



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

## PROPIEDADES TEXTURALES DE TRES GRASAS VEGETALES Y SU RELACION CON EL INDICE DE GRASA SOLIDA

2001

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A :  
ALICIA SANDOVAL RUIZ

ASESORA DE TESIS: M.C., ROSA MANUELA ARRIAGA ORIHUELA



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

VERDAD NACIONAL  
 AVENIDA DE  
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
 P R E S E N T E .

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Propiedades texturales de tres grasas vegetales y su  
relación con el índice de grasa sólida

que presenta la pasante: Alicia Sandoval Ruiz  
 con número de cuenta: 9001980-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI FAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán izcalli, Edo. de Méx., a 1 de Junio de 2001

PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Fernando Beristain</u>
VOCAL	<u>M. en C. Rosa M. Arriaga Orihuela</u>
SECRETARIO	<u>M. en C. Carolina Moreno Ramos</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>I.A. Patricia Muñoz Aguilar</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.A. Miriam Alvarez Velasco</u>

## RECONOCIMIENTOS

- ☛ A la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad que me ha brindado para desarrollarme profesionalmente.
- ☛ A la M. C. Rosa Manuela Arriaga Orihuela por su valiosa ayuda y paciencia durante la realización de este trabajo. Gracias por la enseñanza proporcionada a lo largo de mi vida universitaria.
- ☛ A los profesores integrantes del jurado por sus contribuciones para mejorar este trabajo de tesis.
- ☛ A las profesoras Dra Laura P. Martínez Padilla, IBQ Norma B. Casas Alencaster, IA María Eugenia Ramírez Ortiz integrantes del Laboratorio de Propiedades Reológicas y Funcionales en Alimentos (LAPRYFAL) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por su ayuda y motivación durante el tiempo que fui parte de ese valioso equipo.

*“ Vivir no es una ciencia exacta. La vida es más bien una obra de arte”*

*ALICIA SANDOVAL RUIZ*

## AGRADECIMIENTOS

- ☛ A mis queridos Padres Irma y José por su amor incondicional, apoyo y comprensión en cada etapa de mi vida, y sobre todo por confiar en mí.
- ☛ A mis hermanos Claudia y Armando por su apoyo y cariño, por construir juntos una vida llena de satisfacciones dentro de la familia tan hermosa que formamos.
- ☛ A mis familiares que me han demostrado su cariño y que siempre se han preocupado por mí.
- ☛ A Fernando Vázquez por el amor que me ha brindado y por hacerme sentir que soy importante en su vida.
- ☛ A Liliana Villagrana y Jazmín Villarreal por su amistad y por todos los momentos que hemos compartido juntas.
- ☛ A Gabriel Mendiola, por sus valiosos consejos que me han servido para comprender que lo más importante es la felicidad y la confianza en uno mismo.
- ☛ A mis compañeros de generación.
- ☛ A todos los compañeros del laboratorio calidad de Joyco de México, por compartir los buenos y malos momentos de nuestra vida profesional.

*Gracias por ser parte de mi vida. Los quiero mucho.*

*ALICIA SANDOVAL RUIZ*

## ÍNDICE GENERAL

Índice general	I	
Índice de cuadros	III	
Índice de figuras	V	
1	Introducción	1
2	Antecedentes	6
2.1	Definición y clasificación de los lípidos	7
2.2	Ácidos grasos	10
2.2.1	Ácidos grasos saturados	10
2.2.1	Ácidos grasos insaturados	12
2.2.3	Isomería de los ácidos grasos	14
2.3	Acilglicéridos	15
2.3.1	Triacilglicéridos	16
2.3.2	Mono y diacilglicéridos	17
2.4	Polimorfismo	18
2.4.1	Estructura de los cristales polimórficos	18
2.4.2	Hábito cristalino de las grasas	22
2.5	Plasticidad	23
2.6	Análisis físicos y químicos de los aceites y grasas	28
3	Procesos de modificación de aceites	30
3.1	Hidrogenación	31
3.1.1	Hidrogenación selectiva	33
3.2	Interesterificación	35
3.3	Fraccionamiento	37
3.4	Estabilidad	38
4	Características de las grasas y aceites vegetales utilizados	42
4.1	Aceite de coco	44
4.2	Aceite de soya	46

5	Textura	49
5.1	Propiedades de textura en alimentos	50
5.2	Evaluación objetiva de la textura	53
5.2.1	Métodos fundamentales	55
5.2.2	Métodos empíricos	56
5.2.3	Métodos imitativos	57
5.3	Textura en productos grasos	60
6	Desarrollo metodológico	66
6.1	Grasas vegetales utilizadas	68
6.2	Índice de grasa sólida	69
6.3	Perfil de ácidos grasos	73
6.4	Pruebas texturales	74
6.4.1	Análisis de perfil de textura (TPA)	74
6.4.2	Prueba de adhesividad	86
7	Resultados y discusión	90
7.1	Contenido de sólidos grasos y perfil de ácidos grasos	91
7.2	Análisis de perfil de textura	93
7.3	Correlación entre el contenido de sólidos grasos y los parámetros de textura	98
7.3.1	Dureza y su relación con el contenido de sólidos grasos	98
7.3.2	Adhesividad y su relación con el contenido de sólidos grasos	101
7.3.3	Fuerza adhesiva y su relación con el contenido de sólidos grasos	106
7.3.4	Cohesividad y su relación con el contenido de sólidos grasos	107
7.3.5	Otros parámetros y su relación con el contenido de sólidos grasos	109
8	Conclusiones	111
9	Análisis estadístico	114
10	Referencias	125

## ÍNDICE DE CUADROS

1	Acidos grasos saturados más comunes en alimentos	11
2	Acidos grasos insaturados más comunes en alimentos	12
3	Relación porcentual del contenido de ácidos grasos saturados e insaturados de diversas grasas y aceites comestibles	13
4	Espacios cortos y largos obtenidos por rayos X	19
5	Características de las distintas formas cristalinas de las grasas	20
6	Formas cristalinas predominantes en distintas grasas y aceites	23
7	Métodos de análisis físicos y químicos para aceites y grasas	29
8	Aditivos directos empleados en aceites y grasas	39
9	Adyuvantes de proceso usados en la elaboración de grasas y aceites alimentarios	40
10	Porcentaje de aceite de las semillas más comerciales del mundo	43
11	Especificaciones del aceite de coco	45
12	Acidos grasos del aceite de coco	46
13	Especificaciones del aceite de soya	47
14	Acidos grasos del aceite de soya	48
15	Tipos de métodos para medir la textura de los alimentos.	54
16	Resumen de los principales métodos para medir la textura	58
17	Comparación de diferentes métodos de medición objetiva de textura en alimentos	59
18	Nomenclatura de productos grasos	65
19	Descripción física de las grasas vegetales utilizadas	68
20	Características físicas y químicas de las grasas vegetales utilizadas	69
21	Valores de $V_{40,T}$ para el método dilatométrico	72
22	Descripción física y sensorial de las características mecánicas de textura	84
23	Índice de grasa sólida de las tres grasas vegetales utilizadas, obtenido por dilatometría	91



24	Resultados del análisis de ácidos grasos de las grasas vegetales utilizadas	93
25	Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 1 obtenidos del TPA	93
26	Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 2 obtenidos del TPA	94
27	Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 3 obtenidos del TPA	94
28	Datos promedio de Dureza de las tres grasas vegetales utilizadas	99
29	Datos promedio de Adhesividad de las tres grasas vegetales utilizadas	102
30	Datos promedio de Fuerza Adhesiva de las tres grasas vegetales utilizadas	107
31	Datos promedio de la Cohesividad de las tres grasas vegetales utilizadas	108
32	Datos promedio de la Gomosidad de las tres grasas vegetales utilizadas	109
33	Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 1	114
34	Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 2	117
35	Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 3	120
36	Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 1	123
37	Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 2	123
38	Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 3	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

1	Configuración cis y trans de los ácidos grasos	14
2	Estructura química de los acilglicéridos	15
3	Estructuras correspondientes a las formas cristalinas de los tipos $\beta$ y $\beta'$	21
4	Estructura de las grasas plásticas	25
5	Relación sólido-líquido en la margarina, aceite de coco y shortening	28
6	Estructura química del ácido oleico	32
7	Estructura química del ácido esteárico	32
8	Redistribución de las moléculas de ácidos grasos en la interesterificación	36
9	Cuadro Metodológico.	67
10	Curva típica del Análisis de Perfil de Textura (TPA)	75
11	Curva típica de Adhesividad (fuerza, distancia)	87
12	Curva típica de Adhesividad (fuerza, tiempo)	88
13	Índice de grasa sólida de las tres grasas vegetales estudiadas en función de la temperatura	92
14	Curva de TPA, grasa vegetal 1	95
15	Curva de TPA, grasa vegetal 2	96
16	Curva de TPA, grasa vegetal 3	97
17	Dureza en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas	98
18	Adhesividad en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utiliz.	101
19	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 1 (fuerza, tiempo)	102
20	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 2 (fuerza, tiempo)	103
21	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 3 (fuerza, tiempo)	103
22	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 1 (fuerza, distancia)	104
23	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 2 (fuerza, distancia)	105
24	Curva de Adhesividad, grasa vegetal 3 (fuerza, distancia)	105
25	Fuerza Adhesiva en función de la temperatura de las tres grasas vegetales	106
26	Cohesividad en función de la temperatura de las tres grasas vegetales	108
27	Gomosidad en función de la temperatura de las tres grasas vegetales	109

Los aceites y las grasas han sido reconocidos como nutrientes esenciales tanto en las dietas animales como en la humana. Constituyen la fuente de energía más importante conocida, aportan ácidos grasos esenciales (que son precursores de importantes hormonas, las prostaglandinas), influyen en gran medida sobre la sensación de saciedad tras la comida (hacen a los alimentos más apetitosos) y transportan vitaminas liposolubles. Las principales fuentes de grasa en la dieta son las carnes rojas, los productos lácteos, el pollo, el pescado, los frutos secos y los aceites vegetales. (Z. et al. 1996)

Los aceites y grasas comestibles son triglicéridos formados por la combinación de tres ácidos grasos de cadena larga con glicerina, llamados comúnmente triacilglicéridos. Son insolubles en agua y solubles en la mayoría de los solventes orgánicos. Son menos densos que el agua y a temperatura ambiente varían de consistencia desde líquidos a sólidos. Cuando aparecen sólidos, se les denomina "grasas", y cuando son líquidos "aceites". (Varios 1988)

Las características químicas de los ácidos grasos dependen de la esterificación de los mismos, en tanto que las características físicas dependen de la naturaleza y la posición de los ácidos grasos en la molécula del triacilglicérido, de modo que pueden presentarse dos efectos de naturaleza distinta:

- 1 - La existencia de un mayor número de enlaces dobles en las cadenas de ácido graso. Con ácidos grasos de mayores longitudes de cadena, el punto de fusión va subiendo.
- 2 - La mayor cantidad de ácidos grasos de cadena corta, que se traduce en un descenso del punto de fusión.

Los triacilglicéridos del aceite de palmiste y de coco, por ejemplo, tienen ácidos grasos de cadena más corta que los de la manteca de cacao que funde a una temperatura inferior a la del cuerpo humano (35° C), pero tiene menos enlaces dobles.

Por eso, el punto de fusión de los aceites de palmiste y de coco es similar al de la manteca de cacao, se trata por tanto de grasas consistentes, aunque en el comercio se

encuentren catalogadas como aceites. Ambos aceites, el de palmiste y el de coco contienen más del 47% de ácido láurico, un ácido carboxílico saturado C 12. La constitución de las grasas láuricas les confiere características físicas particulares que las distingue de otros cuerpos grasos. Su ácido con longitud de cadena más corta hace que con grasas láuricas fundidas la viscosidad sea más baja. La velocidad de cristalización de los aceites láuricos generalmente es más elevada que la de las otras grasas de punto de fusión comparable. (Coccol 1969)

Al aumentar el número de enlaces dobles de las cadenas de ácido graso se incrementa la movilidad del triacilglicérido. La mayoría de las grasas vegetales son líquidas y están constituidas principalmente por ácidos carboxílicos de 18 átomos de carbono conteniendo un enlace doble (ácido oleico C 18:1) o bien dos (ácido linoleico C 18:2) o tres, como ocurre con el ácido linoléico (C 18:3). Una grasa o un aceite con mayor número de enlaces dobles es menos estable frente a la rancidez oxidativa.

Entendemos por aceites y grasas comestibles para usos específicos aquellos productos que mediante modernos procesos industriales son transformados para hacerlos más apropiados para usos determinados. El aroma y el color de una grasa han de estar de acuerdo con el uso previsto para la misma en el alimento al que va destinada. Estos aceites y grasas son elaborados para una utilización específica, como es el caso de las empleadas en margarinas, las grasas industriales para asar y freír, las grasas usadas en panadería y pastelería, los aceites utilizados en la mayonesa, grasas consistentes para chocolates y bombones, y las empleadas en productos dietéticos o de leches para bebés. (Rossell 1969)

Los aceites y las grasas más frecuentemente utilizados para ensaladas para aceites de cocina, en grasas de repostería, en margarinas, mayonesas y salsas son de soya, maíz, algodón, palma, cacahuate, olíva, grasol, cártamo, canola, coco, manteca de cerdo y sebo. (Ziller 1996)

Los principales factores que afectan la consistencia de las grasas comerciales son los siguientes

1. Porción de sólidos en la grasa, cuanto mayor sea el contenido de sólidos más dura es la grasa. Si la grasa tiene una proporción de sólidos demasiado pequeña fundirá mientras que si el contenido de sólidos es demasiado alto, se volverá quebradiza. Los productos con un contenido del 80% de grasa pueden ser considerados como grasas plásticas que consisten principalmente de cristales y de aceite líquido.
2. Número, tamaño y tipo de cristales, para un contenido dado de sólidos, la abundancia de cristales pequeños da una mayor dureza a la grasa, que la proporcionada por unos pocos cristales gruesos. Los cristales grandes, blandos, se producen en un enfriamiento lento, los cristales formados por glicéridos de alto punto de fusión ofrecen más rigidez que los glicéridos de punto de fusión más bajo. (Wong, 1995)

Los cristales de grasa forman una red de aceite debido a su mutua adhesión. Una causa de la fuerte adhesión es debida a la formación de puentes sólidos. La existencia de las mismas formas polimórficas de cristales y de puentes indican que los puentes sólidos son formados a partir de núcleos de cristales pequeños. Las fuerzas que mantienen la red tridimensional junta consisten primeramente en un vínculo primario, el cual resulta del crecimiento de cristales juntos (irreversible) y un vínculo secundario la mantienen junta por las débiles fuerzas de London-van der Waals (reversible). (Bellitz, 1997, Johansson, 1995)

Uno de los factores que influyen en la calidad de los alimentos es la Textura. La calidad y aceptabilidad de los alimentos están muy influenciadas por las propiedades texturales de los mismos. La textura también puede ser usada como criterio de selección de alimentos no procesados. La textura es una propiedad de los alimentos extremadamente compleja, estando constituida por distintos parámetros interrelacionados entre sí. La textura de los alimentos está relacionada con propiedades físicas y químicas, percibidas por vía ocular antes del consumo, por el sentido del tacto al manejar el alimento, por distintos receptores de la boca durante el consumo y por el sentido del oído

1.ewis, 1993)

La medida objetiva de la textura de los alimentos (dureza, fibrosidad, amargor, viscosidad y otras características) es importante por sí misma dado que la textura es valorada de forma subjetiva por el consumidor, pero también hay que tener en consideración el hecho de que la textura de los alimentos está fuertemente correlacionada con el sabor, estado de maduración, color y otros factores que determinan la calidad de los alimentos frescos o cocinados. Se han desarrollado un número de instrumentos para medir las características texturales de los alimentos, centrándose sobre todo en la realización de pruebas de compresión y de resistencia al corte.

Entre los atributos de textura presentes en productos grasos se tienen la pegajosidad (tendencia a adherirse a las superficies orales durante la masticación), la extensibilidad, la presencia de humedad libre (la sensación de un incremento inmediato en los fluidos libres en la cavidad oral durante la masticación), de granulosidad, fragilidad, oleosidad (la sensación de un líquido inmisible delgado en la cavidad oral) y de adhesividad, entre otros.

El punto de fusión es muy poco significativo para definir la funcionalidad de una grasa. Por el contrario, en la compra o venta de grasas siempre se deben de especificar los sólidos medidos, ya sean medidos por dilatometría (IGS) o por resonancia magnética nuclear (RMN), además de las características texturales y reológicas de las mismas, con el fin de tener mejores resultados en las aplicaciones. (Beauregard 1996)

*El objetivo principal de esta investigación fue el de determinar la relación entre el índice de grasa sólida y los parámetros texturales de tres grasas vegetales comestibles, con el fin de tener información que ayude al usuario a seleccionar adecuadamente la grasa a utilizar en determinado producto de acuerdo a las características texturales de las mismas y que no simplemente sea el punto de fusión y /o el comportamiento dilatométrico la única especificación que riga esta decisión.*

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS

Los alimentos que consumimos están formados por diferentes tipos de compuestos orgánicos e inorgánicos, como son las proteínas, los carbohidratos, las grasas o lípidos, las vitaminas, los minerales y el agua. Cada uno de ellos tiene propiedades físicas, químicas, funcionales y nutricionales específicas. Los lípidos, por ejemplo, son una excelente fuente de energía, ya que aportan al organismo 9 kilocalorías por gramo de grasa ingerido, el doble de la energía que proporcionan las proteínas o los hidratos de carbono. (Fennema, 1985)

Los lípidos, ya sea como triglicéridos, fosfolípidos o colesterol, realizan una función importante en la estructura, composición y permeabilidad de las membranas y paredes celulares, y constituyen un depósito de energía en las semillas y frutos, así como en los animales. Son los componentes mayoritarios del tejido adiposo, que sirve de aislamiento térmico del organismo y de protección a los órganos internos, y también contribuyen a la configuración del cuerpo. (Fennema, 1985)

Los elaboradores y fabricantes de alimentos utilizan, y los consumidores ingieren, sustancias que pertenecen al grupo de nutrientes conocidos como GRASAS Y ACEITES, que son los representantes más importantes de la gran familia de los lípidos. (Fennema, 1985)

Las grasas y los aceites se utilizan como reguladores del intercambio calorífico en los procesos de fritura y refrigeración, con lo cual contribuyen de manera positiva a mantener el color y el gusto. En pastelería, mezclados con la masa, dan productos que se desmenuzan debido a la combinación de sus propiedades lubricantes, con la capacidad de modificar las interacciones entre otros componentes. Empleados como aderezo en ensaladas, coadyuvan al sabor y hacen de vehículo a los componentes del gusto actuando de modo análogo cuando se usan emulsionados con otros ingredientes para

obtener distintos aderezos o alimentos grasos semisólidos, tales como la mayonesa y salsa para ensalada (Fennema, 1985)

Las margarinas se emplean tanto en procesos de panificación y cocción como directamente. Así mismo, en confitería se recurre a grasas, para recubrimientos y motivos decorativos, se trata, en este caso, de grasas especialmente preparadas para este fin, de pequeño intervalo de fusión, próximo a la temperatura corporal (Fennema, 1985)

Otros componentes de naturaleza lípida, (mono y diacilglicéridos) y también determinados fosfolípidos (lecitina entre ellos) son especialmente útiles como emulsionantes. Los mono y diacilglicéridos confieren la fragilidad de los pasteles, e inhiben además que se pongan duros los productos de panadería. También la lecitina tiene aplicaciones en confitería para facilitar la separación de moldes, para la conservación de los chocolates y para que no salpiquen las margarinas al freír (Fennema, 1985)

Los sistemas vivos contienen un grupo diverso de sustancias que comúnmente se conocen como lípidos. Sin embargo aparte de la propiedad común de su solubilidad en éter de petróleo, sulfuro de carbono y cloroformo, no muestran propiedades químicas o estructuras comunes. Los lípidos mayoritarios en animales y vegetales se conocen como grasas y aceites, correspondiendo ambas categorías a sustancias hidrofóbicas que a temperatura ambiente se presentan en estado sólido y líquido, respectivamente (Rodríguez, 1989)

Según el diccionario Webster "lípidos" es toda sustancia generalmente soluble en éter, cloroformo y demás disolventes de las grasas, pero escasamente soluble en agua, que con los hidratos de carbono y las proteínas forma las estructuras celulares, sus afines y compuestos, y en algunos casos, también los esteroides y los carotenoides

Esta definición como es obvio, engloba un amplio número de compuestos con propiedades comunes y de composición y estructura semejantes. Los lípidos son un



grupo de compuestos generalmente constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque en ocasiones también contienen fósforo y nitrógeno. (Fernández, 1985).

Las grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos contribuyendo a la textura y en general a las propiedades sensoriales del producto. Las principales fuentes de obtención son los tejidos animales y las semillas oleaginosas, y algunas frutas como el aguacate, las aceitunas y las nueces. (Baile, 1996).

