agitación vigorosa hasta que la emulsión sea homogénea y no se observen grandes glóbulos a simple vista.

**Enfriamiento-Cristalización:**

Esta etapa es determinante en la consistencia, plasticidad y textura del producto final. Como no fue posible disponer del equipo necesario (Votator), esta operación se llevo a cabo utilizando como medio de enfriamiento hielo picado sobre el que se colocó el recipiente con el producto y se continuó agitando hasta que se iniciará la solidificación de la emulsión, es entonces cuando se introduce el congelador hasta alcanzar una temperatura de -15° C y -- alcanzar su cristalización.

**Empecado:**

La margarina fue envasada en pequeños recipientes de plástico y se etiquetó.

**Templado:**

Después de dejar en reposo a la margarina durante un periodo de 24 hrs., en refrigeración ( temperatura de 5° C ), se considera como un producto terminado.

**Almacenado:**

Una vez transcurridas las 24 hrs. y considerar que ya es un producto terminado, la margarina debe estar en un almacén refrigerado hasta su distribución del producto.

### III.4.2 PRODUCTO TERMINADO

Elaboradas las margarinas, se le caracterizó de acuerdo a los análisis físicoquímicos aplicados a las comerciales. -- Los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas son mostradas en la tabla III.9.

Debido a que los aceites y grasas usados en la formulación de la fase oleosa presentaban cierto grado de insaturación, los resultados de Índice de Iodo variaron desde --- 101.38 hasta 118.98 g. de  $I_2$ / 100 g. de muestra y el Índice de refracción ( IR) de 1.4530 a 1.4533, de tal forma que fueron los esperados. Al realizar un análisis estadístico se puede comprobar que para las margarina 1 y 2 existen diferencias significativas mientras que para la margarina 3 y 4 la diferencia no es muy notable. Haciendo una comparación con los resultados de las margarinas comerciales tabla III.1, -- podemos observar que no existen muchas variaciones en cuanto a Índice de Iodo se refiere, pero respecto al Índice de refracción sí, ya que tan solo uno de seis productos analizados presenta cierta semejanza con las margarinas elaboradas ( margarina II: Índice de refracción 1.4529); por lo tanto, la formulación de este producto puede ser la más parecida a las formulaciones elaboradas, además de que resulta ser una margarina constituida por aceites con un mayor grado de hidrogenación de todas las utilizadas.

TABLA III.9 RESULTADOS DE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE MARGARINAS ELABORADAS.

MARGARINA ANALISIS	1	2	3	4
INDICE DE IODO mg. de I <sub>2</sub> /g. muestra	101.38	118.98	112.26	112.30
PUNTO DE FUSION °C	32.30	39.80	37.34	36.00
PENETRACION mm/ 5 seg	140.7	187.3	91.8	81.0
% A.G.L. COMO AC. OLEICO	0.3391	0.2777	0.2592	0.2592
INDICE DE REFRACCION ( 60°C)	1.4533	1.4530	1.4530	1.4530
% HUMEDAD	16.0	18.5	18.0	17.0
pH	6.04	6.25	6.29	4.50



Comperando los puntos de fusión se observa que para el caso de la margarina 1 es el más bajo ( 32.3°C) de todas las margerinas elaboradas y aún de las margerinas comerciales, esto implica, que por tratarse de una mezcla suave, a temperatura ambiente funde rápido para poder ser empacada en papel encerado. La margarina 2 rebasa el límite establecido por la D.G.N. ( 38°C) y aunque el objetivo primordial de este trabajo era la obtención de una formulación para margerina de "mesa", esta presenta propiedades de una margarina de tipo industrial ya que como se muestra en los resultados de la tabla III.9, el punto de fusión de 39.80°C indica una cierta dureza propia de una margarina industrial (tabla I.14). Por último, se observa que el punto de fusión para la margarina 3 ( 37.84°C) así como para la margarina 4 ( 36.00°C) cumplen con el requisito establecido por la Norma Oficial Mexicana, asegurando con esto su completa fusión en la boca. -- Considerando ahora los resultados del análisis estadístico se tiene que efectivamente existen diferencias significativas muy marcadas entre las margerinas 1 y 2 mientras que para las margerinas 3 y 4 estas no son tan notorias. También la Norma Oficial indica como un control fisicoquímico a la humedad y establece como un máximo permisible 18.6 %; de acuerdo a las formulaciones elaboradas de margarina de -- "mesa", el porcentaje de agua adicionado durante la preparación de la fase acuosa no permite rebasar este máximo, ya que comb se aprecia, los rangos de variación de los productos fluctúan entre 16 y 18.5 % el igual que para las

margarinas comerciales, cumplen así con este requisito.

Debido a que la Norma Oficial no establece un control acerca del valor de pH y de A.G.L., se tuvo que apegar a los resultados obtenidos de las margarinas comerciales y tomar como referencias el pH para las margarinas de tipo industrial. Entonces tenemos que el pH para los productos elaborados es superior a 6.00 para el caso de tres de ellos (margarina 1, 2, 3) para la última margarina su pH fue 4.50 ya que se adicionó una pequeña cantidad de ácido cítrico dentro de su formulación con el fin de disminuir éste.

Con respecto a los resultados de Ácidos grasos libres se puede decir que son bajos pues las variaciones de 0.2592 a 0.3391 % de acidez como oléica aseguran que el deterioro del producto por rancidez no se produzca a menos que sus condiciones de manejo o almacenamiento no sean las adecuadas. Al analizar estos resultados se puede apreciar -- que existen pequeñas diferencias para la margarina 1 y 2 mientras que para la margarina 3 y 4, estas son nulas.

En los resultados de penetración se puede apreciar la importancia que tiene la etapa de formación de emulsión y la de enfriamiento-cristalización. Existen variaciones considerables de los resultados ya que como se muestra, la margarina 1, es mezcla suave y cuyo punto de fusión fue el más bajo ( 32.3°C) de todos los productos analizados no presenta

la mayor penetración. Para el caso de la margarina 2 se -- puede apreciar que a pesar de tener un punto de fusión alto ( 39.80°C) presento la mayor penetración que fue de ---- 187.3 mm/5 seg. lo que la hace poco firme y consistente. Las margarinas 3 y 4 de acuerdo a sus resultados ( 91.8 y 81.0 mm / 5 seg., respectivamente) demostraron ser las más firmes y consistentes de todas las elaboradas y los resultados presentan cierta semejanza con 3 de las margarinas comerciales ( tabla III.4).

Los resultados de penetración no fueron los esperados, aunque esto puede explicarse al hecho de no contar con el equipo adecuado, lo que provocó que durante el enfriamiento de la emulsión no se llevara a cabo una completa cristalización del producto. Esto se refuerza al observar los resultados de la margarina 1 la cual a pesar de tener un punto de fusión bajo tiene un valor de penetración menor mientras que para el caso de la margarina 2, se tiene un punto de fusión más alto pero una mayor penetración. Ahora bien, para la margarina 3 y 4 no hay diferencia significativa a pesar de no tener las condiciones adecuadas para su elaboración.

Por otro lado, la tabla III.10 contiene los resultados de I.G.S. ( Índice de grasa sólida) para los diferentes productos elaborados y la figura III.4 muestra el comportamiento de las curvas obtenidas.

Por presentar el menor contenido de sólidos ( 14.88) a una temperatura de 10°C, la margarina 1 es la más suave de las cuatro estudiadas y en el caso contrario se encuentra la margarina 3, que por contener el mayor porcentaje de sólidos ( 29.41) es la más dura a dicha temperatura. La margarina 1 además de ser la más suave, es la más plástica ya que como lo muestra su curva ( fig. III.4) la relación de glicéridos sólidos disminuye paulatinamente en un intervalo de temperaturas desde 10°C hasta 33.3°C. Se puede observar que a pesar de la cantidad de sólidos iniciales mayor para la margarina 2 ( 17.94) comparada con la margarina 1, la curva muestra que la fusión es mayor y mucho más rápida ya que un intervalo de 26.7°C a 33.3°C los sólidos son mayores para la margarina 1 por lo que la margarina 2 es menos firme a pesar de ser ésta más suave.

Las curvas dilatómetricas de las margarinas 3 y 4 - indican un comportamiento semejante. La margarina 3 es más dura a temperatura de refrigeración y a temperatura ambiente que la número 4, debido a que la cantidad de sólidos presentes es mayor. La fusión de ambos productos se aseguran unos grados arriba de 33.3°C y la consistencia y plasticidad son características de una margarina de "mesa".

Se puede observar, que efectivamente las formulaciones para las margarinas 3 y 4 son muy semejantes, ya que por un

TABLA III.10 INDICE DE GRASA SOLIDA PARA MARGARINAS  
ELABORADAS

MARGARINA	VALOR DE INDICE DE GRASA SOLIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS			
	<u>10 °C</u>	<u>26.7 °C</u>	<u>33.3 °C</u>	<u>37.8 °C</u>
I	14.88	3.83	1.13	0.0
2	17.99	1.44	0.19	0.0
3	29.41	7.15	1.03	0.0
4	26.90	6.74	0.91	0.0

lado, las variaciones son pequeñas en cuanto a Índice -- de Iodo se refiere y punto de fusión; para A.G.L. no -- existen estas variaciones y para la penetración los resultados no fueron los esperados ya que como se mencionó anteriormente la etapa de enfriamiento- cristalización no fue la óptima y por lo tanto existieron diferencias entre los -- productos elaborados.

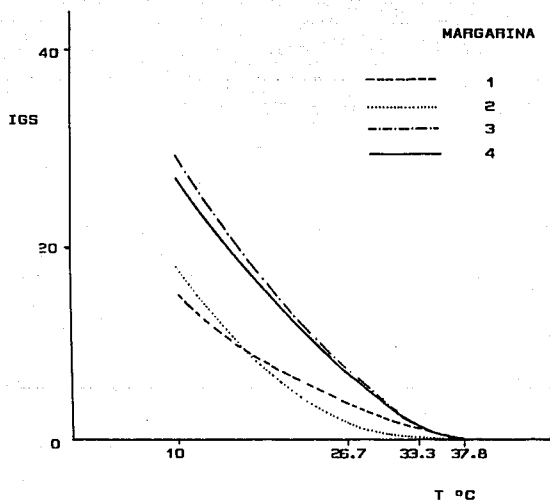


Fig. III.4 CURVAS DILATOMETRICAS DE MARGARINAS ELABORADAS.