Los lípidos se pueden clasificar en función de su estructura química de la siguiente manera. (Baou, 1981).

- ❖ Lípidos simples. Ésteres de ácidos grasos y alcoholes
  - Grasas y aceites. Ésteres de glicerol con ácidos monocarboxílicos
  - Ceras. Ésteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos
- ❖ Lípidos compuestos. Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas
  - Fosfolípidos. Ésteres que contienen ácido fosfórico en lugar de un ácido graso, combinado con una base de nitrógeno
  - Glucolípidos. Compuestos de carbohidratos, ácidos grasos y esfingosinol, llamados también cerebrósidos
  - Lipoproteínas. Compuestos de lípidos y proteínas
- ❖ Compuestos asociados
  - Ácidos grasos (derivados de los lípidos simples).
  - Pigmentos
  - Vitaminas liposolubles
  - Esteroles
  - Hidrocarburos

## 2.2 - ÁCIDOS GRASOS

Un ácido graso se define como un ácido monocarboxílico de cadena alifática con un número par de átomos de carbono, y pueden ser saturados o insaturados. El grupo de ácidos grasos saturados está constituido principalmente por ácidos de 4 a 24 átomos de carbono. Su punto de fusión aumenta con el peso molecular, así, los de  $C_4$  a  $C_6$  son líquidos a  $25^\circ\text{C}$  mientras que los  $C_{10}$  en adelante son sólidos a esta temperatura, su solubilidad en agua es inversamente proporcional a su peso molecular. (Belitz 1997)

Los ácidos grasos se pueden clasificar de acuerdo con la longitud de la cadena carbonada, el número, posición y configuración de los dobles enlaces, así como por la existencia de otros grupos funcionales. Determinados ácidos figuran siempre en todas las grasas, aceites y otros lípidos, y son tres de  $C_{18}$  (oleico, linoleico y esteárico) y dos de  $C_{16}$  (palmítico y palmitoleico). De lo que se deduce que los ácidos grasos insaturados son los que predominan en la naturaleza. (Fennema 1985)

En la bibliografía los ácidos grasos se indican por abreviaturas. Por ejemplo, el 18:2 (9,12) es el ácido linoleico, del que se expresa el número de átomos de carbono, así como el número, posición y configuración de los dobles enlaces. Los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos que se encuentran de manera natural en los alimentos son siempre de configuración *cis* si no se indica lo contrario. La configuración del doble enlace *trans* se indica por "tr". (Fernandez 1995)

### 2.2.1 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

Contienen solamente enlaces carbono-carbono simples, que se denominan "saturados" y son los menos reactivos químicamente. De los ácidos grasos saturados (Cuadro 1) predominan en los lípidos los compuestos con esqueleto carbonado lineal y número par de átomos de carbono. Como componentes de los triacilglicéridos, los ácidos

grasos de bajo peso molecular (<14 0) sólo se presentan en la grasa de leche de coco y de palma

Cuadro 1 Ácidos grasos saturados comunes en alimentos

Nombre Trivial	Nombre científico	Fórmula	Punto de Fusión (°C)	Punto de Ebullición(°C)
Butírico	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-5.9	164
Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	-3.4	206
Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16.7	240
Cáprico	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31.6	271
Laúrico	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44.2	130
Mirístico	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54.4	149
Palmítico	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63	167
Esteárico	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.4	184
Araquídico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76	204
Behénico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	79.9	---
Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84.2	---
Cerotínico	Hexacosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	87.7	---

Referencia: Fennema, 1985

Conforme aumenta la longitud de la cadena de los ácidos grasos, el punto de fusión también aumenta. Así un ácido graso saturado, de cadena corta, como el butírico, tendría un menor punto de fusión que un ácido graso saturado de cadena más larga o incluso de que ácidos grasos insaturados de alto peso molecular, como el oleico, y estas propiedades se reflejan en los triacilglicéridos. Esto explica como el aceite de coco, que contiene casi un 90% de ácidos grasos de cadena corta, es un líquido claro, mientras que la manteca de cerdo que contiene tan solo un 37% de ácidos grasos saturados pero de longitudes más largas, es un semisólido a 26 °C. (Ziller, 1996)

Los ácidos grasos saturados más comunes en los alimentos son láurico, mirístico, palmítico y esteárico. El ácido láurico constituye el 45-50% del aceite de coco y el 45-55% del aceite de palma, el ácido mirístico participa en un 15-18% en ambos aceites

El ácido palmítico más frecuente que el esteárico, representa el 22-28% del aceite de algodón, el 35-40% del aceite de palma y se encuentra en cantidades variables en otras grasas y aceites (Fennema, 1985)

## 2.2.2 ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS

En cuanto a los ácidos grasos insaturados, la presencia de insaturaciones hacen que tengan una gran reactividad química, ya que están propensos a transformaciones oxidativas y de isomerización. Su temperatura de fusión disminuye con el aumento de dobles ligaduras, y ésta es siempre menor que la de los saturados para una misma longitud de cadena. Los que contienen sólo una insaturación se llaman monoenoicos o monoinsaturados, y a los de más de una insaturación se les denomina polienoicos o poliinsaturados. En el cuadro 2 se presentan los principales ácidos grasos insaturados que se encuentran en los alimentos, así como algunas de sus características (Beliz, 1997)

Cuadro 2. Ácidos grasos insaturados comunes en alimentos

Nombre Trivial	Nombre Científico	Fórmula	Punto de Fusión (°C)
Palmitoleico	Hexadeca-9-enoico	$C_{15}H_{29}COOH$	-0.5
Oleico	Octadeca-9-enoico	$C_{17}H_{33}COOH$	13
Linoleico	Octadeca-9,12-dienoico	$C_{17}H_{31}COOH$	-5
Linolénico	Octadeca-9,12,15-trienoico	$C_{17}H_{29}COOH$	-11
Araquidónico	Eicosa-5,8,11,14-tetraenoico	$C_{19}H_{31}COOH$	-49.5
Vaccénico	Octadeca-11-enoico	$C_{17}H_{32}COOH$	39.5
Gadoleico	Eicosa-11-enoico	$C_{19}H_{37}COOH$	23.5
Erúico	Docosa-13-enoico	$C_{21}H_{40}COOH$	38
Brasídico	Docosen-13-enoico	$C_{21}H_{40}COOH$	---
Cetoleico	Docosen-11-enoico	$C_{21}H_{40}COOH$	---

Referencia: Fennema, 1985

Generalmente, los aceites líquidos a la temperatura ambiente tienen mayor contenido de ácidos grasos insaturados que las grasas sólidas, pero no es correcto afirmar que los primeros son ricos en insaturados, o que en las segundas abundan los saturados. El estado físico de los lípidos no necesariamente indica su grado de insaturación, ya que también influyen en forma decisiva otros factores como el tamaño o longitud de los ácidos que contenga. En el cuadro 3 se presenta la relación porcentual del contenido de ácidos grasos saturados e insaturados de diversas grasas y aceites comestibles.

Cuadro 3 - Relación porcentual del contenido de ácidos grasos saturados e insaturados de diversas grasas y aceites comestibles.

	% del total	
	Insaturados	Saturados
Soya	84.6	15.4
Mantequilla	35	65
Coco	8.9	91.1
Maíz	86.4	13.6
Algodón	74.5	25.5
Cerdo	58.1	41.9
Palma	49.7	50.1
Cacahuete	80.6	19.4
Sorgo	83	17
Oliva	87.9	12.1
Pollo	70	30

Referencia: Fennema, 1985

Por ejemplo, el aceite de coco que posee un nivel bajo de ácidos grasos poliinsaturados y alto de saturados, tiene un punto de fusión relativamente bajo (23.9-26.7 °C), que se debe al bajo tamaño molecular de sus triacilglicéridos. Así el estado físico de una grasa no indica necesariamente su grado de insaturación. El grado de insaturación de una grasa, esto es, el número de enlaces dobles presentes, normalmente se expresa en términos de índice de yodo de la grasa. (Ziller, 1996)

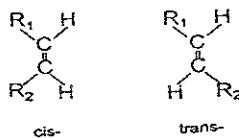
## 2.2.3 - ISOMERÍA DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza presentan sus dobles enlaces en forma de isómeros cis (sustancias que están constituidas por los mismos átomos combinados en las mismas proporciones pero que difieren en su estructura molecular), siendo esta configuración la que les confiere el carácter de esenciales. La presencia de isómeros trans puede ser debida a causas naturales como las reacciones secundarias que se producen en los procesos de hidrogenación biológica o como consecuencia de procesos industriales como la hidrogenación, la refinación y otros

(Ferrandez 1995).

Los ácidos grasos insaturados pueden presentarse en la forma de "cis" (del latín, en este lado) o "trans" (del latín, cruzado), dependiendo de la configuración de los átomos de hidrógeno unidos a los átomos que comparte el doble enlace (Nawar 1996). Si los átomos de hidrógeno están del mismo lado de la cadena hidrocarbonada, la configuración se le denomina "cis" y si se presentan en lados opuestos, se denomina "trans", como se muestra a continuación en la figura 1.

Figura 1. Configuración cis y trans de los ácidos grasos. (Nawar 1996)



Los ácidos grasos en forma cis, no son muy estables y tienden a alterarse muy fácilmente. Por ello su presencia en los alimentos, hace que su conservación sea difícil, por esto los fabricantes de productos alimenticios prefieren los que no contienen cis linoleico, por lo que muchos alimentos se procesan hidrogenándolos para convertirlos en los menos activos biológicamente, pero más estables para su conservación, los isómeros

trans La configuración cis hace que la molécula sea flexible, por el contrario los isómeros trans tienen una estructura más rígida al ser esta tridimensional y similar a la de los ácidos saturados. (Radu, 1981)

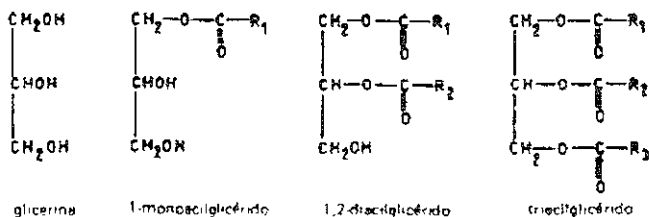
Para ácidos grasos de una longitud dada, los saturados tienen puntos de fusión más altos que los insaturados, pero esta generalización se complica a veces por la presencia de isómeros geométricos en los ácidos grasos insaturados. Por ejemplo el ácido graso monoinsaturado oleico y su isómero geométrico, el ácido eláidico, no tienen el mismo punto de fusión. El ácido oleico es líquido a temperaturas considerablemente menores que la ambiente mientras que el ácido eláidico es sólido a temperatura por encima de ésta. La presencia de isómeros de ácidos en margarinas y grasas para repostería de origen vegetal es un elemento que contribuye sustancialmente al estado semisólido de estos productos. De este modo la presencia de diferentes isómeros geométricos de ácidos grasos influye en las características de la grasa. (Radu, 1981)

21- 996,

### 2.3. - ACILGLICÉRIDOS

Los acilglucéridos lípidos neutros o sin carga, son los productos derivados de la reacción entre el glicerol y una, dos o tres moléculas de ácido graso como se muestra en la figura 2. Tradicionalmente se han empleado los nombres de mono, di y triglicérido, pero en la actualidad se les designa como monoacilglucéridos, diacilglucéridos y triacilglucéridos, respectivamente. (Radu, 1981)

Figura 2: Estructura química de los acilglucéridos (Radu, 1981)



### 1.3.1 - TRIACILGLICÉRIDOS

Estos compuestos son los acilglicéridos más abundantes en la naturaleza y los principales constituyentes de todas las grasas y aceites, ya que suman más del 90% de los lípidos totales. La nomenclatura de estos ésteres depende de los ácidos grasos que contengan en su molécula de tal manera que con un solo tipo de ácido se llaman simples mientras que si contienen dos o tres ácidos diferentes se designan mixtos. (Zadok, 1987)

Existe un sistema para denominar a los derivados del glicerol, que tiene en cuenta su configuración estérica. Aprovecha la proyección Fisher de la cadena vertical de carbonos con el grupo hidroxilo secundario a la izquierda y el C-1 como carbono superior. El término "sn" (stereospecifically numbered = numerado estereoespecíficamente) distingue este sistema de nomenclatura de los que prescinden de la configuración estérica de las moléculas. Dicho término se coloca antes de la palabra glicerol, de la que se separa mediante un guión. (Fennema, 1985)

Los triglicéridos se denominan como derivados del glicerol y de acuerdo con el sistema sn. Así un triglicérido que contenga ácido palmítico (C-1), oleico (C-2) y esteárico (C-3) se denominará sn-gliceril-palmitato-2-oleato-3-stearato, pese a que a menudo se omite la palabra gliceril; en este caso ese glicérido se conoce como palmito-oleo-estearina. (Fennema, 1985)

Las propiedades físicas y químicas de los triacilglicéridos dependen principalmente de su composición en ácidos grasos y de la distribución de estos en el glicérido. Se han propuesto muchas teorías acerca de la distribución observada en esos ácidos grasos. La teoría más aceptada es la llamada "distribución al azar tipo 1-3,2". La teoría de la distribución al azar tipo 1-3,2 supone que las posiciones 1 y 3 de las moléculas de los glicéridos de las grasas naturales son equivalentes y están ocupadas por las mismas especies y proporciones de grupos aciloxi. Estos se sitúan al azar en estas posiciones, de



manera similar, estos grupos se ubican al azar en la posición 2 y en todas las moléculas. Mediante cromatografía gas-líquido, se determina las cantidades de ácidos grasos que esterifican las distintas posiciones de los glicéridos. Estos datos permiten obtener información valiosa acerca de las propiedades de las grasas. Se puede saber que cantidades y la posición de ácidos grasos saturados o insaturados. (Fennema, 1985)

La determinación de la distribución de los ácidos grasos en los acilglicéridos se efectúa por el método llamado análisis estereoespecífico, en el cual se aprovecha la especificidad de acción de varias enzimas hidrolíticas. La lipasa pancreática y algunos agentes químicos hidrolizan los triacilglicéridos produciendo compuestos como el 1,2-diacilglicérido, el 2,3-diacilglicérido, el 2-monoacilglicérido y ácidos grasos libres. A su vez cada una de estas fracciones tiene una diferente capacidad de reaccionar con varios agentes químicos, o bien de ser atacada por otra enzima específica como la fosfolipasa A del veneno de víbora que hidroliza exclusivamente los ácidos grasos de la posición 2 de los diacilglicéridos de configuración. Los resultados en forma conjunta de estos análisis ofrecen suficiente información para determinar la distribución de los ácidos grasos en un determinado aceite y grasa. (Baclit, 1981)

### 2.3.2 - MONO Y DIACILGLICÉRIDOS

Los mono y diacilglicéridos se encuentran en pequeñas cantidades tanto en las grasas comestibles como en los lípidos de las materias primas de los alimentos. Mediante la acción de las hidrolasas puede aumentar su concentración durante la conservación y elaboración de los alimentos. (Belitz, 1997)

Ambos son importantes emulsionantes y se emplean frecuentemente en los alimentos con este propósito. Los monoacilglicéridos y diacilglicéridos se forman en el tracto intestinal como resultado de la digestión normal de los triacilglicéridos. Están presentes normalmente en pequeñas cantidades tanto en grasas animales como en aceites vegetales. (Zilliox, 1996)

Se obtienen industrialmente a partir de una hidrólisis parcial de los triacilglicéridos, haciendo reaccionar el glicerol con triacilglicéridos o esterificando el glicerol con ácidos grasos de tal forma que la reacción se puede controlar de acuerdo con la temperatura y con la presencia de agua ácido o alcali. También pueden obtenerse por la acción de enzimas lipolíticas que atacan los enlaces éster de los hidroxilos primarios de las posiciones  $\alpha$  y  $\alpha'$ , formando un  $\alpha,\beta$ -diacilglicérido y este a su vez se isomeriza para formar una mezcla de  $\alpha,\beta$ -monoacilglicérido. Comercialmente se producen por una reacción de esterificación directa entre el glicerol y varios ácidos grasos. Estos acilglicéridos son importantes agentes emulsionantes utilizados en la industria alimentaria para la estabilización de muchos productos. (Badur 1981)

## 2.4. - POLIMORFISMO

Los triacilglicéridos tienen múltiples puntos de fusión, lo que se atribuye a un fenómeno conocido como polimorfismo, que consiste en la existencia de diferentes estructuras cristalinas para una misma sustancia, que dependen de cómo se orientan en el estado sólido sus acilglicéridos constituyentes. (Wong 1995)

### 2.4.1 ESTRUCTURA DE LOS CRISTALES POLIMÓRFICOS

El fundamento de este comportamiento se basa en las diversas formas de empaquetamiento de las cadenas alifáticas en sus ángulos de inclinación. Algunos triglicéridos cristalizan en formas correspondientes a sistemas distintos, cada uno de los cuales presenta punto de fusión, difracción de rayos X y espectro de infrarrojos característicos. Este fenómeno denominado polimorfismo es consecuencia de la distinta distribución de las moléculas del cristal. (Fennema, 1985)

El polimorfismo es de gran importancia debido a que cada forma cristalina de los triacilglicéridos tiene diferentes propiedades y características lo que se refleja en el comportamiento global de la grasa.

Las transformaciones entre las diversas formas polimórficas pueden realizarse por calentamiento, enfriamiento o recristalización de la grasa en diferentes disolventes; cada grasa produce dos tipos de patrones de difracción de rayos X, llamados espacios largos y espacios cortos. Dichos patrones de difracción son un reflejo de la forma en que pueden acoplarse las cadenas alifáticas, lo que repercute en los espacios cortos, o bien de las variaciones en la inclinación de estas cadenas sobre la base de la molécula, lo que influye en los espacios largos. (Badui, 1981)

Estos son proporcionales al número de átomos de carbono de la cadena, mientras que los cortos varían con el grado de interacción de las moléculas de grasa. En el cuadro 4 se muestran los datos de los espacios largos y cortos obtenidos por rayos X y los puntos de fusión de algunas formas polimórficas de varios triacilglicéridos. La forma de cristal está determinada por el ángulo de inclinación. Existen tres tipos de cristales que se designan como  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\beta'$  (cuyas características se presentan en el cuadro 5), aunque hay otros de menor importancia. Se puede observar que de estas 3 formas polimórficas, la  $\beta$  tiene la menor inclinación ya que sus espacios largos son menores que los de las otras dos. (Badui, 1981)

Cuadro 4: Espacios cortos y largos obtenidos por rayos x.

Glicérido	Puntos de fusión (°C)			Espacios largos (Å)			Espacios cortos (Å)	
	$\alpha$	$\beta'$	$\beta$	$\alpha$	$\beta'$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Triestearina	54.0	64.0	73.1	50.6	47.2	45.0	4.2	4.6
Tripalmitina	44.7	56.6	66.4	45.6	43.6	40.6	4.2	4.6
Trimiristina	33.0	46.5	57.0	41.2	37.6	35.8	4.2	4.6
Trilaurina	15.0	35.0	46.4	35.6	32.9	31.2	4.2	4.6

Referencia: Badui, 1981.

Para entender mejor este comportamiento se tomará como modelo la triestearina. los cambios que sufre este compuesto en estado fundido son los siguientes

1. Al enfriar el triacilglicérido por debajo de la temperatura ambiente, cristaliza la forma  $\alpha$ , para la cual se observa un espacio corto de 4.2Å. En esta forma polimórfica existe un alto grado de libertad de movimiento
2. Si la forma  $\alpha$  se calienta hasta fundirla a 54°C, se transforma en  $\beta$ , que es más estable con un espacio corto de 4.6Å y funde a 73°C
3. Si el acilglicérido fundido se enfría solo unos cuantos grados por encima de la temperatura de fusión de la forma  $\alpha$ , y se conserva a esta temperatura, se induce la forma intermedia  $\beta'$  que se detecta con rayos X por la aparición de espacios cortos de 3.8 y 4.2Å
4. Al calentar la última forma se produce una transición hasta la forma estable  $\beta$ , que por un calentamiento posterior funde a 73°C

Cuadro 5: Características de las distintas formas cristalinas de las grasas.

FORMA POLIMÓRFICA	ASPECTO	TAMAÑO ( $\mu\text{m}$ )
$\alpha$	Frágil, escamas transparentes	5
$\beta'$	Agujas pequeñas y finas	1
$\beta$	Agrupaciones de cristales gruesos	25-50

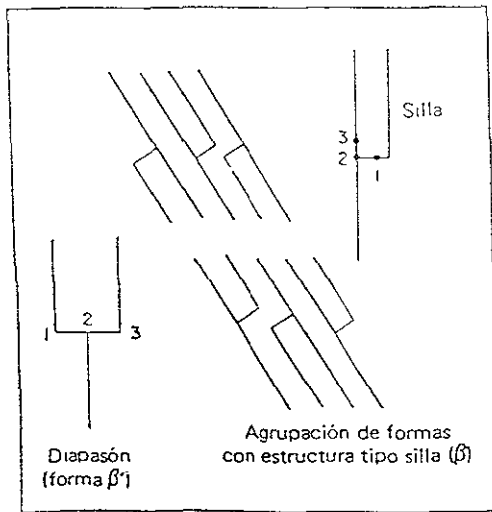
Referencia: Fennema, 1985.

Las grasas aparecen en la forma  $\beta'$  estable como agujas finas microscópicas de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  de longitud. Esta estructura es típica de los triacilglicéridos distribuidos al azar, como el sebo y el aceite de algodón hidrogenado interesterificados. Las grasas que cristalizan en la forma  $\beta$  tienden a formar cristales grandes y gruesos. Las asociaciones de este tipo de cristales son las responsables de las texturas granujientas y arenosas. Los cristales  $\alpha$  tienen forma de plaquitas frágiles. (Wong, 1995)

Al determinar la estructura molecular de los cristales  $\beta$  de los glicéridos insaturados mediante estudios de densidad electrónica se observa que estas moléculas adoptan la forma de "silla", en que las cadenas de los ácidos de las posiciones 1 y 3 se sitúan en posición opuesta a los de la posición 2.

Por el contrario los cristales tipo  $\beta'$  adoptan la posición de "diapasón" como se muestra en la figura 3. A pesar de que la forma  $\alpha$ , con punto de fusión inferior, presenta aspecto vítreo, los estudios realizados con microscopía de luz polarizada y también de tipo dieléctrico revelan la existencia de cierta estructura cristalizada.

Figura 3 - Estructuras correspondientes a las formas cristalinas de los tipos  $\beta$  y  $\beta'$  (FERNANDEZ, 1965)



## 2.4.2 - HÁBITO CRISTALINO DE LAS GRASAS

Los glicéridos con una composición uniforme de ácidos grasos tienden a formar cristales  $\beta$ . Las grasas de composición mixta tienden a formar cristales  $\beta'$ . Por ejemplo, el aceite de soya contiene menos de un 10% de ácido palmítico, según se hidrogena, aumenta la proporción de triestearilglicéridos, que pueden ordenarse de la forma adecuada para formar cristales  $\beta$ . El aceite de palma y el aceite tipo  $\beta'$  contienen al menos el doble de ácido palmítico. En el aceite de palma el contenido de este ácido representa aproximadamente el 50%, y el producto hidrogenado, una mezcla de ácido palmítico y esteárico, tiende a cristalizar en la forma  $\beta'$ . La interesterificación convierte normalmente una grasa de tipo  $\beta'$  en  $\beta$ . (Wong 1995)

La posición de un ácido graso específico dentro de triglicérido también afecta el hábito cristalino de la grasa. Un triacilglicérido mixto como la 2-estearoil dipalmitina tiene generalmente un gran estabilidad en la forma  $\beta'$  y en la forma  $\beta$  estable es difícil de obtener. Por otra parte la 2-palmitoil diestearina presenta una forma  $\beta$  estable, y la forma  $\beta'$  solo se obtiene raramente. Al contrario que en el caso de los aceites vegetales comunes, que tienden a tener ácidos saturados en la posición 1 o 3, la manteca de cerdo natural tiene un 60% de ácido palmítico en la posición 2. La interesterificación cambia la proporción de ácido palmítico en la posición 2 y la manteca con los ácidos grasos desordenados cristaliza en la forma  $\beta'$  en lugar de la forma  $\beta$  en la que lo hace la manteca natural. (Wong 1995)

Por lo tanto, el proceso de hidrogenación y de interesterificación puede controlarse para modificar químicamente los triacilglicéridos produciendo grasas y aceites con diferentes propiedades de fusión y hábitos cristalinos para satisfacer la demanda para una amplia variedad de usos alimentarios. (Wong 1995). En el cuadro 6 se clasifican distintos aceites y grasas según el tipo de sus cristales polimórficos predominantes. Los cristales tipo  $\beta'$  son típicos de las grasas, mantecas modificadas, sebos y del aceite de algodón parcialmente hidrogenado. (Fennema 1995)

Cuadro 6 - Formas cristalinas predominantes en distintas grasas y aceites

TIPO $\beta$	TIPO $\beta'$
Aceite de maíz	Aceite de algodón
Aceite de coco	Aceite de arenque
Aceite de oliva	
Aceite de nuez de palma	Mantequilla
Manteca de cerdo	Aceite de palma
Aceite de cacahuete	Aceite de colza
Aceite de cártamo	Sebo
Aceite de sésamo	Aceite de ballena
Aceite de girasol	

Referencia Fennema,1985

Durante el almacenamiento, las grasas comerciales sufren cambios en sus formas cristalinas, lo que trae consigo modificaciones en sus puntos de fusión. La velocidad de este cambio depende de la composición de la grasa, de las condiciones de cristalización, de la temperatura y del tiempo de almacenamiento, la agitación mecánica y los tratamientos térmicos durante el procesamiento y almacenamiento aceleran la velocidad de transformación de los cristales.

## 2.5. - PLASTICIDAD

Un grupo de materiales en los que las propiedades de textura y reológicas juegan un papel importante son las grasas plásticas. En este grupo están incluidos la mantequilla y la margarina, shortening vegetales y de sebo. Estas grasas no presentan una transición del estado sólido al líquido a una temperatura definida. En lugar de esto presentan un amplio rango de temperatura cercano a los 100°C dentro del cual la transición ocurre y es dentro de esta región en la que ellas son utilizadas (Prentice,1984)

Las características físicas como extensibilidad, plasticidad y consistencia de las grasas comestibles solidificadas comerciales (margarinas, grasas plásticas, etc), dependen de los siguientes factores: cantidad de sólidos (cristales de glicérido) presentes a una temperatura dada, punto de fusión de los glicéridos presentes en la grasa y forma polimórfica (hábito cristalino) de los glicéridos constituyentes (Wong, 1995)

La plasticidad puede definirse operacionalmente. Una manteca plástica es lisa, no granulosa, se deforma fácilmente al apretarla pero retiene su forma al depositarla sobre una superficie plana. Para ser plástica una manteca tiene que contener un alto porcentaje de aceite líquido y los sólidos tienen que ser cristalizados en la forma beta prima. Betz, 1996

1996

Una grasa puede considerarse como una masa de cristales entrecruzados (fase sólida) que alberga a una fase líquida. La plasticidad de una grasa depende de la existencia de una porción adecuada entre la fase líquida y la fase sólida. Es imprescindible que exista un equilibrio entre la fase sólida y la líquida, de tal forma que los sólidos se deslicen y fluyan cuando se aplique una fuerza externa que sea superior a las fuerzas de unión de la masa sólida. La grasa recupera la consistencia original después de que cese la fuerza exterior. (Wong, 1995)

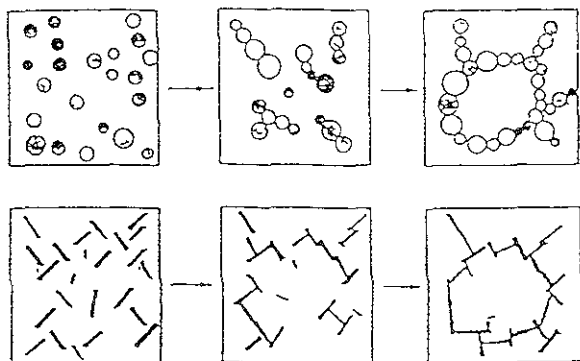
El rango de temperatura en el que la grasa mantiene esta característica plástica (plasticidad) se denomina rango plástico. Una grasa líquida puede contener un diez por ciento más de cristales sólidos y ser perfectamente estable y fluido a la temperatura del ambiente. Sin embargo, si los cristales no están en la forma correcta, estos pueden, o separarse y acumularse en el fondo del contenedor, o formar un producto plástico sin fluidez a la temperatura ambiente. Si la grasa tiene una proporción de sólidos demasiado pequeños fundirá, mientras que si el contenido de sólidos es demasiado alto se volverá quebradiza. En la práctica el porcentaje de sólidos de las grasas comestibles está situado entre el 10 y el 30%. (Wong, 1995)

Una grasa plástica es usualmente manejable a temperatura ambiente cuando los sólidos grasos están presentes entre un 20 y 38%. El tamaño de los cristales va de 0.1 a 20  $\mu\text{m}$ . Ejemplo de grasas plásticas son los shortening, margarina y mantequilla. Los shortening consisten en una dispersión de cristales de grasa en aceite, la margarina contiene gotas de agua dentro de una red de cristales de grasa y la mantequilla consiste de cuatro componentes: aceite libre, cristales de grasa, gotas de agua y glóbulos de



grasa La presencia de glóbulos de grasa y/o gotas de agua no influyen grandemente en la consistencia de un producto La estructura de las grasas plásticas puede ser comparada con la floculación de una emulsión y es representada esquemáticamente en la figura 4

Figura 4 - Estructura de las grasas plásticas Arriba Floculación de una emulsión Abajo Formación de estructura mediante cristales de grasa (DeMan 1987)



En términos de composición los shortening son los más simples Estos consisten en una mezcla de grasas con pequeñas cantidades de aditivos, cuya función es la de modificar las propiedades de superficie activa con el fin de perfeccionar la funcionalidad en el horneado Las grasas son glicéridos de los ácidos grasos con cadenas superiores a los 18 átomos de carbono y los cuales cristalizaran en la forma de largos cristales

(Prentice 1984)

Los shortening son grasas plásticas (con alto porcentaje de aceite líquido sólidos cristalizados en la forma beta prima) semisólidas, con emulsionantes o sin ellos Los shortenings incluyen un amplio rango de productos que pueden ser usados para proveer brillo exterior y resistencia a la humedad en algunos productos horneados, también para proporcionar cremosidad, lubricación y emulsificación. (Fennema 1985)

Mediante el blanqueo e hidrogenación de aceites vegetales como el algodón, soya, palma, maíz, coco, soya sebo, entre otras se puede obtener shortening. Debido a su alto costo, bajo punto de humo y un limitado rango de plasticidad, las grasas láuricas no son empleadas en la elaboración de shortenings. Los shortenings son usados para impartir más calidad a los productos como galletas, pasteles, pastas y pan.

La estructura cristalina es un factor importante en la funcionalidad y consistencia del shortening. Los cristales  $\beta'$  son un grupo de cristales largos y finos que son la forma cristalina preferida para grasas plásticas y para margarinas. Al cristalizarse estos se unen formando una estructura similar a la de un montón de paja dentro del cual se inmoviliza el aceite líquido en cantidades muchas veces mayor que su propio. A pesar de ser sólida, al apretar una grasa plástica las agujas se rompen fácilmente dando la sensación de un sólido cremoso y muy suave. (Beauregard 1996)

El contenido de cristales  $\beta'$  extiende el rango de plasticidad, dan una apariencia suave uniforme y contribuyen a la habilidad de cremado del producto. Aunque esta forma de cristales es la ideal para grasas plásticas no es la deseada para las grasas líquidas ya que impide la fluidez. (Beauregard 1996)

Las formas polimórficas se caracterizan por su capacidad para incorporar aire o nitrógeno durante el proceso de batido de una grasa en la fase de cristalización para hacer que el shortening sea más blanco, más cremoso, más suave y más uniforme. Los cristales de tipo  $\beta'$  contribuyen a la incorporación de abundante cantidad de burbujitas de aire, mientras, que por el contrario, los cristales  $\beta$  dan entrada a pequeñas cantidades de burbujas grandes. El volumen, la textura y suavidad de los productos de pastelería son función del número y tamaño de las burbujas de aire en la pasta. El aceite de algodón y el sebo son lo mejor para los shortenings puesto que ayudan a formar cristales tipo  $\beta'$ .

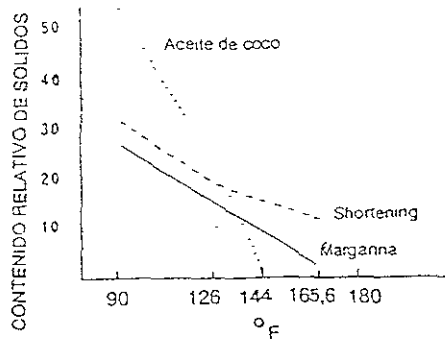
(Fornema 1985)

Las margarinas son grasas preparadas con el objeto de lograr una textura adecuada que permita utilizarlas directamente y en cocciones al horno. Como materia prima para su elaboración se utiliza aceite de soya, y algunas veces mezclado con aceite de algodón hidrogenado, debido a la tendencia de esta a formar cristales tipo  $\beta$ . Así se obtiene un producto consistente, fácilmente manejable y de estructura estable. A un contenido alto de sólidos, los cristales  $\beta$  pueden formar una red cristalina muy fuerte lo que da como resultado una margarina quebradiza y dura. A un contenido bajo de sólidos, los cristales largos no pueden incorporar aceite líquido también como los cristales pequeños, entonces el producto llega a ser oleoso. (Postmus, 1989)

La figura 5 muestra el contenido relativo de sólidos de la margarina cuando se compara con aceite de coco y con un conjunto de grasas plásticas a diferentes temperaturas. La margarina tiene hasta un 30% como máximo de sólidos a baja temperatura, haciéndola menos quebradiza, y por lo tanto, más blanda que el aceite de coco. Comparada con las grasas plásticas, la margarina presenta una pendiente más pronunciada a temperaturas elevadas en su curva de fusión, por lo que funde más fácilmente en la boca. (Wong, 1995)

Las grasas plásticas que consisten sobre todo en un único tipo de triacilglicéridos tienen un rango de plasticidad muy estrecho. El aceite de coco y el de mantequilla, que están formados en gran parte por un único tipo de triacilglicérido saturado, funden en forma abrupta. Las grasas formadas por una mezcla de triacilglicéridos funden en un rango amplio de temperaturas, y usualmente tienen propiedades de plasticidad interesantes, puesto que cada glicérido constituyente funde a diferente temperatura. Las grasas para fabricar margarinas se preparan directamente mezclando aceites hidrogenados selectivamente que tienen una proporción elevada de isómeros trans de los ácidos oleico y linoleico. (Wong, 1995)

Figura 5 Relación sólido/líquido en la margarina, aceite de coco y shortening (Wedemeyer, 1968)



La manteca de cacao tiene un alto grado de polimorfismo que es muy importante considerar cuando se utiliza en la elaboración de chocolates. Un enfriamiento brusco produce cristales  $\gamma$  muy inestables que después de unos segundos se transforman en  $\alpha$ . El calentamiento de la manteca por un corto tiempo induce la formación de cristales  $\beta'$  que en las grasas comerciales permanece hasta por 30 días; posteriormente se produce un nuevo cambio, obteniéndose la forma cristalina  $\beta$  que es la más estable. Con un temple apropiado se busca la formación de cristales  $\beta$ -3 estables y de tamaño pequeño para que así el chocolate adquiriera estructura y brillo óptimos. (Badui 1981)

## 2.6 - ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS ACEITES Y GRASAS

Existe un gran número de análisis para evaluar las características físicas y químicas de las grasas, a lo que continuamente se añaden nuevos procedimientos, sobre todo instrumentales, que son más rápidos y exactos, sin embargo, los tradicionalmente empleados en muchos laboratorios e industrias se usan para llevar a cabo un control de calidad adecuado. Los resultados de estos análisis ofrecen más información sobre la naturaleza, el origen y el posible comportamiento de la grasa en diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento. En el cuadro 7 se presenta una descripción breve de los métodos más comunes. (Badui 1981)

Cuadro 7 - Metodos de análisis físicos y químicos para aceites y grasas

METODO	OBJETIVO
Densidad	El conocimiento de la densidad de las grasas es indispensable para diseñar la maquinaria adecuada para elaborarlais o manejarlas, pero aun lo es más para establecer la relación sólido-líquido de las grasas comerciales
Indice de acidez	La acidez es una expresión del contenido porcentual de los ácidos grasos libres presentes en una grasa
Indice de saponificación	Este índice es inversamente proporcional al peso molecular promedio de los ácidos grasos
Título	El título es una expresión de la dureza de las grasas y es un criterio que permite distinguir desde un punto de vista comercial, entre sebos y grasas. Las grasas animales de orígenes diversos cuyo título sea de 40 a superior, se denominan 'sebos', mientras aquellas que poseen un valor inferior a éste reciben el nombre de "grasas"
Indice de refracción	El índice de refracción de las grasas aumenta con el crecimiento de la longitud de la cadena y también con la insaturación y por ello se correlaciona con el índice de yodo (que permite conocer el grado de insaturación de las moléculas)
Indice de sólidos grasos	Las grasas sólidas son una mezcla de diferentes triacilglicéridos que forman una matriz cristalina en la que queda atrapada una porción de aceite líquido, de manera semejante a lo que sucede con el agua en una esponja. Si la grasa se enfría a -30°C, se provoca una solidificación completa, y a medida que se calienta se induce la formación de una mezcla de lípidos que se encuentra en estado líquido y sólido, cuya relación depende de la temperatura final que se alcance
Indice de yodo	Es una medida del promedio de insaturaciones que contienen los aceites y las grasas. Este análisis se utiliza en la industria para conocer rápidamente el grado de insaturación de un aceite antes de su hidrogenación
Punto de fusión	Solamente las grasas constituidas por muy pocas clases de triacilglicéridos tienen su temperatura de fusión bien definida. A medida que aumenta el número de estos ésteres, el punto de fusión se convierte verdaderamente en un intervalo de temperatura, ya que cada acilglicérido tiene el suyo propio
Punto de humo	Es la temperatura a la cual se producen compuestos de descomposición en una cantidad suficiente para volverse visibles
Prueba del frío	Los triacilglicéridos de alto punto de fusión son los responsables de que el aceite se enturbie durante el enfriamiento, en el caso de que el aceite se utilice en productos que requieran refrigeración, deberán eliminarse. En términos generales, si el aceite se mantiene transparente durante 5 horas y media, se considera de buena calidad

Referencias: Badui 1981, Fennema 1985

# PROCESOS DE MODIFICACIÓN DE ACEITES

### 3. - PROCESOS DE MODIFICACIÓN DE ACEITES

Los aceites pueden someterse a ciertas transformaciones químicas que modifican sus propiedades originales en otras más funcionales y apropiadas para la fabricación de alimentos. En algunos se requiere que los lípidos tengan una cierta tendencia a la cristalización, en otros, un determinado punto de fusión ciertas propiedades de untuosidad, y así sucesivamente. Algunas de las modificaciones más importantes son las de la hidrogenación, la transesterificación y el fraccionamiento.

#### 3.1- HIDROGENACIÓN

La hidrogenación se utiliza extensamente en la industria de las grasas para manipular la química y la composición de los ácidos grasos para producir diversos tipos de aceites y grasas con características funcionales específicas. Los objetivos fundamentales de la hidrogenación son dos:

1. Reducir el grado de insaturación y por lo tanto, la velocidad de oxidación. La velocidad de oxidación de un ácido graso está relacionada con el grado de insaturación.
2. Modificar las características físicas, especialmente el comportamiento de fusión y cristalización de un aceite, haciéndolo más útil para ciertas aplicaciones específicas. En este caso es especialmente importante el grado de isomerización cis-trans producido durante la hidrogenación. (Wong, 1995)

En el caso más sencillo quedan eliminados por la hidrogenación todos los enlaces dobles de un aceite insaturado, de modo que se obtiene una grasa completamente saturada con un punto de fusión más elevado y una consistencia más sólida a temperatura ambiente. El aceite de palmiste o el de coco ya son de consistencia semisólida en su forma natural, pero después de una hidrogenación total o parcial con un catalizador de níquel fresco y activo, las grasas resultan más duras. Mediante el proceso de hidrogenación, se transforman los aceites líquidos en semisólidos, más fácilmente manejables y con una vida de anaquel más larga. (Rossell 1969)

El proceso de hidrogenación consiste en añadir hidrógeno en presencia de un catalizador apropiado para dobles enlaces, con lo que el doble enlace captura hidrógeno y se satura. Así, por ejemplo el ácido graso oleico o el linoleico, que son normalmente líquidos a temperatura ambiente pueden convertirse en el ácido graso esteárico al añadirle hidrógeno y con ello solidificar el producto. (Fernandez 1985)

Si examinamos la cadena de átomos de carbono de un ácido graso insaturado por ejemplo el ácido oleico (figura 6), vemos que el carbono en posición 9 tiene un doble enlace inestable, en determinadas condiciones de presión temperatura, si está en atmósfera de hidrógeno. La hidrogenación consiste en la adición de hidrógeno en correspondencia al doble enlace. Esta reacción que se acelera en presencia de catalizadores, transforma, por ejemplo el ácido oleico en ácido esteárico como se muestra en la figura 7. (Bernardini 1981)

Figura 6 - Estructura química del ácido oleico (Bernardini 1981)

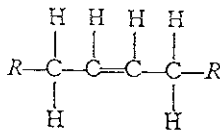
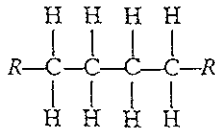


Figura 7. - Estructura química del ácido esteárico (Bernardini, 1981)





Este proceso puede efectuarse en sistemas continuos, pero comúnmente se emplean los de lote. El reactor se carga con el aceite y se le añade de 0.03 a 0.1% de catalizador. Se calienta a una temperatura que va desde 140 a 225°C y se inyecta hidrógeno gaseoso a una presión de 1 a 4 atmósferas, se agita continuamente para homogeneizar el catalizador en el líquido y ayudar a disolver mayor cantidad del gas. (Bailey, 1986)

Una vez iniciada la reacción se genera una gran cantidad de calor, por lo que el reactor necesita un buen sistema de enfriamiento para controlar adecuadamente la temperatura. El avance de la hidrogenación se controla fácilmente, y se puede interrumpir en cualquier momento, para controlarlo se extrae una muestra de manera periódica y se determina el índice de refracción que está en función de las dobles ligaduras presentes. Una vez alcanzado el grado de transformación necesario, se detiene el suministro de gas y se enfría hasta unos grados por encima de la temperatura de fusión para mantenerlo líquido y se pasa por un filtro prensa en donde se recupera el catalizador. (Bailey, 1986)

La insaturación de un aceite se expresa en términos del índice de yodo, para reducir éste durante la hidrogenación en una unidad de una tonelada de aceite, se requiere de aproximadamente de 1m<sup>3</sup> de hidrógeno puro y seco medido a 15°C y 1 atm. El porcentaje ganado en peso de un aceite por la incorporación del hidrógeno puede ser calculado dividiendo la reducción del índice de yodo entre 127. (Bailey 1986)

### 3.1.1.- HIDROGENACIÓN SELECTIVA

Examinando la reacción de hidrogenación de un ácido graso con dos o tres enlaces dobles, como por ejemplo el ácido linoleico y el ácido linolénico, observamos que la adición de hidrógeno es preferencial en el sentido de que ciertos radicales de ácidos grasos se hidrogenan antes que otros.