**CONCLUSIONES**

**Y**

**RECOMENDACIONES**



**IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1.- Las Normas oficiales de calidad indicadas para la fabricación de margarina de "mesa" no establecen o recomiendan un tipo específico de materia prima oleagífera empleada en su elaboración. Ni tampoco existe regulación en cuanto a pH y porcentaje de sólidos grasos contenidos en el producto.
- 2.- A pesar de que existen Normas Oficiales para la margarina de "mesa", se encontró que no todas cumplen con los requisitos establecidos, por lo cual indica una falta de seguimiento por parte de las autoridades en el cumplimiento de las Normas Oficiales.
- 3.- De acuerdo al análisis de las margarinas comerciales se concluye que existen productos de diferentes consistencias en el mercado de México.
- 4.- No existe preferencia alguna sobre la selección o uso específico de aceites o grasas en la formulación de la fase oleosa de la margarina. Aunque la mayoría de los productores la seleccionan en función de su disponibilidad y precio en el mercado.
- 5.- El tipo de materia prima, el porcentaje de ésta dentro de la formulación y el grado de hidrogenación son parámetros que permiten controlar la dureza o suavidad de una margarina.
- 6.- Para formular la fase oleosa se deben conocer las características fisicoquímicas y de consistencia de los aceites y grasas que se usaron en forma individual y en mezcla ya que influirán en las características del producto final.

- 7.- Es necesario que dentro de la formulación de la fase oleosa exista una pequeña cantidad de aceite parcialmente hidrogenado de alto punto de fusión ( 35 - 40°C) o bien una cantidad considerable de un aceite parcialmente hidrogenado de punto de fusión intermedio -- ( 30 - 35 °C) para que proporcione cierta estructura al producto.
- 8.- Se recomienda utilizar Formulaciones que contengan aceite líquido ( 30 % máx.) y grasa de alto punto de fusión ( 35 - 40 °C ) o bien una mezcla de grasa con punto de fusión intermedio ( 30 - 35 °C) para mantener un mínimo de variaciones en la proporción de glicéridos sólido-líquidos.
- 9.- Al elaborar la fase oleosa se encontró que existe relación entre el tipo y porcentaje de aceite utilizado con el punto de fusión, el Índice de Iodo e I.G.S. Es recomendable realizar nuevas pruebas para obtener un modelo matemático que establezca una relación numérica entre estos parámetros.
- 10.- El I.G.S. es una prueba determinante en la selección de una mezcla grasa que puede ser utilizada para -- elaborar una margarina. En caso de no poder realizar la prueba por el método dilatométrico se recomienda evaluar --- la mezcla grasa a través de ciertos análisis, como - Índice de Iodo y punto de fusión.
- 11.- Las formulaciones oleosas seleccionadas fueron 9, 10, 12 y 13, por sus características semejantes a las de las margarinas comerciales; esto es, punto de fusión cercanos a 38 °C e Índice de Iodo aproximados a 80 g. de I<sub>2</sub>/ 100 g. de muestra.

12.- Las etapas críticas en la elaboración de la margarina son:

- Formación de la emulsión
- Enfriamiento-cristalización

Cabe mencionar, que, dentro de estas etapas se --- recomienda realizar diferentes pruebas para controlar las variables que influyen directamente sobre estas etapas.

13.- Existen algunos componentes que proveen características finales al producto terminado como el sabor, color y textura, muchos de los cuales han sido desplazados por edulcorantes mucho más complejos de tal manera que al utilizarlos en la elaboración de la margarina provocan que el producto tenga mejores -- características fisicoquímicas y organolépticas.

14.- Se seleccionó como una buena fase oleosa la utilizada en la elaboración de la margarina 3 y 4 ya que -- cumplen con las características fisicoquímicas que -- establece la Norma Oficial.

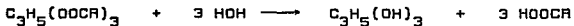
**A P E N D I C E   A**

**ACIDOS GRASOS LIBRES**

Método Ca. 5a-40 AOCS. 1946

**Fundamento:**

La presencia natural de acidez libre en las grasas, es decir, de ácidos grasos no combinados, es el resultado de la hidrólisis de alguno de los triglicéridos, que se producen de acuerdo a la siguiente reacción:



La acidez o cantidad de ácidos grasos libres, en una grasa o productos derivados, puede expresarse de diferentes formas dependiendo del tipo de aceite o grasa.

**Materiales y reactivos:**

Alcohol etílico al 95 %

Fenolftaleína al 1 % de alcohol del 95 %

Hidróxido de sodio 0.1 N

Matraz erlenmeyer

Parrilla eléctrica

Bureta graduada de 50 ml.

Balanza analítica

**Preparación de la muestra:**

La muestra debe mezclarse y estar completamente líquida antes de pesarla.

**Procedimiento:**

Pesar la cantidad de  $28 \pm 0.2$  g. de muestra en un matraz erlenmeyer. Añadir la cantidad de 50 ml. de alcohol caliente neutralizado y 2 ml. de fenolftaleína. Valorar con álcali agitando vigorosamente, hasta la aparición del primer color rosa permanente de la misma intensidad que la del alcohol neutralizado antes de la adición de la muestra. El color debe persistir durante 30 seg.

**Cálculos:**

$$\% \text{ de ácidos grasos} = \frac{\text{c.c. de álcali} \times N \times 28.2}{\text{g. de muestra}}$$

libres como azeo

Donde:

N = Normalidad del álcali.

Fuente: Mehlenbacher, V.C. (1977).

**CONSISTENCIA Y PENETRACION****Fundamento:**

La prueba de penetración ofrece una medida arbitraria de la firmeza de grasas plastificadas, mediante la medida de la penetración de un peso determinado, de forma definida que penetrará en la grasa en un cierto tiempo. La firmeza de la grasa este relacionada con la composición y el carácter de las grasas así como con la temperatura de la muestra, el tiempo de medición y la historia previa de la muestra.

**Material:**

Penetrómetro A.S.T.M.

**Procedimiento:**

Calibrar el penetrómetro.

Con el disco fijar la aguja en cero.

Revisar que el penetrómetro este limpio y bien aceitado.

Preparar la muestra con una altura de 2 - 3.5 cm.

Hacer varias penetraciones y obtener un promedio de las lecturas.

**Resultados:**

El promedio de las lecturas se reporta como: mm/ 5 seg.

**DETERMINACION DE HUMEDAD****Método "Ensayador de humedad Brabender"**

El ensayador de humedad Brabender, es una estufa especialmente diseñada, que lleva incorporada una balanza y una escala automática de registro de humedad. Se regula la temperatura de tal manera que no se provoquen salpicaduras ni quemaduras a la muestra.

**Procedimiento:**

Se colocan 10 g. de muestra uniformemente en todo el platillo y se calienta el ensayador a una temperatura de 65 - 70°C.

La terminación de este análisis es cuando se alcanza el peso constante de la muestra.

Anotar la lectura.

Fuente: Mehlenbacher, V.C. (1977).



## INDICE DE REFRACCION

Método Co. 7-25 AOCs.1946

## Fundamento:

El índice de refracción es una cantidad adimensional, que depende del carácter y estado de la sustancia examinada. El índice de refracción se ha definido como una constante de composición a una temperatura y longitud de onda determinada. Es de utilidad para la identificación y análisis cuantitativo.

De acuerdo con los recientes estudios se han establecido las siguientes generalizaciones acerca de la relación que existe entre el índice de refracción y la estructura y composición de los ácidos grasos y glicéridos:

- 1) Los índices de refracción, tanto de grasas como de ácidos grasos, aumentan conforme incrementa la longitud de las cadenas de hidrocarburos y el número de enlaces dobles en las cadenas.
- 2) Los índices de refracción de los glicéridos simples, son considerablemente más altos que los correspondientes ácidos grasos.
- 3) Los índices de refracción de los glicéridos simples están, en general, próximos a los de las correspondientes mezclas de glicéridos sencillos.

- 4) Los índices de refracción de los monoglicéridos son - considerablemente más altos que los índices de refracción de los correspondientes triglicéridos.

**Material y reactivos:**

Refractómetro ABBE

Papel filtro

**Procedimiento:**

Derretir la muestra, a menos que sea líquida y filtrarla a través de papel filtro para eliminar cualquier impureza y las últimas trazas de humedad. Ajustar la temperatura del refractómetro a la temperatura de  $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; colocar varias gotas de muestra en el prisma inferior. Juntar los prismas y apretarlos firmemente con la cabeza de tornillo. Dejar en reposo 1 ó 2 minutos, o hasta que la muestra alcance la temperatura del aparato. Ajustar éste y la luz, de forma que se obtenga una lectura lo más clara posible, y entonces determinar el índice de refracción.

Fuente: Mehlenbacher, V.C. (1977).

**Material y reactivos:**

Tiosulfato de sodio, 0.1 N  
Yoduro de potasio al 15 %  
Indicador de almidón  
Cloroformo  
Reactivo de Henus  
Agua destilada  
Papel filtro  
Matraz erlenmeyer con tapón esmerilado  
pipetas volumétricas  
Balanza analítica  
Material para titulación

**Preparación de la muestra:**

La muestra de prueba debe estar limpia, transparente y seca, en el caso de que este sólida se procede a fundirla calentándola a una temperatura no mayor de 10°C arriba de su punto de fusión, filtrando a través de papel filtro para eliminar cualquier impureza y los últimos vestigios de humedad.

**Procedimiento:**

Pesar 0.2 - 0.5 g. de muestra y colocarla en un matraz para iodo de 200 ml. con taón de vidrio esmerilado adicionar 10 c.c. de cloroformo con una pipeta, girando el matraz, se le adiciona 25 c.c. de reactivo de Henus y se deja reposar

durante 30 minutos. Se le agregan 10 c.c. de yoduro de potasio al 15 % y 100 c.c. de agua fría previamente hervida. Titular el yodo con tiosulfato de sodio 0.1 N, dejándolo caer lentamente y agitando hasta su desaparición del color amarillento, agregar 1 c.c. de indicador de almidón y continuar agitando hasta que la coloración azul desaparezca. Al final de la titulación agitar vigorosamente el matraz bien tapado para ver si todo el yodo ya se ha titulado.

Cálculos:

$$I = \frac{(V_t - V_m) N \times 12.69}{m}$$

Donde:

- I = Índice de Iodo.
- $V_m$  = Volumen de solución de tiosulfato de sodio gastado en la titulación de la muestra = c.c.
- $V_t$  = Volumen de solución de tiosulfato de sodio gastado en la titulación del blanco = c.c.
- N = Normalidad de la solución del tiosulfato de sodio.
- 12.69 = Equivalentes del yodo.
- m = Masa de la muestra = gramos.

Fuente: Norma Oficial Mexicana ( 1981).