La llamada hidrogenación selectiva se basa en que los ácidos grasos más insaturados son más afines al catalizador y, por tanto, se convierten primero, es decir, el linolénico (triinsaturado) se transforma en linoleico (diinsaturado) antes de que este segundo se vuelva oleico (monoinsaturado) y, a su vez este último se convierte en esteárico sólo después de que desaparece el linoleico

La selectividad se favorece cuando la concentración de hidrógeno se mantiene baja en la superficie del catalizador. Se utilizan temperaturas de 160 a 200°C. Se emplea una mayor cantidad de catalizador. Se agita lentamente. La presión baja, del orden de 0.5 a 1 atm. Se emplean catalizadores muy específicos, tales como algunos derivados carbonilos de cromo, fierro y cobalto (Bernardin 1981)

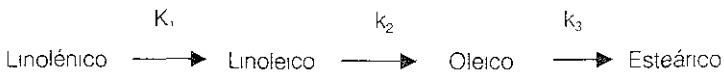
Si el proceso de hidrogenación se lleva a cabo bajo condiciones controladas de temperatura y presión se pueden obtener resultados de interés tecnológico, como pueden ser:

- Modificar la composición de grasas y ácidos grasos
- Transformar ácidos grasos con muchos dobles enlaces en otros de menor número de ellos
- Producir grasas concretas, con un índice de yodo preestablecido.
- Estabilizar algunos aceites (soya, colza, ballena) hidrogenando parcialmente los múltiples enlaces dobles existentes

La hidrogenación no conduce a la formación de grasas totalmente saturadas libres de grasas insaturadas. De hecho, en la mayoría de las grasas de repostería (shortening), aceites y margarinas, se controla el proceso de hidrogenación para alcanzar las propiedades físicas y/o la estabilidad requerida en el producto final. El alimento definitivo puede contener gran cantidad de ácidos grasos insaturados. La margarina contiene poca grasa saturada y un gran porcentaje de ácidos grasos trans. (Bailey 1996)

Los aceites vegetales se hidrogenan selectivamente para producir un alto grado de isomerización cis-trans, conservando la máxima cantidad posible de ácidos oleico y linoleico, y naciendo que el producto solidifique a una temperatura suficientemente baja

El estearato totalmente saturado, produce una textura arenosa o granujenta, debido al alto punto de fusión de la triestearina, y por lo tanto se evita su formación. La selectividad se explica suponiendo la secuencia simplificada de reacciones representada en la ecuación 1. La relación de selectividad se define como la relación de la hidrogenación del ácido linoleico comparada con la hidrogenación del ácido oleico, es decir,  $k_2/k_3=S$ . Cuanto más alta sea esta relación, mayor será la selectividad. Si  $S=0$ , todas las moléculas reaccionan directamente para formar ácido esteárico. En cambio cuando  $S=\infty$ , no se forma ácido esteárico. (Wong, 1995 y Nawar 1996)

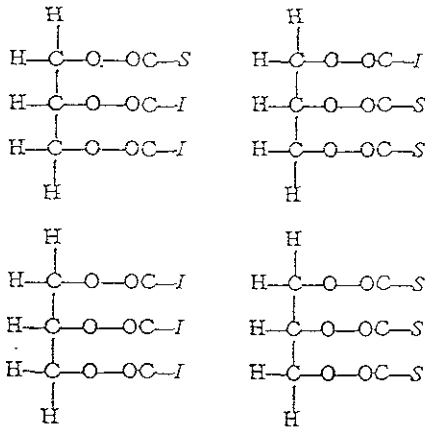


### 3.2. - INTERESTERIFICACIÓN

Con el fin de mejorar el rendimiento en aceite líquido, admitiendo que el porcentaje de ácidos grasos saturados presente en la sustancia grasa lo permita, sería necesario recurrir a la redistribución de las moléculas de los ácidos grasos dentro de la propia molécula de los glicéridos, como se indica en la figura 8

Como puede verse (fig 8), permaneciendo inalterada la composición el desplazamiento de un radical insaturado y otro saturado origina la producción de dos nuevos glicéridos en los que los radicales son todos insaturados o saturados. Esta reacción de interesterificación puede realizarse a escala industrial. (Derrardir, 1981)

Figura 8 - Redistribución de las moléculas de ácidos grasos en la interesterificación



El proceso de transesterificación es parte de un grupo de tres mecanismos conocidos como interesterificación, que implica la movilización de los radicales acilo de los acilglicéridos, uno de ellos es la acidólisis, que se efectúa entre un éster y un ácido, el otro es la alcoholólisis, que se lleva a cabo entre grasas y alcoholes, y que se emplea en la producción de mono y diacilglicéridos al hacer reaccionar triacilglicéridos con glicerina. El tercero, que es la transesterificación, es el intercambio de los grupos acilo de una mezcla de ésteres (Belitz 1997)

Este proceso se emplea en la elaboración de un gran número de shortening, principalmente el de cerdo, en el que el elevado contenido de ácido palmítico se concentra en la posición 2 y provoca la formación de cristales  $\beta$  indeseables, de tamaño grande, que causan una textura arenosa poco aceptable por el consumidor y que se conoce como “granado”

El objeto de la interesterificación en la manteca de cerdo es el de obtener una grasa que contenga altos porcentajes de glicéridos con alto índice de yodo y, por consiguiente, bajo punto de enturbiamiento. (Badui 1981)

### 3.3 FRACCIONAMIENTO

La creciente demanda de aceites comestibles de bajo punto de enturbiamiento por parte de la industria alimentaria y de aceites y grasas por parte de la industria química textil, neumáticos detergentes y lubricantes está empujando al sector industrial aceitero a la búsqueda de nuevos procedimientos de elaboración de grasas a fin de obtener, a partir de productos grasos de origen vegetal y animal otros productos más seleccionados, de acuerdo con las demandas del mercado, entre los cuales hay que citar <sup>(Borner et al. 1987)</sup>:

- Aceites comestibles de bajo punto de enturbiamiento obtenidos a partir de aceite de palma, grasa de cerdo, grasa interesterificadas
- Oleínas de alto índice de yodo
- Ácido oleico
- Estearina
- Ácido estéarico
- Margarina y shortening

El fraccionamiento es un proceso termomecánico de separación en el que los triacilglicéridos de una grasas y aceites son separados. <sup>(Batley 1996)</sup>

En este proceso se presentan tres estados sucesivos, los cuales son:

- 1 Enfriamiento del líquido o triacilglicéridos fundidos para producir nucleación
- 2 Crecimiento de cristales a un tamaño y forma que permita su eficiente separación
- 3 Separación, aislamiento y purificación de las fases líquida y sólida resultantes

Este fraccionamiento se efectúa mediante dos métodos que son

- a) Cristalización del líquido, aceite o grasa fundida, bajo condiciones estandarizadas y controladas de enfriamiento. Sin la utilización de un solvente. Este es el método más simple y no involucra tratamientos posteriores al producto final. El aceite que es parcialmente cristalizado por enfriamiento de una manera controlada, después es líquido remanente es filtrado en un filtro a vacío o en un filtro prensa de membrana

b) Cristalización del aceite o grasa disuelta, proveniente de la utilización de solventes orgánicos como acetona o hexano, bajo condiciones estandarizadas y controladas de enfriamiento. El proceso se caracteriza por un corto tiempo de cristalización y facilidad de filtración. La principal ventaja de esta cristalización es la alta eficiencia de separación y por lo tanto mejorar la producción pureza elevada de los productos obtenidos. Después de la separación, el solvente es evaporado dejando menor cantidad de aceite líquido en la fase sólida. (Bailey 1996)

Con este sistema se obtienen, a partir de aceites de palma y de soya, productos como oleína, estearina y otros, que han sido utilizados como sustitutos de grasas más costosas como la de cacao. El aceite y la grasa son mezclados en diferentes cantidades dependiendo del aceite a ser fraccionado. El solvente es utilizado para liberar los triglicéridos de uno en uno, y obtener cristales puros durante la cristalización.

### 3.4. - ESTABILIDAD

Se entiende por estabilidad de una grasa, aceite o alimento graso la capacidad de mantener un gusto y olor adecuados durante el almacenamiento y consumo. Esta propiedad está relacionada con la composición de la parte lípida y el grado de tensión del sistema, la presencia de prooxidantes o antioxidantes y las características del envase.

Las grasas con elevado índice de insaturación son inestables o poco estables, lo cual se refleja en los alimentos que las contienen. En general, son más estables los aceites vegetales que las grasas animales, a pesar de que puede ser superior el grado de insaturación de los primeros, y este fenómeno se debe a que estos aceites suelen contener antioxidantes naturales. (Fennema 1985)

Los fabricantes pueden añadir a las grasas y aceites pequeñas cantidades de aditivos alimentarios aprobados para proteger su calidad durante el procesamiento, almacenamiento, manipulación y comercialización. Esto asegura el mantenimiento de su calidad desde el momento de producción hasta su consumo.

Cuando la adición aporta un efecto técnico en el producto final el compuesto añadido es considerado un aditivo directo (cuadro 8). Cuando la adición se lleva a cabo para alcanzar un efecto tecnológico durante el procesamiento, almacenamiento o comercialización y va seguida de la eliminación o reducción hasta niveles insignificantes, el compuesto añadido se denomina adyuvante de procesamiento, como se muestra en el cuadro 9 (Ziller, 1996).

Cuadro 8 - Aditivos directos empleados en aceites y grasas.

ADITIVO	EFEECTO
Tocoferoles	Antioxidante, retarda el enranciamiento oxidativo
Hidroxianisol butilado (BHA)	Antioxidante, retarda el enranciamiento oxidativo
Hidroxitolueno butilado (BHT)	Antioxidante, retarda el enranciamiento oxidativo
Butilhidroquinona terciaria (TBHQ)	Antioxidante, retarda el enranciamiento oxidativo
Caroteno (provitamina A)	Colorante, mejora el color del producto final
Metilsilicona (dimetilpolisiloxano)	Inhibe la tendencia a la oxidación y a la formación de espuma durante la fritura
Diacetilo	Da olor y sabor a mantequilla a los aceites y grasas
Lecitina	Secuestra agua para prevenir el enranciamiento lipolítico
Acido fosfórico	Quelante de metales, inhibe la oxidación catalizada por metales
Acido cítrico	Quelante de metales, inhibe la oxidación catalizada por metales

Referencia: Ziller, 1996

Cuadro 9 - Adyuvantes de proceso usados en la elaboración de grasas y aceites alimentarios

ADYUVANTE	EFEECTO	MODO DE ELIMINACIÓN
Sosa	Adyuvante de refinado	Neutralización con ácidos
Carbón activo/ arcilla	Adyuvante de blanqueado	Filtración
Níquel	Catalizador de hidrogenación	Postblanqueo y filtración
Óxido de sodio	Catalizador de Interesterificación	Agua o neutralización con ácidos, filtración y desodorización
Ácido fosfórico Ácido cítrico	Ácidos de refinado, quelantes de metales	Eliminación del solvente y desodorización
Acetona, hexano, isopropanol, 2-nitropopano	Medio de cristalización para el fraccionamiento de grasas y aceites	Difusión
Nitrógeno	Eliminador de oxígeno	Refinado cáustico y filtración
Ésteres de poliglicerol	Modificador de cristalización	Lavado y centrifugación
Sulfato sódico (SDS)	Adyuvante de fraccionamiento, agente humectante	

Referencia: Ziller, 1996

La mayor parte de las veces, los antioxidantes se añaden al producto acabado, pero también se utilizan durante el procesado. El grupo alquilo terciario del BHA y del BHT aumenta la estabilidad del radical fenoxilo y es responsable de la persistencia a lo largo de un proceso de estos antioxidantes. El BHA y el BHT mantienen gran parte de su efectividad en alimentos procesados térmicamente (a temperaturas de fritura u horneado)



Se ha comprobado que la efectividad de los antioxidantes aumenta considerablemente cuando se combinan con otros compuestos es decir, existe un efecto sinérgico entre ellos. las mezclas de BHA, BHT y galato de propilo. han demostrado ser más efectivas que cualquiera de ellos en forma individual a la misma concentración.

El galato de propilo es un antioxidante relativamente fuerte en los aceites. Sin embargo, el galato de propilo forma un complejo muy fuertemente coloreado en presencia de hierro y además es sensible a la temperatura y pierde gran parte de su efectividad como antioxidante a temperatura elevada. Por estas razones, todas las formulaciones que incluyan galato de propilo incluyen también agentes quelantes como el ácido fosfórico, el cítrico y el ascórbico, que aumentan igualmente la potencia de los antioxidantes.

El TBHQ es el más efectivo, ya que no produce alteraciones en el color en presencia de metales y es muy soluble en grasas y aceites. Puesto que la presencia de metales acelera el proceso de oxidación, se incluyen a menudo como antioxidantes agentes quelantes para formar complejos o eliminar las trazas de metales que catalizan las reacciones de oxidación, como el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o el ácido cítrico (Ziller 1996).

# CARACTERÍSTICAS DE LAS GRASAS VEGETALES UTILIZADAS

#### 4. – CARACTERÍSTICAS DE LAS GRASAS VEGETALES UTILIZADAS

Los aceites y las grasas comestibles son los productos de origen vegetal o animal cuyos constituyentes principales son glicéridos naturales de los ácidos grasos y, conteniendo como componentes menores otros líquidos. En el cuadro 10 se observa el porcentaje de aceite de las semillas más comerciales del mundo.

Se aplicará la denominación genérica de aceites a los productos grasos líquidos a la temperatura de 20°C, y la de los sebs y mantecas, o simplemente grasas, a los productos grasos sólidos a la misma temperatura. (Varios 1988)

Cuadro 10 - Porcentaje de aceite de las semillas más comerciales del mundo

SEMILLA	% ACEITE
Soya	18-23
Canola	40-43
Girasol	25-30
Copra	63-70
Palma	30-70
Palmiste	48-52

Referencia: Varios, 1988

Los aceites deberán tener un aspecto limpio y transparente a la temperatura de 15 a 20 °C, olor y sabor agradable, con los aromas propios y característicos de cada semilla, correspondientes a los frutos y semillas de que procedan. Las grasas no líquidas, una vez fundidas, deberán ser claras y transparentes, sin contener sustancias en suspensión, deberán tener un aspecto limpio, con olor y sabor agradables o neutros. (Varios 1988)

Las características químicas generales de las grasas son las siguientes:

- Humedad y materias volátiles, en estufa a 105°C, no superior a 0.1%
- Impurezas insolubles en el éter de petróleo, calculadas sobre grasa seca, no superior a 0.5%

- Acidez libre, expresada en ácido oleico y referida a grasa seca, no superior al 3% para los aceites de oliva y cacahuate y no superior a 0 15% para aceites y grasas refinados
- Índice de peróxidos (miliequivalentes de oxígeno activo /Kg de grasa) menor a 3

Se considerará refinado a un aceite o grasa que, mediante tratamientos autorizados, haya sido neutralizado, decolorado y desodorizado. Las grasas y los aceites refinados no deberán contener trazas del disolvente utilizado en la extracción, y la reacción resultará negativa en el ensayo de jabón. Las grasas vegetales comestibles son las obtenidas de frutos o semillas, o en estado sólido a la temperatura de 20°C, de buen color, limpias, exentas de impurezas y sin actividad con la luz polarizada (Varios 1988). Los aceites vegetales parcialmente hidrogenados utilizadas en esta tesis se obtuvieron de la refinación, deodorización y blanqueo de aceite de coco (nombre comercial hidropal d y mancao) y una de soya (selvaco) parcialmente hidrogenadas, que a temperatura ambiente son blancas y sólidas.

#### 4.1 - ACEITE DE COCO

Es el procedente del fruto del cocotero (*Cocos nucifera*), adecuadamente refinado. Se obtiene de las drupas del cocotero, una planta tropical. El endospermo oleoso, cuyo contenido en agua se reduce por desecación desde el 50 hasta 5-7% sirve, bajo la denominación de "copra" como materia prima de partida para la obtención de la grasa

(Bailey 1996)

Con un contenido de 63%-70% de grasa, 650 g de aceite de coco pueden ser obtenidos de un kilogramo de copra. Este aceite es líquido en las zonas del trópico, pero es sólido las latitudes de Europa. Es utilizado para panadería y fritura, y es un material crudo necesario en la elaboración de helado, margarina, jabón y cosméticos (Leissner 1993).

Este aceite para uso comestible sin transformación, deberá cumplir con las siguientes especificaciones, anotadas en el cuadro 11, y deberá contener los ácidos

grasos enunciados en el cuadro 12. Las características organolépticas: Masa de consistencia pastosa, o fluida, según la temperatura ambiente, de color blanco o de nárfil inodora, insípida o de sabor suavemente característico. (V.P. 108, 1983)

Cuadro 11 - Especificaciones del aceite de coco

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Densidad a 40 °C	0.907-0.909
Índice de refracción(40°C)	1.4480-1.4500
Título °C	20-24
Índice de saponificación (mg de KOH / g de grasa)	248-264
Índice de yodo	7-11
Materia Insaponificable	< 0.5%
Índice de acidez (mg KOH / g de grasa)	< 0.3
Índice de peróxidos (meq de oxígeno activo / Kg de grasa)	< 1.0
Materia volátil 0-105 °C (máx) m/m	0.2 %
Índice de Reichert-Meisel	6-8
Índice de Polenske	14-18
Índice de Kirchner	1-2
Impurezas (máximo)	0.05%
Contenido de jabón (máximo)	50 p.p.m
Metales pesados (máximo)	
Hierro	10 p.p.m
Cobre	0.2 p.p.m
Plomo	0.1 p.p.m
Arsénico	0.1 p.p.m

Referencia: varios, 1988

Cuadro 12 - Ácidos Grasos del aceite de coco

ÁCIDOS GRASOS	%
Caprílico (C 8 0)	8 0
Capríco (C 10 0)	6 0
Láurico (C 12 0)	47 0
Mirístico (C 14 0)	18 0
Palmítico (C16 0)	9 0
Esteárico (C 18 0)	3 0
Oleico (C 18 1)	7 0
Linoléico (C 18 2)	2 0

Referencia Leissner, 1993

## 4.2 -ACEITE DE SOYA

Es el procedente de las semillas de la soya (*Glycine max*), que haya sido sometido a una refinación completa. Calentado a 130 °C durante 15 minutos, conservará su sabor agradable después de enfriado. El aceite de soya refinado tiene color amarillo claro y sabor suave.

La composición del aceite de soya es muy rica en términos nutricionales, teniendo un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y bajo contenido de ácidos grasos saturados. Esto lo hace un importante material crudo para la elaboración de margarina. También es utilizado en aceites para ensalada y mayonesa. En la industria química es utilizado en la producción de barniz y laca. Otro componente importante de la soya es la lecitina de soya, el cual está presente en un 3% (Leissner, 1993).

Este aceite para uso comestible sin transformación, deberá cumplir con las siguientes especificaciones, anotadas en el cuadro 13, y deberá contener los ácidos grasos enunciados en el cuadro 14. Las características organolépticas. Masa de

consistencia pastosa, o fluida, según la temperatura ambiente, de color blanco o de marfil; inodora; insípida o de sabor suavemente característico (Varios, 1988)

Cuadro 13 - Especificaciones del aceite de soya

ESPECIFICACIÓN	%
Índice de refracción(40°C)	1 4650-1 4690
Título °C	-8 a -18
Índice de saponificación (mg de KOH / g de grasa)	189-195
Índice de yodo	117-141
Materia Insaponificable	< 0.5%
Índice de acidez (mg KOH / g de grasa)	< 0.3
Índice de peróxidos (meq de oxígeno activo / Kg de grasa)	< 1.0
Materia volátil 0 105 °C (máx) m/m	0.2 %
Índice de Reichert-Meisel	6-8
Índice de Polenske	14-18
Índice de Kirchner	1-2
Impurezas (máximo)	0.05%
Contenido de jabón (máximo)	50 p p m
Metales pesados (máximo)	
Hierro	1.0 p p m
Cobre	0.2 p p m
Plomo	0.2 p p m
Arsénico	0.2 p p m

Referencia: Varios, 1988

Cuadro 14 - Ácidos Grasos del aceite de soya

ÁCIDOS GRASOS	%
Palmitico (C 16 0)	11 0
Palmitoleico (C 16 1)	0 5
Esteárico (C 18 0)	3 5
Oleico (C 18 1)	22 0
Linoleico(C18 2)	54 0
Linolénico (C 18 3)	8 0
Araquídico (C 20 0)	0 5
Araquidónico(C 20 1-2)	0 5

Referencia leissner, 1993

Debido a su alto contenido de ácido linolénico C 18 3 el aceite es propenso a sufrir autooxidación y desarrollo de rancidez. Este problema se ha reducido mediante manipulación genética y por hidrogenación selectiva, decoloración y desodoración. El aceite de soya refinado y desodorizado se usa ampliamente en aceites para freír, aderezos, aceites para ensalada, margarina, enlatado de pescado y en muchos otros alimentos (Egan 1967)



## 5 – TEXTURA

### 5.1 – PROPIEDADES DE TEXTURA EN ALIMENTOS

Textura es un término difícil de definir ya que significa diferentes cosas para varía gente. La definición de textura del diccionario es de poca ayuda porque se relaciona principalmente con los textiles y el acto o arte de tejer, y en general. "está relacionada con la disposición o manera de unión de las partículas o partes pequeñas constituyentes de un cuerpo o sustancia, la fina estructura" (Bourne 1982)

Existen definiciones que consideran la textura aplicable a todos los alimentos y se han desarrollado definiciones que reflejan amplia información. Algunas de estas definiciones se muestran a continuación

La textura es el atributo de una sustancia que resulta de la combinación de las propiedades físicas y es percibida por el tacto, la vista y el oído. Las propiedades físicas pueden incluir tamaño, forma, número, naturaleza y conformación de los constituyentes estructurales elementales (Jowitt, 1974)

La textura es el resultado de la percepción de las interacciones entre el alimento y el consumidor. Estándares internacionales describen la textura como todo atributo mecánico, geométrico y de superficie de un producto perceptible por medios mecánicos, táctiles y en algunos casos por los receptores visual y auditivo (Jack, 1995)

La textura es la forma en la que varios constituyentes y elementos estructurales de un alimento están ordenados y combinados en una micro y macro estructura y las manifestaciones externas de esta estructura en términos de flujo y deformación (DeMan 1975)

La textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa 1994)

Factores como tamaño, la forma el tamaño de partícula, contenido de humedad, contenido de grasa, estructura y propiedades mecánicas están interrelacionados entre sí y juntas crean el complejo término de calidad de los alimentos Textura (SANTANA 1996)

Szczesniak (1963) recalca que para poder definir la textura se requiere un mayor conocimiento de los principios básicos involucrados, además de considerar que esta evaluación no es directa sino que abarca aspectos de un proceso dinámico, percepción visual de la superficie de un producto, comportamiento del mismo durante la manipulación previa a las sensaciones bucales experimentadas durante la masticación y se unifica en el cerebro, para dar una sensación total, que es la que se identifica como textura (Vazquez 1990)

Según Matz (1962) define a la textura como la percepción de las características físicas de los alimentos por la piel y por los músculos sensores de la cavidad bucal exceptuando la sensación de temperatura De acuerdo con Kramer (1973) señala que la consistencia, la viscosidad y la sensación bucal están relacionadas con la textura Explica que la textura de un alimento está determinada por la disposición que tienen las partículas estructurales y la manera en la cual ésta se percibe fisiológicamente Las partículas estructurales incluyen tanto las estructuras microscópicas y moleculares como las macroscópicas que pueden ser captadas visualmente. (Vazquez 1990)

Las Propiedades Texturales de un alimento son un grupo de características físicas que surgen de los elementos estructurales del alimento, y son percibidos por el sentido del tacto, están relacionadas con la deformación, desintegración, y flujo del alimento bajo la acción de una fuerza, y son mediadas objetivamente por medio de funciones de masa, tiempo y distancia (Bourne 1982)

Durante el proceso de masticación, inicialmente sentimos la superficie del alimento con la lengua y obtenemos respuestas como aspereza, suavidad, humedad. Los dientes y las muelas perciben la resistencia a la reducción de tamaño (dureza y fracturabilidad) las partículas del alimento al mezclarse con la saliva y tomar la temperatura corporal (cohesividad, adhesividad, fibrosidad), cambian notablemente sus propiedades mecánicas para poder ser deglutidas y la lengua y la faringe evalúan la facilidad con que esta operación se realiza. Las propiedades mecánicas de los alimentos cambian notablemente durante el proceso de masticación.

Las características de textura pueden ser divididas en tres categorías (Bienna 1968)

### Características mecánicas

Las características mecánicas son percibidas cuando el alimento es sometido a un esfuerzo, por ejemplo durante la masticación (la presión de los dientes, la lengua y el paladar), cortado o comprimido. Estas pueden dividirse en primarias y secundarias.

- Las características primarias son las que correlacionan con una propiedad mecánica tal como fuerza, deformación o energía. Comúnmente existen cinco características mecánicas primarias: dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad.
- Las características mecánicas secundarias son masticabilidad, fracturabilidad y gomosidad, surgen a través de las interacciones entre las características primarias.

### Características geométricas

Las características geométricas se refieren al arreglo de los constituyentes del alimento y se pueden percibir en la apariencia del mismo. Dentro de estas podemos mencionar dos tipos (Vazquez 1990)

- Los que se relacionan con el tamaño y forma de partícula, los cuales nos pueden dar una escala de dureza (polvoroso, granular, grumoso)
- Los que se relacionan con la forma y la orientación de la partícula, y éstas se pueden referir a la homogeneidad de un alimento o un sistema de varias fases (escamoso fibroso, inflado, burbujeante)

### Características de composición

Otras propiedades de textura, referidas oficialmente a los atributos de composición, también se relacionan con la percepción de los alimentos pero no con sus propiedades geométricas. En estas características incluyen la humedad y la grasosidad.

## 5.2 - EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA TEXTURA

Existe una gran variedad de alimentos y gran variedad de propiedades texturales y reológicas que ellos presentan, así como una gran variedad de métodos utilizados para medir esas propiedades, lo que hace necesario clasificarlos en grupos con la finalidad de entender el sistema.

Es posible clasificar los métodos de medición de textura de acuerdo al producto que está siendo evaluado o al tipo de propiedades texturales, por ejemplo hay pruebas que son utilizadas para cereales, carne, pescado, pollo, vegetales, fruta, productos lácteos, grasas, confitería, bebidas, legumbres y semillas, y alimentos diversos.

Esta clasificación es útil pero la que es probablemente una mejor clasificación es la que está basada en el tipo de prueba que es usada, porque muchas pruebas son aplicadas a más de un tipo de alimento. Cuando el alimento es colocado en la boca, su estructura es destruida por acción de la masticación hasta que está listo para ser tragado. El proceso básico de la masticación ocurre a pesar del tipo de alimento que este en la boca. (Bourne 1982)

El cuadro 15 lista los métodos que son usados para medir la textura de los alimentos. Estos pueden ser divididos en métodos objetivos que se realizan por medio de instrumentos y en métodos subjetivos que se llevan a cabo por las personas. Los métodos objetivos se dividen en métodos directos que miden las propiedades texturales reales de los materiales, y en métodos indirectos que miden las propiedades físicas que correlacionan bien con una o más de las propiedades texturales. Los métodos subjetivos pueden ser clasificados en orales (son evaluadas en la boca) y los no orales (en las cuales alguna parte del cuerpo diferente a la boca es utilizada para medir las propiedades texturales). (Bourne 1982)

Cuadro 15 - Tipos de métodos para medir la textura de los alimentos

OBJETIVOS		SUBJETIVOS	
Directos	Indirectos	Orales	No orales
Fundamentales	Ópticos	Mecánicos	Dedos
Empíricos	Químicos	Geométricos	Manos
Imitativos	Acústicos	Químicos	Otros
	Otros		

Referencia: Bourne, 1982

La medición instrumental de la textura fue propuesta como una imitación a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de esta última: la gran variabilidad que puede existir en los resultados, la dificultad en la ejecución de las pruebas, debido a los naturales problemas que se presentan al trabajar con humanos y a lo laborioso de algunas pruebas, y las peculiaridades de la interpretación de los resultados. Sin embargo, la evaluación sensorial sigue siendo la mejor forma de apreciar esta propiedad. Además de que es necesario que las medidas obtenidas con métodos instrumentales puedan correlacionarse con respuestas de jueces de análisis sensorial para que el uso de una técnica sea válido y confiable. Se han desarrollado diversos métodos instrumentales, basados en el comportamiento mecánico de los alimentos. (Anzalcua 1994)

## 5.2.1 - METODOS FUNDAMENTALES

Los métodos fundamentales son aquellos en los que se obtienen las funciones materiales o sea aquellas que solo dependen del material y no de instrumento y el método. Tratan de definir lo más exactamente posible el comportamiento reológico del alimento, establecer las ecuaciones que rigen dicho comportamiento y medir los parámetros y coeficientes involucrados en dichas ecuaciones. Los resultados se expresan en términos de potencias de masa, longitud y tiempo y todas las variables son conocidas y controladas. Estos métodos son usados principalmente en investigación básica y requieren por lo general de instrumentos sofisticados y costosos, en especial para materiales de estructura y comportamiento complejo. Se utilizan viscosímetros y reómetros. (Anzaldúa 1994)

Estas pruebas fueron desarrolladas por científicos e ingenieros interesados en la teoría y práctica de materiales de construcción y ellos no son muy útiles para medir lo que sucede en la boca cuando un alimento es masticado. Las expectativas de los científicos y de los tecnólogos en alimentos son diferentes. Los científicos quieren medir la resistencia de los materiales con la finalidad de diseñar una estructura que pueda aguantar las fuerzas aplicadas bajo un uso normal sin romperse. Los tecnólogos en alimentos quieren medir la resistencia del alimento, la debilidad en la estructura del alimento que será destruido hasta un estado que permita ser tragado, impartiendo sensaciones placenteras durante el proceso de masticación. (Bourne 1982)

Se presentan diferencias entre los parámetros obtenidos en este tipo de pruebas y los resultados de evaluación sensorial realizada al mismo producto, ya que se trata de dos propiedades con niveles muy diferentes de variabilidad de los datos numéricos. Sin embargo su aplicación en situaciones de desarrollo de formulaciones muy precisas, y en investigación tiene ventajas sobre otros métodos. Con los métodos reológicos fundamentales es posible evaluar la influencia de modificaciones mínimas a formulaciones alimenticias. (Anzaldúa 1994)

## 5.2.2 - METODOS EMPÍRICOS

Los métodos empíricos son los más utilizados. Son aquellos que se efectúan con instrumentos que con frecuencia son diseñados o contruidos para un material específico, por lo que los resultados son función del instrumento, el método, la carga aplicada, la velocidad de aplicación de la carga, la geometría, dimensiones y orientación de la muestra y las condiciones, lo que ocasiona que no sean reproducibles ni puedan expresarse en términos de cantidades reológicas fundamentales. Los instrumentos utilizados son sencillos y económicos. (Anzaldúa, 1994)

Estas pruebas arrojan como resultado generalmente un solo dato (distancia, fuerza, área, tiempo, velocidad). Las variables que intervienen no siempre son conocidas ni controladas. Los resultados que originan son en ocasiones específicos para un tipo de material, no están perfectamente definidos (dureza, adhesividad, pegajosidad, etc.) y es difícil encontrar traducciones de un idioma a otro. Son válidos y comparables solo bajo el mismo aparato, método, condiciones y geometría de la muestra. Son ampliamente utilizados en la industria (alimentos, recubrimientos, materiales de construcción, petroquímica, farmacia). (Anzaldúa, 1994)

En los métodos empíricos se aplica un esfuerzo de cualquier tipo al alimento, ya sea de compresión, corte, punción, extrusión, flexión, tensión, etc., y se mide la respuesta del alimento. Por lo tanto en muchas ocasiones no están claros los principios teóricos de los métodos, y la interpretación de los resultados es, igualmente empírica. A pesar de esto último, la aplicación de los métodos empíricos en situaciones de control de calidad de productos y control de procesos es muy buena, y la correlación con resultados de evaluación sensorial suele ser alta. Además las pruebas suelen tomar menos tiempo que los métodos fundamentales. Uno de los instrumentos más usados para este tipo de pruebas es la Máquina probadora universal Instron. (Anzaldúa, 1994)

## 5.2.3 - MÉTODOS IMITATIVOS

Los métodos imitativos son aquellos en los que la medida se realiza en condiciones similares a las que actúan simulando la acción de los dedos, mano, dientes y/o boca. Esta clase de método puede considerarse como un método empírico ya que las pruebas no son fundamentales. (Bourne 1982)

Entre los instrumentos imitativos se encuentran varios aparatos con los que se intenta imitar las operaciones humanas sobre los materiales para juzgar su comportamiento mecánico (masticación, presión con los dedos, etc.) y asume que las fuerzas de reacción desarrolladas por la muestra representan las reacciones humanas. Los movimientos complicados y los complejos esfuerzos desarrollados hacen imposible el análisis teórico de los resultados. (Anzaldúa, 1994)

De la misma forma que en las pruebas empíricas, influyen las dimensiones, forma, orientación del material, el dispositivo utilizado para la aplicación de los esfuerzos, el procedimiento, etc. Dentro de estos instrumentos se tienen los Untómetros para mantequilla, el Farinógrafo para masas, el Tenderómetro de mandíbula de Volodkevich, el Tenderómetro de dentadura de MIT (el cual ofrece la ventaja de que mide un espectro de parámetros más que una característica aislada, el texturómetro General Foods que imita la acción masticatoria de los dientes. (Anzaldúa, 1994)

Muchos instrumentos son simples en su manejo y reducen costos de operación, sin embargo, no son generalmente compatibles con los requerimientos de versatilidad. Un importante requerimiento de estos instrumentos será la capacidad de operar con precisión a las altas razones de aplicación de fuerza que prevalecen en la boca. Un resumen de los principales métodos para medir la textura se muestra en el cuadro

16 (Kilcast 1993)



Cuadro 16 - Resumen de los principales métodos para medir la textura

MÉTODO	TIPO DE ALIMENTO	COSTO INICIAL	COSTO DE OPERACIÓN	AMBIENTE OPERACIÓN	GRADO DE DESARROLLO
Sensorial <sup>1</sup>	Todos	Alto	Alto	Laboratorio	Continuo
Empírico <sup>2</sup>	Todos	Bajo	Bajo	Producción y Laboratorio	Continuo
Imitativo <sup>3</sup>	Sólidos	Moderado	Bajo	Laboratorio	En desuso
Fundamental <sup>4</sup>	Todos	Alto	Bajo	Laboratorio	Maduro

<sup>1</sup> Panel de evaluación entrenado <sup>2</sup> Penetrómetros, <sup>3</sup> Texturómetro General Foods <sup>4</sup> Instron  
Referencia: Kilcast, 1993

El cuadro 17 enlista las ventajas y desventajas de cada método. El aparato ideal de medición de textura deberá combinar las mejores características de cada método. Actualmente no existe un método o sistema ideal de medición de textura. La futura dirección de las investigaciones deberá moverse de lo empírico a lo ideal incluyendo más aspectos fundamentales e imitativos en pruebas empíricas. La técnica ideal de medición de textura incluirá la combinación de los métodos empíricos, fundamentales e imitativos. (Source 1982)

Cuadro 17 Comparación de diferentes métodos de medición objetiva de textura en alimentos

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Empírico	Simple de ejecutar Rápido Apropiado para análisis de control de calidad Buena correlación con métodos sensoriales	No se requiere conocimiento fundamental de la prueba Incompletas especificaciones de textura Procedimiento arbitrario No se puede convertir los datos a otro sistema. Medidas puntuales
Imitativo	Duplicados cercanos a la masticación o a otros métodos sensoriales Buena correlación con métodos sensoriales Medición completa de textura	Medición física equivalente desconocida Evaluación lenta de gráficas No apropiado para trabajo rutinario Restringido a unidades de tamaño de mordida
Fundamental	Se conoce exactamente lo que se está midiendo	Pobre correlación con los métodos sensoriales Incompletas especificaciones de textura

Referencia Bourne,1982

### 5.3 - TEXTURA EN PRODUCTOS GRASOS

El interés de consumidor por la textura ha aumentado en la última década y la industria alimenticia tiene la respuesta. La textura ha ganado reconocimiento como característica sensorial clave y es hoy el factor más importante en el desarrollo de un producto. Los atributos de textura pueden ser modificados, enfatizados y marcados pero adaptaciones fortuitas a formulaciones de productos pueden conducir a cambios perjudiciales y desagradables en la textura. Así el desarrollo lógico de un producto requiere un completo conocimiento de los factores físico y químicos y del significado de las mediciones de varios elementos de percepción de la textura en alimentos (Jack, 1995)

Los consumidores están cada vez más conscientes de la textura de los alimentos ya que la variedad de productos alimenticios en el mercado se incrementa día a día y los nuevos productos basan su atractivo en nuevas y diferentes texturas más que en nuevos sabores u otras propiedades sensoriales. El desarrollo de un producto no solamente involucra la creación de diferentes productos y de nuevas texturas, también involucra la necesidad de obtener alimentos más sanos, sin embargo los consumidores a menudo se muestran renuentes a cambios drásticos en los alimentos que ingieren.

Un área importante en el desarrollo productos es la reducción del contenido graso de los alimentos, con particular énfasis en la disminución del consumo de grasas saturadas. Las grasas tienen diferentes funciones relacionadas con la textura, dependiendo del producto, que hacen difícil la tarea de encontrar sustitutos de grasa. Cierta cantidad de grasa es una cualidad deseable en los alimentos. La cremosidad en los helados, la succulencia del chocolate y la blandura de la carne son atributos sensoriales positivos. Las grasas son responsables de las características de sabor, textura y aroma en muchos productos y contribuyen a la completa aceptación y palatabilidad en la dieta (Drewnowski 1987)

Las grasas lubrican el alimento durante la masticación y facilitan su manipulación y su deglución. Estas propiedades de lubricación son el resultado de la oleosidad y grasosidad. La relación que tiene el contenido de grasa de los productos y el punto de fusión de las grasas con la capa cerosa que dejan en la boca es importante. La oleosidad se refiere a la intensidad de la sensación aceitosa en la boca, la cual puede estar relacionada con la superficie de deslizamiento de la viscosidad del producto y afectada por el movimiento de la lengua.

La grasosidad refleja la solidez del producto y la dificultad de remover la capa grasosa de la cavidad oral, ambas están relacionadas con el punto de fusión de la grasa. Sin embargo, existe poca información de cómo la presencia de grasas saturadas y poliinsaturadas afecta la textura de los alimentos y cómo estas cualidades realzan la aceptabilidad de los alimentos. Pocos investigadores se han ocupado directamente de estudiar los aspectos sensoriales de la percepción oral de las grasas, o de la relación entre la percepción de la textura de las grasas y las preferencias del consumidor por los alimentos que contienen grasa. (Drewnowski 1987)

A continuación se describe la importancia de la medición de las propiedades de textura en ciertos productos en los que se utiliza grasas.

### Margarinas

Las propiedades texturales de las margarinas más importantes para el consumidor son la untabilidad y la dureza (Prentice, 1972), y estos se derivan de su estructura típica. En la grasa líquida de la mantequilla, la cual sirve de fase continua, los cristales de grasa sólidos están dispersos (de Man *et. al* 1979). Debido a la ausencia de una repulsión electrostática los cristales de grasa pueden flocular y por lo tanto ser capaces de formar una red (Walstra and Jenness, 1984). Se desarrollan fuerzas de atracción después de la floculación de los cristales de grasa, por ejemplo, cuando los cristales de grasa están separados por pequeñas distancias.