**Procedimiento:**

Calentar 50 ml. de muestra a 60°C.  
Agregar 3-5 ml. de HCl grado Q.P.  
Agitar fuertemente durante 1 min.  
Adicionar 10 ml. de KOH 1 N.  
Agitar de 0.5-1.0 min.  
Adicionar 10 ml. de dimetilglioxima al  
1 % en alcohol.  
Agitar 30 seg. y dejar reposar de 1-5 min.  
Adicionar 5 ml. de hidróxido de amonio  
concentrado.  
Agitar durante 10 seg. y dejar reposar 5 min.

**Resultados:**

Si existe una coloración rosada indica presencia de níquel. Por lo que, si no hay aparición de color rose entonces no hay presencia de níquel y se considera un resultado negativo aceptándose el aceite hidrogenado. Por el contrario, si aparece una tonalidad rose el resultado es positivo y se considera que el aceite hidrogenado tiene níquel por lo que se rechaza.

Fuente: Mehlenbacher, V.C.(1977).

**DETERMINACION DE pH**  
**Método 11.032 AOAC. 1946**

**Definición:**

pH se define como el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se basa en el grado de disociación presente - ( $H^+$  y  $OH^-$ ).

**Procedimiento:**

Ajustar el potenciómetro a la temperatura de 35°C. -- Calibrar el aparato de manera que se tenga un valor de pH de 7.0; utilizando una solución buffer.

Limpia el electrodo primero con agua destilada y luego secarlo cuidadosamente. Se introduce el electrodo en la muestra en estado líquido, ya que se estabiliza se toma la lectura con una aproximación de 0.001 unidades.

**Fuente:** Pearson's (1984).

**PUNTO DE FUSION**

NOM-F-114-S-1981

**Fundamento:**

El punto de fusión de una sustancia pura formada solamente por un constituyente, es la temperatura en la que se encuentra en equilibrio las fases sólida y líquida, a la presión de una atmósfera. Las grasas naturales no están constituidas por componentes únicos; por el contrario, son mezclas complejas que contienen diversos componentes y presentan puntos de fusión diferentes a los de los compuestos puros. Las grasas no funden bruscamente hay un campo considerable entre la temperatura de solidificación y temperatura de fusión. Este campo corresponde al periodo de ablandamiento gradual que tiene lugar durante la fase de transición de una grasa a un aceite líquido.

El punto de fusión Wiley se define como la temperatura a la cual, bajo las condiciones de esta prueba, la muestra adquiere una forma esférica de aspecto transparente, correspondiendo a la temperatura de fusión.



**Material y reactivos:**

Alcohol etílico al 15 %  
Agua destilada  
Papel filtro Whatman No. 41 o similar  
Termómetro certificado AOCS  
Tubos de ensayo de 30 cm. de largo y  
3.5 a 3.8 cm. de diámetro  
Parrilla eléctrica  
Material común de laboratorio  
Refrigerador o baño refrigerante que  
mantenga temperaturas de 8-10°C  
Placa de acero de 10 mm. de grueso y 150 mm<sup>2</sup>  
de superficie para enfriar la muestra.  
Placa de aluminio de 10.16 cm. de lado,  
0.317 cm. de grueso y horadaciones de  
0.9 cm. de diámetro.

**Preparación de la muestra:**

Se funde la muestra, se pasa a través de papel filtro para eliminar impurezas y las últimas trezas de humedad. La muestra completamente seca se vacía en las horadaciones de la placa de aluminio, la cual se enfrió previamente en el refrigerador, junto con la placa de acero durante dos horas, para que la muestra se solidifique totalmente. Se elimina el exceso de muestra que queda arriba del nivel de la placa de aluminio con una navaja delgada tipo bisturí.

**Procedimiento:**

Se hierven por separado el alcohol y el agua durante 10 minutos, para eliminar los gases disueltos.

Se pone en un tubo de ensayo el agua caliente hasta la mitad y se le agrega el alcohol caliente, escurriéndolo al interior del tubo por las paredes, para evitar que ambos líquidos se mezclen.

Se saca el disco formado en la placa de aluminio y se deja caer dentro de la mezcla alcohol-agua que se encuentra en el tubo de ensayo, el cual ha sido previamente enfriado con agua helada, a  $10^{\circ}\text{C}$  abajo del punto de fusión de la muestra. El disco se suspende en el punto donde su densidad sea equivalente a la mezcla líquida.

Se coloca el tubo en un vaso de precipitados que -- contiene agua fría y se introduce el termómetro de manera que el bulbo quede exactamente arriba del disco de grasa.

Se mueve el termómetro muy lentamente y en forma circular alrededor del disco de grasa, para mantener la temperatura uniforme cuando se caliente el vaso. ( Si el disco de grasa llega a tocar las paredes del tubo de ensayo la determinación debe repetirse). Se calienta el agua del baño muy lentamente con la parrilla eléctrica y se agita con frecuencia con un agitador magnético.

Cuando la temperatura de la mezcla alcohol-agua empieza a subir, el disco de grasa cambia gradualmente de forma, -- cuando esto sucede se baja el termómetro hasta que el centro del bulbo quede al mismo nivel que el disco.

Se observa la temperatura en el instante en que el disco de grasa llega a ser completamente esférico y transparente.

**Resultados:**

El punto de fusión Wiley es el momento en que el disco de grasa cambia de forma, a esférico y transparente.