Esta red es interrumpida por glóbulos de grasa de leche intactos, y las membranas encierran las partículas de grasa para ser incorporadas en la dispersión (Precht and Petrs 1981) Adicionalmente gotas de agua y células de aire están dispersas en la fase continua (Rohm and Wediger 1993)

Las margarinas tienen propiedades de textura diferente debido a la intensidad de la red cristalina la cual está relacionada con la cantidad de cristales presentes el tamaño del cristal y la intensidad del primer y segundo vínculos. Las margarinas y las mantequillas que contienen relativamente cristales largos ( $> 5\mu\text{m}$ ) y un contenido alto de sólidos son más duras, más frágiles y granulosas que las que contienen cristales pequeños Un contenido bajo de sólidos y cristales largos no puede incorporar tanto líquido oleoso como los cristales pequeños, y los productos llegan a ser grasosos Los cristales  $\beta$  son largos y en forma de agujas, mientras que los cristales pequeños son los  $\beta'$  La intensidad del primer vínculo puede incrementar grandemente después de la manufactura El cambio de un cristal  $\beta'$  a un  $\beta$  es acelerado por las fluctuaciones de temperatura (L. DeMan *et al* 1990)

La margarina es una emulsión agua en aceite La fase oleosa contiene cristales, los cuales forman una red tridimensional. Esta red es importante para la consistencia y suavidad de la margarina La cantidad de cristales o sólidos y el tamaño del cristal determinan la dureza o firmeza de la margarina El tamaño del cristal también afecta a la suavidad y a la sensación oleosa que deja la margarina al derretirse en la boca Para que esta sensación sea la adecuada los cristales deben fundirse a la temperatura corporal (Postinus *et al* 1989)

Según estudios realizados por Chrysam 1985 se ha determinado que margarinas con alto contenido de sólidos, los cristales  $\beta$  pueden formar una estructura cristalina muy fuerte, como resultado se obtiene una margarina quebradiza y dura Un contenido bajo de sólidos los cristales largos no pueden incorporar el aceite líquido también como los cristales pequeños, entonces el producto llega a ser oleoso (Postinus *et al* 1989)

El trabajo realizado por Postmus *et al* 1989 consistió en estudiar la relación entre la composición de ácidos grasos y las propiedades físicas de muestras de margarinas nechas con aceite de canola, soya, girasol. Determinaron la movilidad de la porción líquida de la grasa de las mantequillas mediante la absorción en papel filtro y la composición de ácidos grasos, encontrando que existe una relación inversa entre la movilidad de la porción líquida y la dureza de la mantequilla. Además de que el tipo de ácidos grasos presentes (principalmente la presencia del ácido palmítico) es determinante en la estabilidad polimórfica de las margarinas.

Algunos métodos de análisis de las margarinas involucran la apariencia, característica de la fusión en la boca, sensación grasosa, colapso, penetración y untabilidad. Muchas medidas son efectivas solo cuando ellas se obtienen bajo condiciones de rangos de temperaturas. Estas medidas incluyen la dilatometría y determinaciones de consistencia. (Wiedermann 1968)

### Pasta de hojaldre

La necesidad de conocer la composición de una grasa para una aplicación particular está bien ejemplificada con el comportamiento de una pasta de hojaldre. Las capas de masa están ordenadas y separadas por delgadas películas de grasa. Cuando la pasta se calienta, el agua se evapora, el vapor al expandirse se abre paso por las capas lo que genera crecimiento de la pasta. Las capas de grasa crean una barrera para que el agua escape. En este proceso dos cosas pueden ocurrir: a) el calor provoca que las proteínas de la masa coagulen y que la pasta solidifique y b) el calor funde la grasa y esta fluye rápidamente, el vapor de agua entonces escapa y la masa pierde volumen.

Cuando una grasa de alto punto de fusión es utilizada (a) ocurre antes que (b). El crecimiento de la pasta es bueno, pero la grasa no fundirá fácilmente en la boca, así que la pasta formará grumos alrededor de los dientes o se pegará al paladar. Una grasa demasiado líquida producirá un crecimiento deficiente, ya que (b) ocurre antes que (a). El

beneficio de utilizar grasas con bajo punto de fusión será el de tener una pasta que se romperá agradablemente en la boca (Courtillot et al. 1991).

De lo anterior observamos que un factor muy importante en la calidad de las pastas es que tengan un valor de adhesividad bajo. En este caso la medición de las propiedades de textura depende de el agua presente en el sistema, las propiedades cambian de acuerdo al tiempo de elaboración del producto, de la velocidad de retirada de la punta de prueba y de la elección de la fuerza de compresión correcta (Fiselman and Damasio 2000).

## Queso

Las grasas imparten un amplio rango de características texturales en productos lácteos, incluyendo la firmeza, la elasticidad, la cremosidad y la sensación que dejan en la boca al ser consumidos (Luca and Tepper 1994).

Lobato-Calleros y colaboradores (1997) estudiaron el efecto que tiene la sustitución de la grasa de leche en quesos análogos sobre las propiedades sensoriales y texturales. Estos autores estudiaron algunas características mecánicas primarias como la dureza, elasticidad, adhesividad y cohesividad. De este estudio se deriva que la grasa de soya confiere dureza y adhesividad a los quesos análogos, pero disminuye la cohesividad y la elasticidad, mientras que un efecto opuesto se obtiene al utilizar aceite de soya. Grasa de leche (Lobato et al. 1997).

Ejemplo de algunas definiciones aplicadas específicamente a productos grasos se presentan en el cuadro 18 algunas de las cuales no son apropiadas para describir el contenido de grasa de diferentes alimentos. Algunos términos son más aplicados a los productos sólidos que a los líquidos y geles.

## Cuadro 18 - Nomenclatura de productos grasos

---

- Sensación en la boca: Características de sensación táctil sobre las superficies de la cavidad oral
- Cuerpo: Propiedad textural producida por la sensación en la boca de una sustancia
- Pegajosidad: La tendencia a adherirse a las superficies orales, especialmente al paladar, dientes y lengua, durante la masticación
- Espeso: un incremento en el flujo (también conocida como viscosidad)
- Fluidez: Una reducción en el flujo
- Uniformidad: Ausencia de partículas sólidas detectables
- Oleosidad: La sensación de un líquido inmisible delgado en la cavidad oral
- Grasosidad: La sensación de un líquido inmisible espeso o sólido plástico en la cavidad oral
- Cerosidad: La sensación de un sólido inmisible delgado en la cavidad oral
- Delgadez: La sensación de un escurrimiento húmedo en las superficies de la cavidad oral
- Cremosidad: La sensación de un líquido miscible delgado en la cavidad oral
- Humedad: La sensación de un incremento inmediato en los fluidos libres de la cavidad oral durante la masticación
- Fusión: El cambio en la textura durante el periodo de prueba
- Gelatinosidad: Ausencia de elementos estructurales detectables en un sólido elástico

---

Referencia: Jowitt (1973), citado por Drewnowski 1987

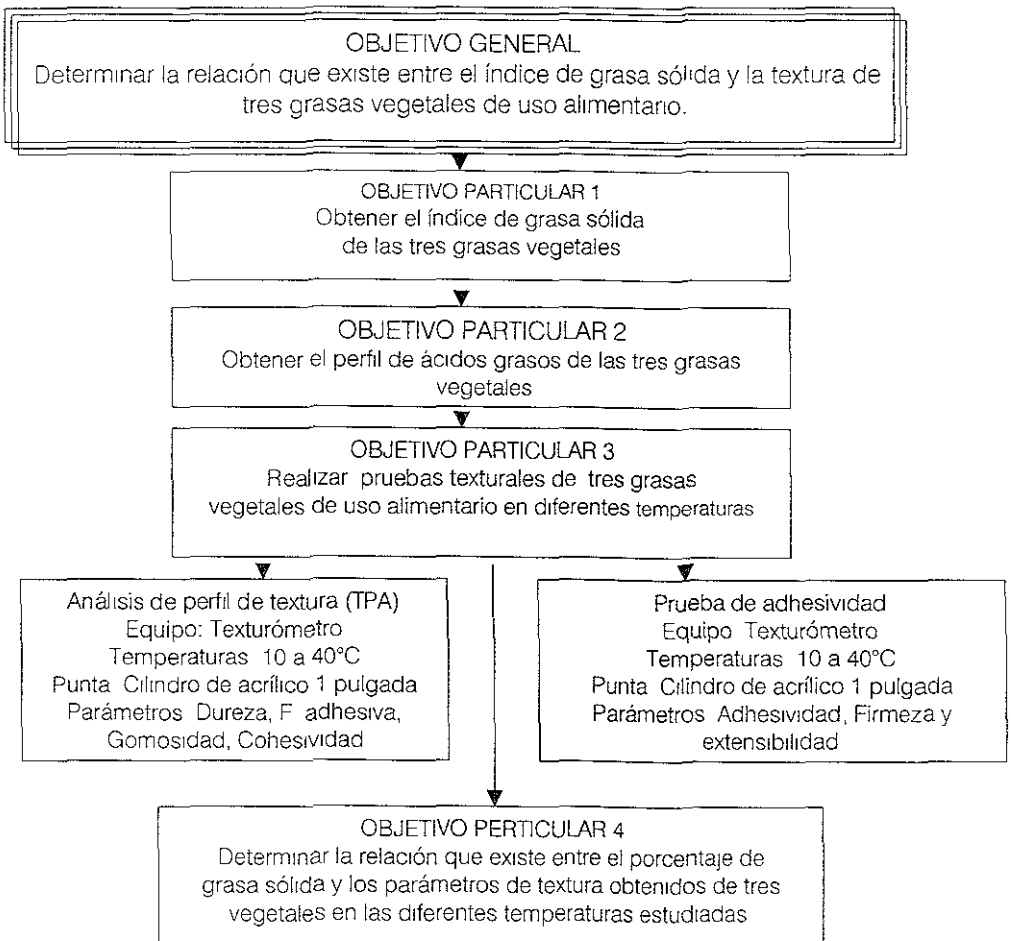


# DESARROLLO METODOLÓGICO

## 6 - DESARROLLO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la descripción del desarrollo experimental realizado, en el que se obtienen propiedades texturales de tres grasas vegetales de uso alimentario para determinar la relación existente con el índice de grasa sólida y dichas propiedades. La metodología para el desarrollo experimental se llevó a cabo de acuerdo con el cuadro metodológico de la siguiente página (figura 9)

Figura 9 - Cuadro metodológico



## 6.1 GRASAS VEGETALES UTILIZADAS

Se emplearon tres tipos de grasa vegetal de consumo alimentario (Selvaco identificada como grasa 1, Hidropal D identificada como grasa 2, y Mancao identificada como grasa 3) que fueron proporcionadas por la empresa "Hidrogenadora Nacional, S.A", cuya descripción se enuncia a continuación en el cuadro 19 y las propiedades físicas y químicas de las mismas se presentan en el cuadro 20

Cuadro 19 - Descripción física de las grasas vegetales utilizadas

GRASA	DESCRIPCION	USO
Selvaco (Grasa 1)	Producto obtenido de la refinación, deodorización y blanqueo de aceite de soya, parcialmente hidrogenado que a temperatura ambiente es blanco y sólido.	Se utiliza en el área de panificación y repostería en general
Hidropal D (Grasa 2)	Producto obtenido de la refinación, deodorización y blanqueo de aceite de coco, parcialmente hidrogenado que a temperatura ambiente es blanco y sólido.	Se emplea para la elaboración de helados, y caramelos tipo chicloso
Mancao (Grasa 3)	Producto obtenido de la refinación, deodorización y blanqueo de aceite de coco, parcialmente hidrogenado que a temperatura ambiente es blanco y sólido.	Se emplea como sustituto de la manteca de cacao, para la elaboración de cobertura de chocolate y como sustituto de chocolate suave para relleno

Referencia Hidrogenadora Nacional, 1997.

Cuadro 20 - Características físicas y químicas de las grasas vegetales utilizadas

ESPECIFICACIÓN	GRASA 1		GRASA 2		GRASA 3	
	Mín. <sup>(a)</sup>	Máx. <sup>(a)</sup>	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
A G L (% B Oleico)	-	0 10	-	0 05	-	0 05
I de Peróxido(Meq/Kg)	-	1 00	-	1 5	-	1 5
Punto de Fusión (°C)	43.0	50 0	40 0	45 0	37 5	39 5
I de Yodo (cgr I/gr )	46.0	75 0	0.0	5 0	0	5 0
Humedad y m volátil (%)	-	0 05	-	0 05	-	0 05

<sup>a</sup> Valor mínimo <sup>o</sup> Valor máximo - Valor no registrado

## 6.2 - ÍNDICE DE GRASA SÓLIDA

### Antecedentes

Solamente las grasas puras o las compuestas de muy pocas clases de triacilglicéridos tiene bien definida la temperatura de fusión. A medida que aumenta el número de estos ésteres, el punto de fusión se convierte verdaderamente en un intervalo de temperatura, ya que cada acilglicérido tiene el suyo propio. Este es una constante física de cada grasa que es preciso conocer, sobre todo en el caso de las que se emplean para elaborar alimentos, por ejemplo en la fabricación de chocolates se requieren lípidos con un punto de fusión ligeramente menor que la temperatura del cuerpo humano para que pueda derretirse suavemente en la boca en un intervalo de temperatura lo más pequeño posible, ya que en algunos casos pueden existir cristales con punto de fusión alto disueltos en los lípidos líquidos de menor punto de fusión. (Badui, 1981)

Las grasas sólidas son una mezcla de diferentes triacilglicéridos que forman una matriz cristalina en la que queda atrapada una porción de aceite líquido, de manera semejante a lo que sucede con el agua en una esponja. Si la grasa se enfría a -30°C, se

provoca una solidificación completa, y a medida que se calienta se induce la formación de una mezcla de lípidos que se encuentra en estado líquido y sólido, cuya relación depende de la temperatura final que se alcance. Por otra parte, los componentes sólidos se expanden de modo muy diferente a como lo hacen los líquidos y la máxima expansión se alcanza cuando una grasa sólida se vuelve líquida.

El índice de grasa sólida (IGS) se refiere al porcentaje de sólidos en una grasa a varias temperaturas. Todas las grasas son una mezcla de aceite líquido atrapado entre cristales de grasa sólida. Una prueba industrial importante es la determinación de la proporción de triglicéridos sólidos a líquidos en la grasa. Esta relación da información del grado de hidrogenación de un aceite o de lo adecuado de una grasa para un objetivo en particular. (Beauregard, 1996)

Puesto que la mayoría de las grasas contienen tanta variedad de triacilglicéridos, resulta casi imposible "cuantificar" sus respectivas propiedades, aunque no se tuvieran en cuenta las influencias mutuas. Por lo que para obtener una impresión de las características de una grasa, resulta más práctico utilizar el IGS. En el que se determina la cantidad de grasa sólida a diferentes temperaturas e incorporando los porcentajes de grasa sólida correspondientes en una gráfica en función de la temperatura, obtenemos una visión del comportamiento de fusión de una grasa. (Karishams 1999)

### Equipo utilizado

- Dilatómetro
- Balanza analítica
- Baño de agua termostatzado, con agitador.
- Termómetro
- Pipeta o bureta
- Bomba de Vacío
- Matraz de fondo redondo (250 ml).
- Baño de agua para calentar la grasa mientras se desgasifica. (Manley 1989)

## Procedimiento

El índice de grasa sólida es una medida empírica del contenido de sólidos de la muestra. Es calculado a partir de volúmenes específicos asociados con la combinación de fases sólida y líquida a una temperatura específica, utilizando una escala dilatométrica graduada en unidades de ml x 1000. Los resultados son expresados en ml de dilatación /Kg de muestra (AOCS 1989).

- Filtrar la grasa a investigar (si no está clara)
- Verter aproximadamente 20 g de la grasa fundida en el matraz de fondo plano
- Añadir unos trozos de vidrio anti-sobresaltos
- Hacer el vacío mientras se calienta a más de 60°C agitando vigorosamente con frecuencia hasta eliminar todo el aire
- Mantener el vacío en la grasa fundida hasta que se incorpore a un dilatómetro preparado
- Pesar el dilatómetro vacío
- Pipetear un ml de agua destilada, bien hervida, coloreada y fresca en el dilatómetro y pesar exactamente hasta la cuarta decimal.
- Llenar el dilatómetro hasta la parte superior del cuello con la grasa desgasificada enfriada a 50°C y volver a colocar la parte superior del dilatómetro, hasta llevar el nivel del agua coloreada a la marca aproximada de 600 - 700 ml
- Asegurarse de que no queden burbujas de aire dentro del dilatómetro y de que el tapón esté fuertemente apretado.
- Limpiar la grasa rezumada y volver a pesar
- Colocar el dilatómetro en un baño de agua termostaticado a 40°C.
- Tras un mínimo de media hora, leer la posición del menisco en el capilar al  $\mu$ l más próximo. Tras dejarlo durante 5 min más, volver a leerlo
- Si el nivel del menisco no muestra variación, sacar el dilatómetro del baño y colocarlo en agua con hielo durante hora y media. Si, no obstante, el nivel del menisco ha cambiado, se deja durante otros 5 min hasta que se fije el nivel

- Sacar el dilatómetro del agua con hielo y colocarlo en baño de agua a 20°C
- Una vez fijado el volumen, pero no esperando más de 45 minutos, se lee la posición del menisco
- Repetir esta operación para cada temperatura de interés
- Repetir también la lectura de la grasa completamente líquida a 40°C con el fin de comprobar alguna fuga en el dilatómetro o la presencia de burbujas en la grasa. Esta lectura debe concordar con la anterior a la misma temperatura

El cálculo para una grasa completamente líquida a 40°C es el que sigue.

Sea  $W$  = Peso en gramos de la grasa

$A_T$  = Lectura a temperatura  $t$  °C

$A_{40}$  = Lectura a 40°C

$V_{40,T}$  = Diferencia volumen en  $\mu\text{l}$  de 25 g de grasa fundida entre 40°C y  $t$  °C

La fórmula para obtener la dilatación a  $t$  °C ( $D_T$ ) es  $[(25/W) (A_{40} - A_T)] - V_{40,T}$

Antes de sustituir en la ecuación anterior los valores de  $(A_{40} - A_T)$ , hay que corregir el error medio de la escala del tubo capilar, multiplicando  $(A_{40} - A_T)$  por la capacidad real (en  $\mu\text{l}$ ) de una unidad de la escala. Los valores de  $V_{40,T}$  se dan en el cuadro 21:

Cuadro 21 - Valores de  $V_{40,T}$

$t$ (°C)	$V_{40,T}$ (en $\mu\text{l}$ )
10	630
15	525
20	420
25	315
30	210
35	105
40	0

## 6.3 - PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

### Antecedentes

La introducción comercial de la cromatografía gas-líquido en los últimos años hace factible la medición rápida y segura de la composición de ácidos grasos en los aceites y grasas después de la conversión de los ésteres triacilglicéridos en los ésteres metílicos más volátiles. Los procedimientos de cromatografía gas-líquido sencillos basados sobre columnas empacadas que usan detector de ionización de flama (o con detector de conductividad térmica menos sensible) se pueden usar para obtener perfiles de ácidos grasos suficientemente detallados.

Actualmente se dispone de instrumentos de línea amplia (resolución baja) los cuales diferencian fácilmente entre los protones de las grasas sólidas y de los aceites líquidos y los que cuando son calibrados dan una indicación directa del contenido de sólidos en la muestra. (Eagan, 1987)

### Equipo utilizado

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó utilizando el método de cromatografía de gases, en un cromatógrafo de gases marca PERKIN-ELMER, modelo AutoSystem. Los datos obtenidos provienen del laboratorio de control de calidad de Hidrogenadora Nacional.