Fuente: Dirección General de Normas (1981).

**A P E N D I C E   B**

**INDICE DE GRASA SOLIDA****Dilatometría****Método Cd. 10-57 AOCS. 1973****Definición:**

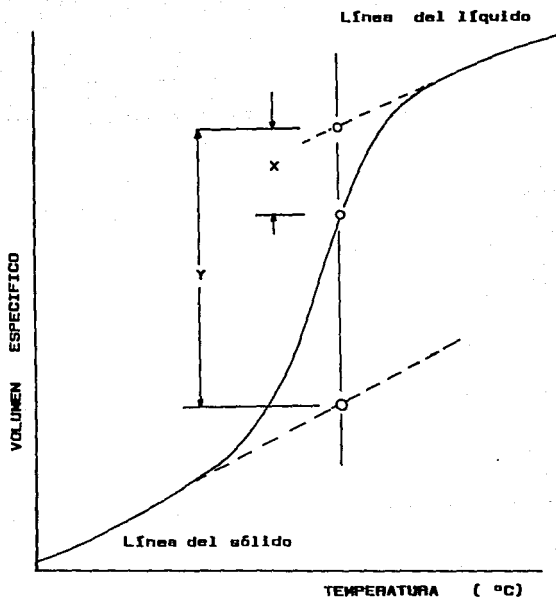
El Índice de Grasa Sólida ( I.G.S.) es una medida empírica del contenido de grasa sólida. Se calcula por los volúmenes específicos a varias temperaturas utilizando un dilatómetro graduado en unidades de ml. x 1000. Los resultados son expresados como Dilatación por fusión en -- ml. por kg. de grasa.

**Fundamento:**

Dentro del campo normal de temperatura ambiente las grasas plásticas, como margarina, mantequilla, manteca vegetal, etc. son de aspecto sólido. No obstante, estos productos se forman por una masa de cristales muy pequeños de grasa sólida entrelazados con aceite líquido; la relación de aceite líquido con grasa sólida depende de diversos factores relacionados con la composición y características de la grasa y el acondicionamiento de la muestra, siendo función de la temperatura. La diferencia entre los volúmenes específicos de las fases sólida y líquida es la base para el tipo de análisis conocido como Dilatometría.

Cuando se funde una muestra, ocurre un aumento de volumen específico, debido a la expansión térmica como a la dilatación de fusión. El aumento de volumen debido a la -- transformación de fase es muchas veces mayor que el aumento originado por la expansión térmica (37).

La base para el cálculo del contenido de grasa sólida a partir de la dilatación de fusión de fusión, como se observa en la figura.



**CURVA DILATOMETRICA TEORICA en la que se observa el cambio de volumen con el cambio de temperatura.**

La línea de líquido representa la expansión térmica del sólido. La línea curva que une las líneas de líquido y sólido es la curva de fusión en la que el sólido cambia a líquido a medida que aumenta la temperatura. Esta línea consta de una serie de secciones lineales, cuyo número depende de la cantidad de puntos medidos. Para el cálculo del sólido, se supone que las líneas de líquido y sólido son paralelas y que el aumento en unidades de volumen es de 0.1 cc./g. a cualquier temperatura el porcentaje de sólidos es:

$$\% \text{ Sólidos} = 100 X/Y \quad \text{o} \sim 100X \text{ cuando } Y=0.1$$

Cuando se confina una muestra de grasa en un bulbo de vidrio y se mide su expansión térmica mediante un líquido de contensión ( como mercurio o agua) comunicado a un tubo capilar, se puede calcular el valor de P a cualquier temperatura midiendo las alturas que alcanza la columna del líquido indicador en el tubo capilar.

Los índices determinados dependen de:

- La composición y caracter de las grasas.
- La forma en que la muestra esta solidificada.
- La forma en que esta acondicionada.
- La forma en la que es fundida.

#### MATERIAL Y REACTIVOS:

Dilatómetro Pyrex graduado ( o a 1400 intervalos de 50).

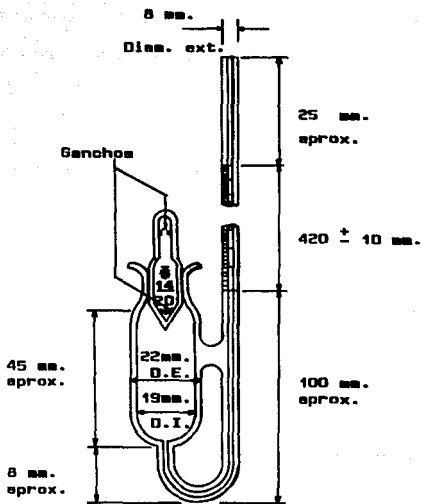
Resortes para ajustar tapones al dilatómetro.

Soportes para los termómetros, durante el manejo de los dilatómetros.

Baños de temperaturas constante con exactitud de  $\pm 0.05$  °C equipados con agitadores. Los baños -- requeridos serán: 10, 21.1, 26.7, 33.3, 37.8 y 60.0 °C.

Bomba de vacío.

Pipeta graduada de 5 ml.



DILATOMETRO. Tipo volumétrico, de la American Oil Chemists' Society.



Cemento fisher Pyseal o equivalente.  
 Solución de dicromato de potasio 1 %  
 Grasa para alto vacío tipo silicón  
 Acetona  
 Mercurio destilado

**ALCANCE:**

Aplicable a margarinas, aceites y otras grasas con un índice sólido de 50 o menos de 10 °C.