### Procedimiento

- Se colocan en un matraz Erlen-Meyer de 3 a 5 gramos de muestra.
- Se adicionan 2 o 3 gramos de NaOH
- Se agregan 50 ml de alcohol metílico anhidro.
- Se calienta la mezcla en una parrilla hasta que se disuelve el NaOH
- Se deja enfriar a temperatura ambiente
- Posteriormente se adicionan 10 ml de HCl concentrado



- Se coloca nuevamente en la parrilla durante 15 min
- Se deja enfriar otra vez a temperatura ambiente
- Se adicionan 50 ml de éter de petróleo. Se agita la mezcla
- Por decantación se separa el éter de petróleo, el cual arrastra la fracción lipídica
- Se concentra la fase del éter en la parrilla, hasta que quede sólo 1 ml
- De este concentrado se inyecta 1  $\mu$ l (un microlitro) al cromatógrafo de gases, y se corre la prueba en el equipo

## 6 4 – PRUEBAS TEXTURALES

La textura de margarinas y mantequillas usualmente incluye propiedades de dureza, de extensibilidad, la presencia de humedad libre, de granulosis, fragilidad, oleosidad y de adhesividad

### 6 4 1 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA

#### Antecedentes.

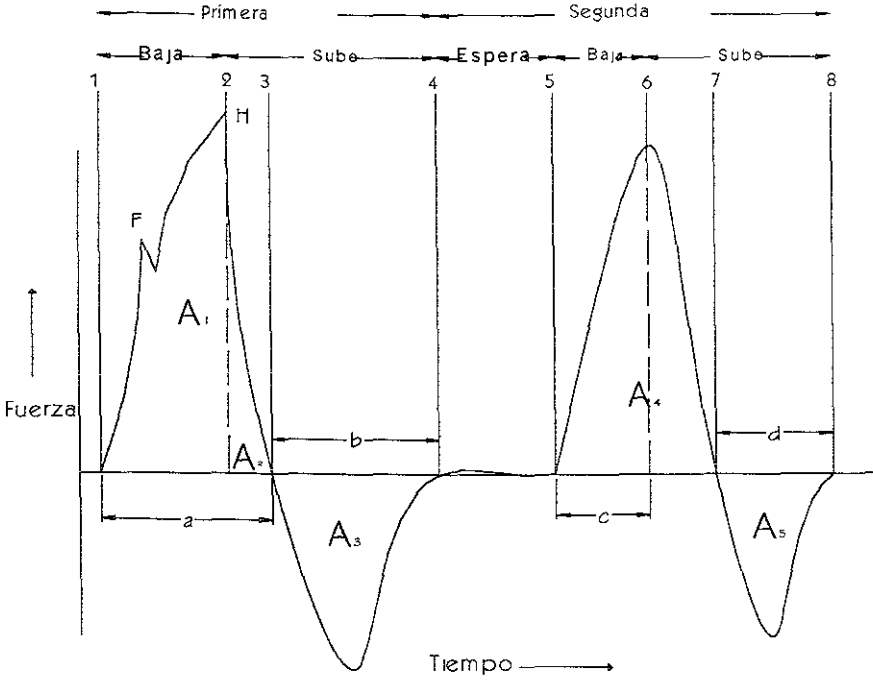
El Perfil de Textura es definido como análisis sensorial complejo de la textura de un alimento en términos de sus características mecánicas, geométricas, de contenido de grasa y de humedad, el grado en el que se presentan y el orden en el que aparecen desde el primer mordisco hasta la completa masticación. Así, la percepción de textura es vista como la interacción de agentes humanos con las propiedades mecánicas del material, que ocurre a lo largo del tiempo (Drewnowski 1987).

Una de las máquinas más modernas para la medición de la textura de alimentos (aplicable a pruebas fundamentales, empíricas e imitativas) es el Analizador de Textura TA-XT2. Este aparato fue diseñado especialmente para alimentos, tiene controles electrónicos muy precisos, su sensibilidad es muy alta, y es muy versátil. Una de las características que la hacen más atractiva es que utiliza un programa de computadora

para recoger los datos y las gráficas y guarda automáticamente, eliminando así la necesidad de un graficador (Anzaldúa, 1994)

El analizador de textura mide fuerza, distancia y tiempo, proporcionando así un análisis tridimensional del producto. Se miden fuerzas en función del tiempo cuando se establecen distancias y se miden distancias cuando se fijan fuerzas. Adicionalmente, se puede involucrar en las pruebas tiempos de espera o pruebas repetitivas. Como resultado se obtiene la curva de Fuerza-Tiempo como la que se muestra en la figura 10

Fig 10 Curva Análisis de Perfil de Textura



Del análisis de esta gráfica se extraen siete parámetros texturales, que se definen a continuación (Pons 1996)

- 1 *Dureza* La fuerza máxima en el primer ciclo de compresión (primera mordida)
- 2 *Fracturabilidad* El primer pico significativo en la curva del primer ciclo de compresión
- 3 *Cohesividad* La relación entre el área positiva durante el segundo ciclo de compresión y el primero ( $A_3/A_1+A_2$ )
- 4 *Adhesividad* El área negativa del primer ciclo de compresión ( $A_3$ ) Representa el trabajo necesario para retirar el sensor de la muestra
- 5 *Elasticidad* (Springiness, resorteo), la altura que la muestra recupera entre el término del primer ciclo de compresión y el inicio del segundo (c) Otros autores la refieren como la relación  $c/a$ . Cabe aclarar que aun cuando la elasticidad es una relación de distancias sus valores se pueden obtener de la curva fuerza-tiempo
- 6 *Gomosidad* Es definida como el producto de la dureza y la cohesividad
- 7 *Masticosidad* Es el producto de la gomosis y elasticidad.

## Dureza

Este parámetro fue originalmente descrito por Szczesniak como "la fuerza necesaria alcanzada a una deformación dada" Con el uso del texturómetro general Foods, Friedman lo definió como (el peso de la primera mordida) sin especificar que pasa si la máxima fuerza alcanzada durante la primera compresión corresponde al punto de ruptura de la muestra en lugar del valor alcanzado a la deformación seleccionada Sherman criticó el uso del término "dureza" y propuso "firmeza" en relación con una deformación dada (Pons 1996)

En la literatura técnica el término tiene diferentes significados de acuerdo con el campo de mayor aplicación (Marín, 1962). El significado más común, no obstante especialmente en el campo de la metalurgia y en mecánica general, es la resistencia a hendiduras, medida con métodos como los de Brinell o Vickers Este significado fue

adoptado por Reiner y Scott Blair (1967) en su lista de términos reológicos la cual define la dureza como la resistencia de la superficie de un cuerpo a la penetración (Pellegrino, 1980)

En la literatura de alimentos, la dureza es definida y medida en diferentes formas Szczesniak (1963) la describe como " la fuerza necesaria para conseguir una deformación dada" Esta definición corresponde a la propiedad referida como la "firmeza" en el trabajo de Scott-Blair (1954) Scott-Blair (1958) estudiaron los factores que están involucrados en las evaluaciones sensoriales de la firmeza dejando que sujetos humanos evaluaran el grado de firmeza de resortes. (Pellegrino, 1980)

Jowitt (1974) sugirió que al término firmeza se sustituyera por dureza y lo describió como " propiedad textural manifestada por una alta resistencia a la deformación por la aplicación de una fuerza" Moskowitz *et al.* (1974) definió la dureza como "la fuerza ejercida por los molares necesaria para romper el alimento en la boca (primera mordida) y la correlacionó con el módulo de elasticidad y la última fuerza.

Szczesniak y Skinner (1973) estudiaron la interpretación de los consumidores de la dureza asociando los productos con palabras que ellos normalmente mencionan Como resultado clasificaron la intensidad de la dureza en términos de suave, firme y duro. Boyd y Sherman (1975) demostraron que en materiales suaves la dureza es evaluada a través de una compresión entre la lengua y el paladar mientras que en materiales duros es evaluada en la primera mordida. (Pellegrino, 1980)

### Adhesividad

Szczesniak (1963) definió este término como el trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otro material con el que el alimento entra en contacto (por ejemplo la lengua, los dientes, el paladar, etc ), de tal manera que la adhesividad esta relacionada con propiedades de superficie La misma

medida de adhesividad obtenida con el texturómetro GF es definida como el área ( $A_1$ ) del pico debajo de la línea base del perfil el cual representa el trabajo necesario para retirar la punta de la muestra (Pons 1996)

Henry usó el Instron y desarrolló un análisis detallado de la porción adhesiva de la curva de perfil de textura. Además de la medición del área de la curva de adhesividad también se obtuvo la máxima fuerza, la recuperación en la porción adhesiva, la relación de las áreas adhesivas (y en el segundo ciclo también), y un nuevo parámetro el *Stringiness* o Valor S, el cual es la distancia que el producto fue extendido durante la descompresión antes de que termine la fuerza aplicada (Pons 1996)

Siguiendo este trabajo Daget y Collyer (1984) y Trzeciecki (1992) definieron la "firmeza bajo tensión" como la máxima fuerza en la primera área adhesiva y "elasticidad bajo tensión" como la recuperación en la porción adhesiva entre las dos compresiones. Por otro lado Patil (1990) reemplazó la clásica definición de adhesividad con el término "fuerza adhesiva", que es la máxima fuerza negativa obtenida en el área adhesiva (Pons 1996)

## Cohesividad

Szczesniak (1963) definió este parámetro como "el esfuerzo de las ligaduras internas del cuerpo del producto". En la curva del TPA, es medida como "la relación entre el área bajo el segundo pico y el área bajo el primer pico ( $A_2/A_1$ )" (Fig. 1) (Friedman *et al.* 1963). Es importante notar que estos autores han indicado que si la muestra alimenticia presenta adhesividad, es necesario cubrir el material con talco antes de registrar el perfil de cohesividad, debido a que el esguince creado por el pico adhesivo negativo en el inicio de la segunda curva (Pons 1996)

Es interesante notar que la cohesividad se encontró originalmente difícil de percibir y evaluar por un panel sensorial (Szczesniak 1963). Esto es probablemente porque este

parámetro no corresponde a una sola sensación como la dureza, fragilidad, etc. pero es tan compleja como una sola. Desde ese tiempo, paneles sensoriales han aprendido como expresar este parámetro (Pons, 1996)

La cohesividad fue primeramente reconocida como la "cohesividad de la masa por los panelistas (Civille and Liska 1975). Este término fue desarrollado para explicar las características de la masa formada por la mezcla del producto con la saliva (obviamente muy alejado de su cuantificación instrumental) siendo relacionado con este parámetro la gomosidad, definida como " la densidad que persiste a través de la masticación " Alrededor de diez años después, Muñoz (1986) desarrolló una escala sensorial de cohesividad en la que la definió completamente diferente como " la cantidad de deformación a la cual es sometido el alimento antes de su ruptura cuando se mastica completamente la muestra usando los molares" (Pons 1996)

Reforzando la crítica introducida por Peleg (1983), no está completamente claro que la cohesividad sea realmente una medida de la misma cosa en todos los alimentos a tratar. En este sentido, Breene (1975) expresó sus dudas acerca de lo adecuado de nombrar a la relación  $A_2/A_1$  como cohesividad puesto que puede existir un material que podría ser deformado irreversiblemente sin una fractura visible. Materiales como una goma de mascar y ciertos tipos de geles (goma locust bean , carragenina k, alginato, goma gelana, etc ) darían un valor bajo de  $A_2/A_1$ , a pesar de ser perfectamente cohesivos, en el sentido de que las uniones internas mantienen la integridad del producto, evitando la fractura. (Pons, 1996)

## Elasticidad

El término de elasticidad se refiere a la habilidad de un material de retornar a su estado original. En el contexto mecánico-textural es la propiedad de retornar a su forma original después de ser sujeto a una deformación. Aunque es fácil distinguir entre

materiales alimenticios altamente elásticos (por ejemplo una liga) y materiales no elásticos (por ejemplo los alimentos plásticos), muchos alimentos tienen una "elasticidad intermedia," lo que significa que presentan un grado de elasticidad. Expresar este grado de elasticidad en términos cuantitativos no es simple debido a razones conceptuales y metodológicas. En trabajos de investigación con alimentos, las propiedades elásticas han sido definidas en diferentes formas. Bourne (1968) definió la elasticidad o springiness como la deformación total del alimento en la segunda mordida y es expresado en unidades de longitud (Kalezić *et al.* 1991)

Este parámetro fue originalmente llamado "elasticidad" por Szczesniak (1963) y definido como "la tasa a la cual un material deformado regresa a su condición no deformada después de que la fuerza deformante es removida". Debido a que el filo y la insensibilidad de los dientes, se tuvieron dificultades en la evaluación sensorial de este parámetro y se construyó una escala no estándar (Szczesniak 1963). Esta definición fue adaptada en el GF texturómetro como "la diferencia entre la distancia B, medida desde el contacto inicial de la muestra hasta el contacto en la segunda mordida, y la distancia C, la misma medida hecha de un material estándar completamente no elástico como la arcilla.

(Pons 1996)

Después, Szczesniak reemplazó el término "elasticidad" con "springiness". Esta sustitución fue hecha para evitar confusión con el término reológico "módulo de elasticidad," y en efecto este nuevo término es ampliamente aceptado hoy en día (Szczesniak 1975a). Sin embargo, varios autores han preferido el término "elastic recovery" para reemplazar el término de "elasticidad" (Henry *et al.* 1971; Daget and Collyer 1984; Trzeciecki *et al.* 1992).

Es importante notar que Muñoz (1986) desarrolló una escala sensorial estándar para este parámetro, distinguiendo entre el término "springiness" evaluado como "la fuerza con la cual la muestra regresa a su tamaño/forma original después de una compresión parcial (sin quebrarlo) entre el paladar y la lengua," y el término "resistencia

después de quebrado' el cual implica una ligera diferencia en el procedimiento evaluación que involucra el quebrado de la muestra, como ' la fuerza con la cual el material sale hacia atrás mientras se mastica entre los molares' (Pons 1996)

### Gomosidad

Szczesniak (1963) definió la gomosidad como la energía requerida para desintegrar un producto alimenticio semisólido a un estado listo para ser tragado, y está relacionado con los parámetros primarios de dureza y cohesividad. Como se puede ver este parámetro secundario solamente se refiere a materiales semisólidos en los cuales la dureza es baja. En un trabajo subsecuente el mismo equipo de investigación (Szczesniak *et al* 1963) desarrolló una escala estándar para los parámetros de textura y afirma que la escala de gomosidad fue desarrollada para materiales semisólidos, este parámetro se relaciona con un grado bajo de dureza y una alto grado de cohesividad. (Pons 1996)

Friedman (1963) dedujo de las curvas de textura obtenidas con un texturómetro GF que la gomosidad es el producto de la dureza y la cohesividad expresada en porcentaje. Es interesante notar que esta definición fue obtenida de la correlación entre la evaluación subjetiva (con el texturómetro GF) y un panel de evaluación (con una escala de cinco puntos), midiéndolos en muestras hechas en el laboratorio de pastas de harina con varias relaciones de agua/harina contra varios productos comerciales. (Pons 1996)

### Masticosidad

Szczesniak (1963) estableció que la gomosidad es la energía requerida para masticar un producto sólido hasta un estado listo para ser tragado, y está relacionada con los parámetros primarios de dureza, cohesividad y elasticidad. De las curvas de TPA obtenidas del texturómetro GF, este parámetro fue definido matemáticamente como el producto de la dureza, cohesividad y elasticidad (Friedman 1963) (Pons 1996)



Aunque en los orígenes del TPA, Szczesniak (1963) estableció claramente que el parámetro de gomosidad fue definido para alimentos semisólidos, y la masticosidad para alimentos sólidos, en su estudio sobre peras maduras con el Instron, Bourne (1968) obtuvo ambos parámetros los cuales correlacionó con la dureza. También Henry *et al* (1971) calculó ambos parámetros en diferentes tipos de alimentos semisólidos (varios postres comerciales) (Pons 1996)

Desgraciadamente, en su trabajo en el que describe el TPA, Bourne (1978) no deja claro que la gomosidad y la masticosidad son dos parámetros que no deben ser reportados para el mismo producto. La confusión surgió a partir de su definición de masticosidad (el producto de gomosidad X elasticidad) en lugar de la definición original (el producto de dureza X cohesividad X elasticidad). Recientemente Szczesniak (1995) ha aclarado esta confusión comúnmente basada en varios trabajos sobre TPA instrumental (Pons 1996). En muchos estudios revisados ninguno de los dos parámetros es calculado, excepto en los trabajos de Daget and Collyer (1984) y Trzeciacki *et al* (1992), que trabajaron con diferentes sistemas de geles, en los cuales solo se calculó la masticosidad. Menezech y Maingonnat (1994) prefirieron calcular la gomosidad cuando trabajaron con diferentes tipos de yoghurt.

### Fracturabilidad

Szczesniak (1963) llamó a este parámetro fragilidad (quebradizo) y lo definió como "la fuerza con la cual el material se fractura", relacionándolo con los parámetros primarios de dureza y cohesividad. En materiales fracturables, la cohesividad es baja considerando que la dureza puede variar. Este parámetro fue definido a partir de un TPA instrumental como "la altura de la primera fractura significativa en el primer pico" (Friedman *et al* 1963), el cual implica un registro de muchos picos (Pons 1996)

Más tarde, Szczesniak (1975a) cambió el término de "fragilidad" por el de "fracturabilidad" el cual es ahora aceptado universalmente. Este cambio fue

probablemente introducido porque "fracturabilidad" parecía dar un mejor reflejo de las características generales de un material fácilmente quebradizo, aunque que la fragilidad fue identificada por panelistas sensoriales con los puntos más altos en la escala de evaluación sensorial

Este parámetro es principalmente obtenido en tejidos de vegetales turgentes, como en frutas y vegetales y también en productos obtenidos a partir de harina (por ejemplo tallarines crudos, pan crujiente tostada, etc.) En sistemas vegetales el valor de fracturabilidad coincide en muchos casos con la ruptura de la piel externa de la fruta o del vegetal, como en el trabajo de Bourne (1968) sobre peras (Pons 1996)

En sistemas de geles, el primer punto de cedencia no existe. Por lo tanto, en pruebas de TPA realizadas en postres comerciales (pudines, gelatinas, natillas) por Henry *et al* (1971) con el Instron este parámetro es omitido. Olkku y Rha (1975) también han establecido que un término como fracturabilidad no debería ser propiamente descrito para un producto como un dulce *licorice*. En muchos trabajos no se menciona este parámetro en las pruebas de TPA con sistemas de geles (Daget and Collyer 1984, Muñoz *et al* 1986a; Trzeciecki *et al* 1992; Konstance 1993; Benezech y Maingonnat 1994, y Tang *et al* 1995)

En el cuadro 22 se presenta un resumen de las descripciones sensorial y física de las características mecánicas de textura

Cuadro 22 - Descripción física y sensorial de las características de textura

PROPIEDAD	FÍSICA	SENSORIAL
Dureza	Fuerza necesaria para una deformación dada	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólidos)
Cohesividad	Que tanto puede deformarse un material antes de romperse	Grado hasta el que se comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse
Viscosidad	Tasa de flujo por unidad de fuerza	Fuerza requerida para pasar un líquido de una cuchara a la lengua
Adhesividad	Fuerza de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que entra en contacto	Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo
Elasticidad	Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante	Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes
Fracturabilidad	Fuerza con la cual se fractura un material	Fuerza con que un material se desmorona, cruje o se estrella
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento hasta que este listo para ser deglutido	Tiempo requerido para masticar la muestra, a una tasa constante de aplicación para reducirla a una consistencia adecuada para tragarla
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para deglutirlo	Densidad que persiste a lo largo de la masticación, energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado adecuado para tragarlo.

Referencia Sánchez, 1996

### Equipo utilizado

Texturómetro TAXT2 (Stable Micro Systems-Texture Expert), el cual mide fuerza, distancia y tiempo proporcionando así un análisis tridimensional del producto.

Punta de prueba: Cilindro de acrílico de 1 pulgada de diámetro.

Equipo alterno: Baño con termostato que permite controlar las temperaturas de  $-20$  a  $150^{\circ}\text{C}$  con precisión de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

El material a estudiar se colocó en un contenedor enchaquetado de forma cilíndrica con un diámetro de 5 cm y una altura de 1.5 cm, con una superficie rugosa para evitar deslizamiento de la muestra.

### Procedimiento

1. Es una prueba de medir fuerza en compresión. El equipo nos permite establecer las condiciones de trabajo de la prueba.
2. Se le indica al instrumento que la punta comprima la grasa a una cierta distancia (dada en mm o % con respecto a la altura de la muestra) a una velocidad dada. La prueba se inicia cuando la punta detecta la superficie de la muestra y esta será el punto de referencia. En esta operación la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada.
3. La punta sube y se retira de la muestra, regresa a la posición de inicio de prueba (distancia de referencia). Realizando dos ciclos de compresión, simulando la masticación.
4. En esta posición espera el tiempo indicado.
5. Efectúa el segundo ciclo de compresión, bajando nuevamente a la distancia indicada.
6. Regresa a la posición original antes de iniciar la prueba.

Durante este proceso, la punta detecta la fuerza y se obtiene la curva fuerza-tiempo (Fig. 10 - Curva de perfil de textura). En el ciclo de compresión se mide la dureza y en la retirada de la punta las propiedades adhesivas. Las fuerzas positivas indican la resistencia que ofrece la muestra a la penetración o compresión por parte de la punta en el proceso de bajada. Las fuerzas negativas indican la fuerza debido a la muestra que se adhiere al retirarse la punta.

El análisis de perfil de textura consistió en comprimir la grasa a una distancia de 7.5 mm y a una velocidad 1.7 mm/s. con un cilindro de acrílico de 1 pulgada de diámetro que detecta la superficie de la muestra y así iniciar la penetración de la punta hasta llegar a la distancia indicada. Las grasas se manejaron a diferentes temperaturas en un intervalo de 10 a 40 °C, para lo cual se hizo uso de un baño controlador de temperatura conectado a un contenedor para la muestra de forma cilíndrica con un diámetro de 5 cm y una altura de 1.5 cm, con una superficie rugosa para evitar deslizamiento de la muestra.