**CALIBRACION:**

Todos los dilatómetros nuevos deberán ser chequeados para comprobar la precisión.

El dilatómetro deberá estar limpio y seco.

Asegurar el dilatómetro en posición invertida

Colocar el tapón de corcho capilar en su lugar en la parte final de la varilla del dilatómetro y hacer un sello con el cemento.

Después que el cemento se seque, sumergir la punta del tapón dentro del recipiente con mercurio limpio que este a temperatura ambiente.

Usando vacío, llevar el mercurio dentro de la varilla del dilatómetro hasta que la porción calibrada este llena.

Sucesivamente escarrear porciones de 0.200 ml. de mercurio a un recipiente de 50 ml. y registrar pesos.

Calcular el volumen real en ml. contenidos en cada escala medida como sigue.

$$\frac{\text{Peso del mercurio}}{\text{escala final} - \text{escala inicial}} \times \text{Vol. específico de Hg a T. amb.} \times 1000$$

1ml. = 1000 ml. en la escala de lectura.

**PROCEDIMIENTO:****Llenado del dilatómetro.**

Deaerar 50 ml. de la solución indicadora por 3 min. en un matraz de filtrado de 250 ml.

Calentar la muestra a 80 °C y deaerar en un matraz de filtrado de 250 ml. durante dos minutos. La muestra debe mantenerse en estado líquido y agitar vigorosamente durante la deaeración.

NOTA: El indicador y la muestra deben ser usados lo más pronto posible.

Pipetear 2 ml. de solución indicadora dentro del dilatómetro. Lubricar el tapón con grasa de silicón y peser el dilatómetro.

Con cuidado abrir el dilatómetro y vacear la muestra hasta que se derrame está. Insertar el tapón de tal forma que la solución indicadora esté en la marca de los 1200 en la varilla cuando el tapón quede asegurado. La lectura deberá ser de  $1200 \pm 100$  a 80 °C.

Lavar la grasa de la superficie externa del dilatómetro con acetone; sujetar los resortes de retención y repesar el dilatómetro cuando el solvente se haya evaporado.

**Medida de la expansión térmica.**

Sumergir el dilatómetro hasta la marca de los 300 en el baño a 60 °C y registrar la lectura después de 15 minutos y luego a intervalos de 5 min. hasta que sea constante.

Transferir el dilatómetro al baño de 37.8 °C y sumergirlo hasta 300. Anotar la lectura del nivel del indicador a intervalos de 5 min. hasta que no haya cambio.

**Acondicionamiento de la muestra.**

Transferir el dilatómetro al baño de 0 °C y sumergirlo hasta la marca de 300 y mantenerlo 15 min. Anotar la lectura.

Transferir el baño de 26.7 °C y mantenerlo 30 min. Anotar la lectura.

Transferir al baño de 26.7 °C y mantener durante --  
30 minutos.

Transferir al baño de 0 °C y mantener durante 15 min.

Medidas de destilación.

Transferir el dilatómetro del baño de 0 °C que sigue sumergiéndolo a 300 y registrar la lectura.

Repetir con las siguientes temperaturas hasta que se hayan obtenido para todas las temperaturas deseadas.

CALCULOS:

El índice de grasa sólida a temperatura:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Dilatación} \\ \text{total} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{Expansión} \\ \text{térmica} \end{array} \right) (60 - T)$$

T= Temperatura observada

Expansión térmica de la muestra °C en ml./kg.

$$R(60) - R(37.8) - V_c(37.8)$$

---


$$W \times ( 60 - 37.8 )$$

Donde:

R(T) = Lectura del dilatómetro a T°C

Vc (T) = Corrección de volumen para expansión y agua.

W = Peso de la muestra.

## BIBLIOGRAFIA

## B I B L I O G R A F I A

1. Andersen, A.J. and Williams, P.N. (1956). Margarine. 2a. edición. Pergamon Press. London.
2. Armitage, P. (1983). Statistical methods in medical research. 1a. edición. Blackwell scientific publications. Gran Bretaña.
3. Badui, S. (1981). Químicos de alimentos. 1a. edición. Ed. Alhambra. México.
4. Bailey, A.F. and Kraemer, E.A. (1944). Industrial oil and fat products. JAOCS 21: 251.
5. Braverman, J.B.S. (1980). Introducción a la bioquímica de alimentos. 1a. edición. Ed. El manual moderno S.A.
6. Camecho, R. (1984). Situación actual de hidrogenación. ICONSA. Planta Tultitlán. México.
7. Coppens, P. (1985). Las ventajas de los antioxidantes. Food 7 (5):49,50.
8. CONASUPO. (1983). Asociación nacional de industriales de aceites y mantecas comestibles A.C. Econotécnica Agrícola. SARH.
9. Desrosier, N.W. (1983). Elementos de tecnología de alimentos. Trad. Cristina Sangines de S. 1a. edición. CECSA.
10. Dalma, L. (1986). Estudio de mercado, producción y rentabilidad. ICONSA. Planta Tultitlán. México.
11. DeMan, J.M. (1970). Rheology and texture in food quality. AVI publishing. USA.

12. Dirección General de Estadística. (1983). Agenda Estadística. S.P.P.
13. Dirección General de Normas. Norma oficial Mexicana. NOM-F-16-S-1979. Margarina para mesa. (Margarine for table). Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
14. Dirección General de Normas. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-165-S-1978. Margarine and oleomargarine for industrial edible use. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
15. Dirección General de Normas. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-114-S-1981. Alimentos para humanos. -Greasas vegetales o animales-.Determinación del Punto de Fusión por el método de Wiley. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
16. Dirección General de Normas. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-408-S-1981. Alimento para humanos.- Aceites y grasas vegetales o animales-. Determinación del Índice de yodo por el método de Hanus. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
17. Duns, Malcolm L. (1985). Palm oil in margarines and shortenings. JAACS 62(2):408-410.
18. Ecole. (1985). Papel y aplicaciones de los antioxidantes. Chimie 265 Oct.:171-174.
19. Encuesta Industrial Mensual.(1986,1988 y 1989). Coordinación General del Sistema Nacional de Información. S.P.P.

20. Fenema, D.Q. Introducción a la ciencia de los alimentos. Ed. Reverte.
21. Furla, Tomas E. (1975). Handbook of additives. 2a. edición. C.R.C. Press. USA.
22. González Díez, P. (1975). Aceite de cártamo. Elaboración de margarina. Tesis Profesional. Instituto Politécnico Nacional. México.
23. Hamilton, R.J. and Bhati, A. (1980). Fat and oils: Chemistry and technology. Applied Science Publishers LTD. London.
24. Instruction manual votator continuous processing apparatus. JOB Number. Chemetron Corporation. Louisville, Kentucky.
25. International Research associates, S.A. de C.V. El mercado de las margarinas en México. Descripción y posibilidades de la soya como materia prima. Reporte Final. - Asociación Americana de la Soya, S.A. de C.V.
26. Joyner, N.T. (1953). The plasticizing of edible fats. JAOCS. November:525-535.
27. Kirk, E.H. and Sawyes, R. (1981). Chemical analysis of foods. 3a. edición. Churchill Livingstone. Gran Bretaña.
28. Korycka-Darl, M. (1980). Iniciación de los cambios oxidativos en alimentos. Journal of Dairy Science 63(7): 1181-1189.
29. Letondress, E.G. (1981). Formulation of products from soy bean oil. JAOCS. Marzo:185-187.

30. Lee, F.A. (1983). Basic food chemistry. 2a. edición. Food Science and Technology Textbook Series. AVI. USA.
31. Leslie, F. and Johnstone, H. (1971). Análisis moderno de los alimentos. Trad. Justino Burgos G. Ed. Acribia. España.
32. Manual de operación. Desodorizador. ICONSA. Planta Tultitlán. México.
33. Manual de operación. Hidrogenación. ICONSA. Planta Tultitlán. México.
34. Manual de procesamiento y utilización de aceite de soya. (1980). Asociación Americana de la soya, S.C.
35. Mesiello, F.J. (1978). Changing trends in consumer margarines. JAACS 55. Feb.:262-265.
36. McMichael, C.E. (1956). Finishing and packaging of edible fats. JAACS 31. Oct.:512-516.
37. Mehlenbacher, V.C. (1977). Análisis de grasas y aceites. Enciclopedia Química Industrial. Tomo IV. Ediciones Bilbao. España.
38. The use of palm oil products in margarines. Porim technology 5.
39. Pearson's, D. (1981). Chemical analysis of foods. 8a. edición. Churchill Livingstone. Gran Bretaña.
40. Potter, N. (1978). Ciencia de los alimentos. Traduc. - Anita Yates. 1a. edición. EDUTEX. México.
41. Sampling and analysis of commercial fats and oils. Solid Fat Index. AOCS. Official Method c.d. 10-57.(1973)



42. Sherwin, E.R. (1985). La oxidación y los antioxidantes en la fabricación de aceites y grasas. Aceites y grasas. Marzo.57-62.
43. Solomons, G. (1990). Fundamentos de química orgánica. 1a. edición. Ed. Limusa-Noriega. México.
44. Spiegel, M. R. PH.D. (1970). Teoría y problemas de Estadística. 1a. edición. Serie compendios Schaums. -- McGraw-Hill. México.
45. Stuijvenberg, J.H. (1969). Le margarine. Historie et evolution. Dunod. París.
46. Instituto Nacional de la Leche. (1979). Apuntes de lactología. Secretaria de ganaderia. México.
47. Tecnología Química. (1975). Elaboración de los productos de la industria química. Vol. II.
48. Valdes M., Sara E. (1979). Obtención de aceite de palma china Filifera. Tesis profesional. Universidad Autónoma de México. México.
49. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. (1981). Tablas de uso práctico. I.N.N. México.
50. Walpole. (1982). Probabilidad y estadística para ingenieros. 2a. edición. Ed. Interamericana. México.
51. Weiss, T.S. (1970). Food oils and their uses. 2a. edición. AVI Publishings. USA.
52. Wiedermann, L.H. (1978). Margarine and margarine oil. Formulation and control. JAOCS 55 November:823-829.

53. Wiedermann, L.H. (1968). Margarine oil. Formulation and control. JAOCS. 45 sept.:515 A, 520 A-522 A y 560 A.
54. Wilson, E.D.; Fisher, K.H. and Fuqua, M.E. (1978). Fisiología de la alimentación. 2a. edición. Ed. Interamericana. México.