#### Tratamiento estadístico.

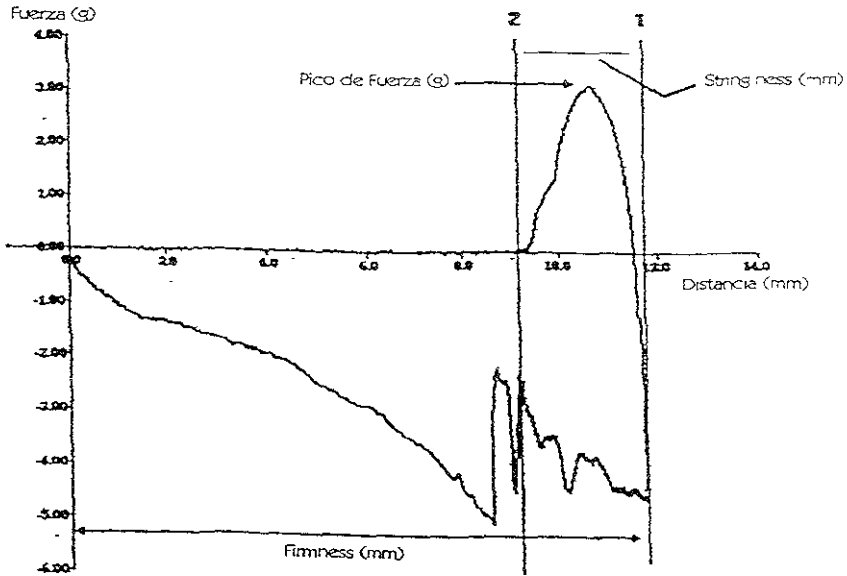
Medidas de tendencia central: media ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), representados mediante tablas.

## 6.4.2 PRUEBA DE ADHESIVIDAD

### Antecedentes.

Con el análisis de perfil de textura (TPA) se obtiene la medida de adhesividad como la fuerza negativa producida entre dos mordidas de la prueba, al tiempo que la punta de prueba se aleja de la superficie de la muestra. Esta prueba ha demostrado ser muy útil en el desarrollo de productos. Sin embargo, esta prueba no separa la fuerza adhesiva de la fuerza cohesiva.

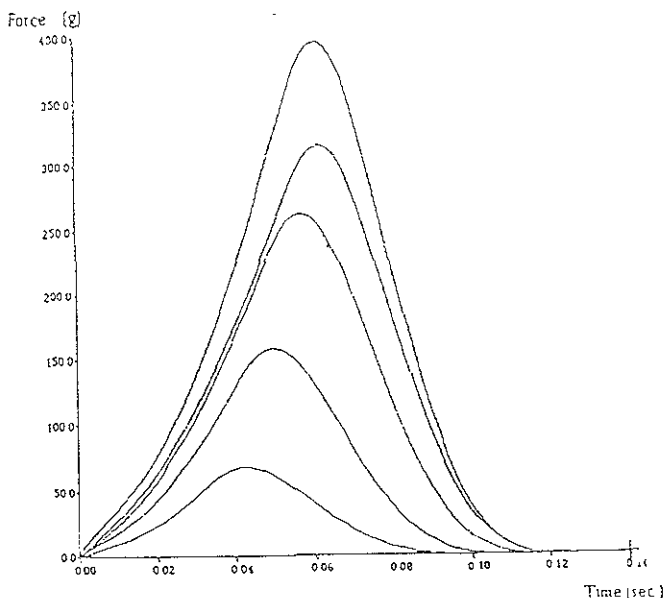
Figura 11 - Curva típica de Adhesividad.(Fuerza, Distancia)



Del análisis de esta gráfica se extraen tres parámetros texturales, que se definen a continuación (Bourne1982)

- Adhesividad: es la fuerza necesaria para separar la punta de la muestra.
- Firmeza: Cantidad de deformación obtenida a una fuerza dada.
- Stringiness: Distancia recorrida desde que la punta empieza a salir de la muestra hasta que esta se separa completamente y la fuerza cae hasta cero.

Figura 12. - Curva típica de Adhesividad (Fuerza, Tiempo)



Equipo utilizado:

Texturómetro TAXT2 (Stable Micro Systems-Texture Expert), el cual mide fuerza distancia y tiempo, proporcionando así un análisis tridimensional del producto.

Punta de prueba: cilindro de acrílico de 1 pulgada de diámetro.

Equipo alterno: baño con termostato que permite controlar las temperaturas de  $-20$  a  $150^{\circ}\text{C}$  con precisión de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . El material a estudiar se colocó en un contenedor de forma cilíndrica con un diámetro de 5 cm y una altura de 1.5 cm, con una superficie rugosa para evitar deslizamiento de la grasa.

Procedimiento:

1. El equipo permite establecer las condiciones de trabajo de la prueba, en este caso se estableció realizar una prueba de medir fuerza en compresión.
2. Se le indica al instrumento que la punta comprima la grasa a una cierta distancia (dada en mm o % con respecto a la altura de la muestra) a una velocidad dada. La

prueba se inicia cuando la punta detecta la superficie de la muestra y esta será el punto de referencia. En esta operación la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada.

3. La punta sube y se retrae de la muestra, regresa a la posición de inicio de prueba (distancia de referencia). Realizando dos ciclos de compresión simulando la masticación.
4. Término de prueba.

La prueba adhesiva consistió en comprimir la grasa a una distancia de 0.1 mm y a una velocidad de 1.7 mm/s, con un cilindro de acrílico de 1 pulgada de diámetro que detecta la superficie de la muestra y así iniciar la penetración de la punta hasta llegar a la distancia indicada. Las grasas se manejaron a diferentes temperaturas en un intervalo de 10 a 40 °C, para lo cual se hizo uso de un baño controlador de temperatura conectado a un contenedor para la muestra, se utilizó una cantidad de muestra necesaria (1 gramo) para formar una capa de grasa en la superficie rugosa para evitar deslizamiento de la muestra.

#### Tratamiento estadístico

Medidas de tendencia central: media ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), representados mediante tablas.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 7 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 CONTENIDO DE SÓLIDOS GRASOS Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

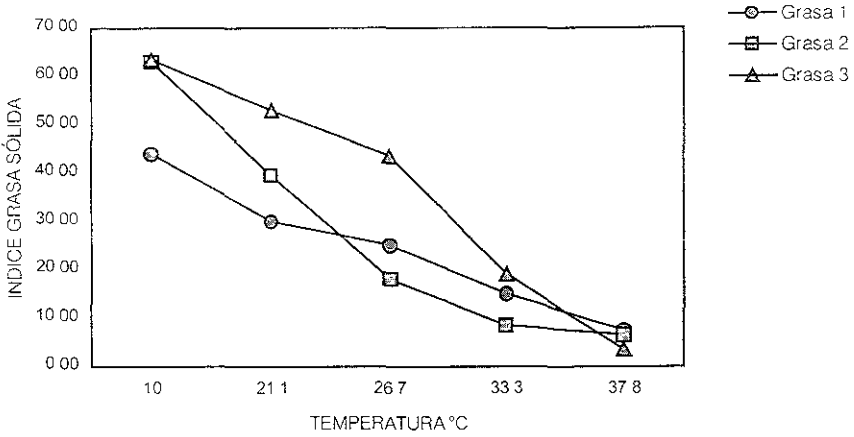
De la figura 13 se observa la distinta tendencia a la fusión al incrementar la temperatura de cada una de las grasas. En la grasa 1 el aumento de temperaturas modifica en menor proporción el IGS en comparación con las grasas 2 y 3, ya que en esta se tiene una disminución de aproximadamente 23% de grasa sólida al incrementar la temperatura de 10°C a 37.8°C, mientras que la grasa 2 y la grasa 3 disminuyen en más del 58 % su porción de grasa sólida en el mismo intervalo de temperaturas, siendo además la grasa 1 la que presenta mayor cantidad de grasa sólida a temperaturas mayores, estas diferencias en su comportamiento de fusión permiten suponer diferencias sustanciales en las propiedades que imparten a los productos que las contienen.

En el cuadro 23 se presenta el contenido de sólidos grasos de las tres grasas vegetales utilizadas, datos obtenidos mediante dilatometría.

Cuadro 23 - Índice de grasa sólida de las tres grasas vegetales utilizadas obtenido por dilatometría

TEMPERATURA (°C)	IGS (%)		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	44.0	63.0	63.5
21.1	30.0	39.5	53.0
26.7	25.0	18.0	43.5
33.3	15.0	8.5	19.0
37.8	7.5	6.5	3.5

Figura 13 - índice de grasa sólida de las tres grasas vegetales estudiadas en función de la temperatura



El índice de grasa sólida (IGS) se refiere al porcentaje de sólidos en una grasa a varias temperaturas. Todas las grasas son una mezcla de aceite líquido atrapado entre cristales de grasa sólida. Como se nota en la figura 13, puede haber mucha variación en el contenido de grasa sólida en las grasas. Por ejemplo a 10°C las grasas 2 y 3 contienen aproximadamente un 60% de sólidos, mientras que a la misma temperatura la grasa 1 solo contiene el 40%. Esto es debido a que las grasas 2 y 3 contienen mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados de alto punto de fusión en comparación con la grasa 1, a demás se puede notar en el cuadro 24 que estas dos grasas no contienen ácidos grasos saturados como el oleico y el linoléico.

Cuadro 24 Resultados del análisis de ácidos grasos de las grasas vegetales utilizadas

ÁCIDO GRASO	AREA GRASA 1	AREA GRASA 2	AREA GRASA 3	PUNTO DE FUSIÓN (°C)
Caprílico	0	1 0961	0 9629	16 7
Caproico	0	6 8328	6 0708	-3 4
Cáprico	0 189	5 1419	4 6409	31 6
Láurico	0 2154	38 4886	35 4046	44 2
Mirístico	1 221	15 5656	14 1285	54 4
Palmitico	16 6175	11 9263	15 5827	63 0
Palmitoleico	0	0	0	0
Esteárico	11 5738	14 0393	19 976	69 4
Oleico	61 8249	0	0	13 0
Linoléico	5 2362	0	0	-5
Linolénico	0	0	0	0

## 7.2 - ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA:

Las figuras 14,15 y 16 muestran las curva de perfil de textura obtenidas y en los cuadros 25, 26 y 27 se presentan los datos promedio de los parámetros de textura obtenidos del TPA

Cuadro 25 - Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 1, obtenidos del TPA

PARÁMETRO	TEMPERATURA (°C)						
	10	15	20	25	30	35	40
Dureza	1270 4	689 5	479.2	601 6	395	247 5	174 2
Fuerza Adhesiva	861 9	419.06	299.1	373.6	271 6	161 7	103 5
Adhesividad	2253 4	2803 5	1836 5	2311 9	1418 8	947 4	654 6
Elasticidad	7 2	7 3	7 4	7 3	7 2	7 2	7 07
Cohesividad	0 5	0 9	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8
Masticosidad	5013 3	4282 5	2666.8	2432 6	2328 2	1483 3	981 1
Gomosidad	692 1	584 8	390 2	489 9	322 9	206 4	138 7

Cuadro 26 - Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 2, obtenidos del TPA

PARÁMETRO	TEMPERATURA (°C)						
	10	15	20	25	30	35	40
Dureza	11334.6	6772	1753	201.3	81.7	49.9	36.8
Fuerza Adhesiva	1473.9	1858.9	1170.5	146.9	53.3	28.8	14.8
Adhesividad	963.3	746.6	1607.2	538.4	334.6	177.3	81.3
Elasticidad	7.245	7.251	7.2	7.23	7.2	7.175	7.197
Cohesividad	0.067	0.07	0.25	0.7	0.801	0.87	0.8
Masticosidad	5487.8	3479.7	3349.6	960.9	472.4	312.1	220.6
Gomosidad	757.5	479.9	463.2	132.9	65.5	43.5	30.7

Cuadro 27 - Parámetros de textura promedio de la grasa vegetal 3, obtenidos del TPA

PARÁMETRO	TEMPERATURA (°C)						
	10	15	20	25	30	35	40
Dureza	12818.2	8042.7	2509	1859.9	807.4	211.6	31.3
Fuerza Adhesiva	2269.4	2588.1	1251.7	1019.5	491.6	120.4	8.9
Adhesividad	794.3	532.4	812.2	1072.3	1195.6	493.4	92.7
Elasticidad	2.7	7.3	7.3	4.9	7.2	6.9	5.1
Cohesividad	0.07	0.06	0.11	0.18	0.4	0.6	0.7
Masticosidad	2588.1	3870.7	1960.9	972.9	2180	737.1	117.9
Gomosidad	942.3	479.9	271.3	245.1	302.4	132.9	23.3

Figura 14. - Curva de Perfil de Textura, grasa vegetal 1

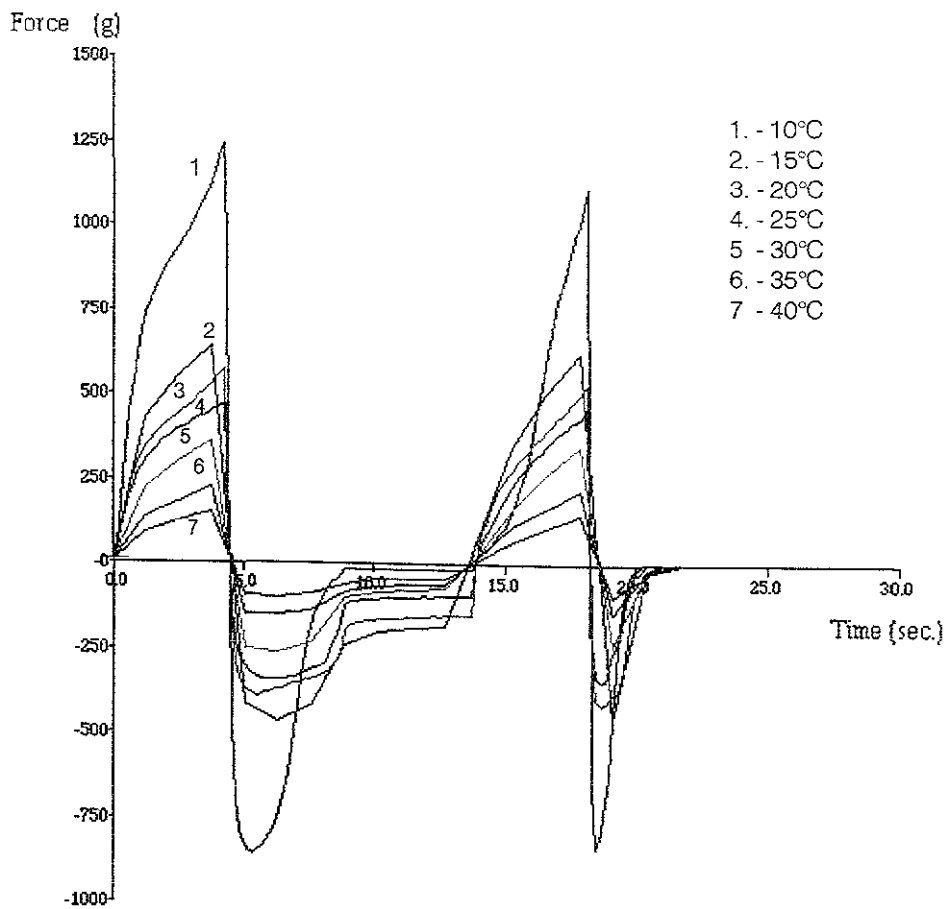
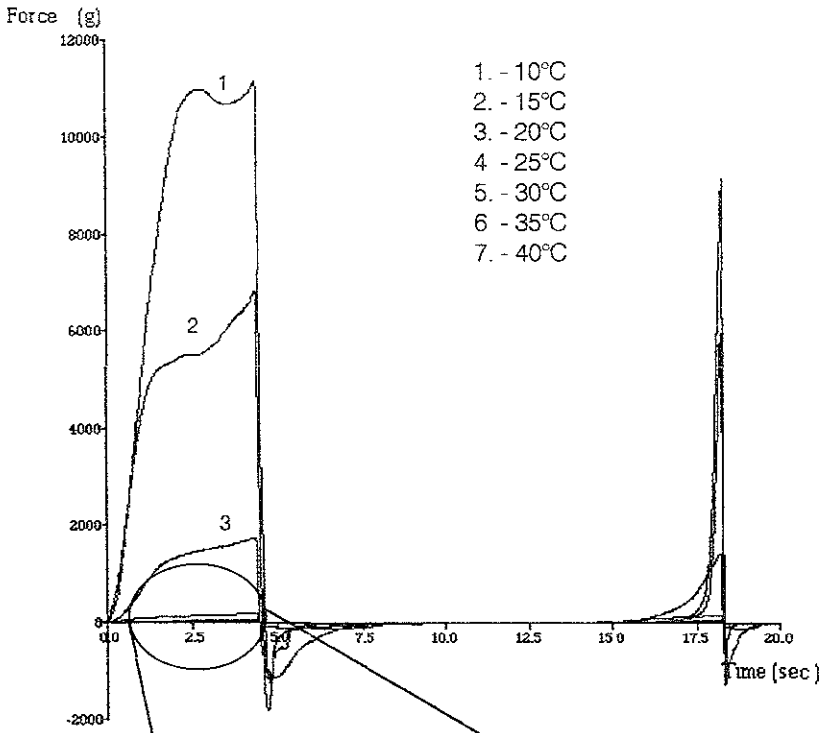


Figura 15. - Curva de Perfil de Textura, grasa vegetal 2



Ampliación figura 15

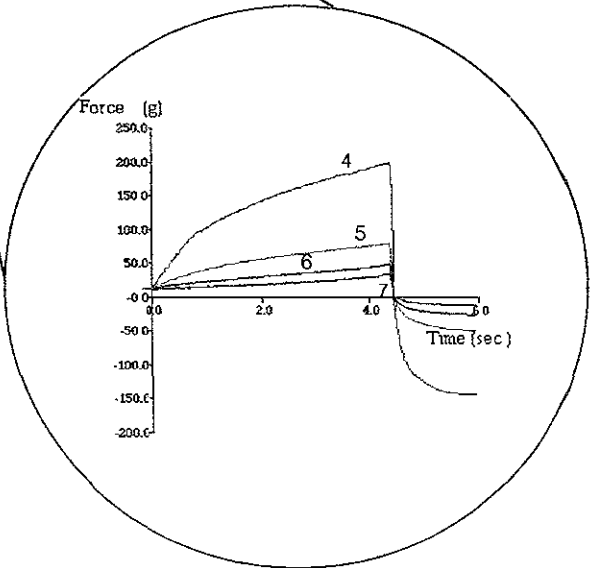
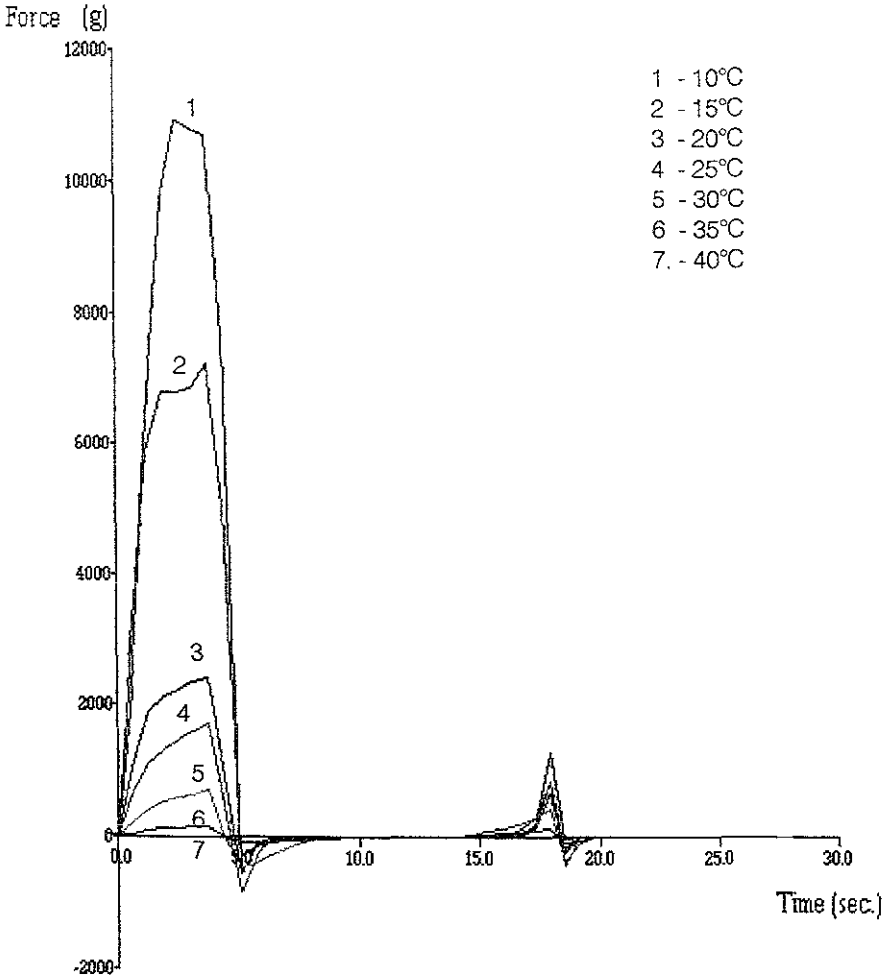


Figura 16 - Curva de Perfil de Textura, grasa vegetal 3





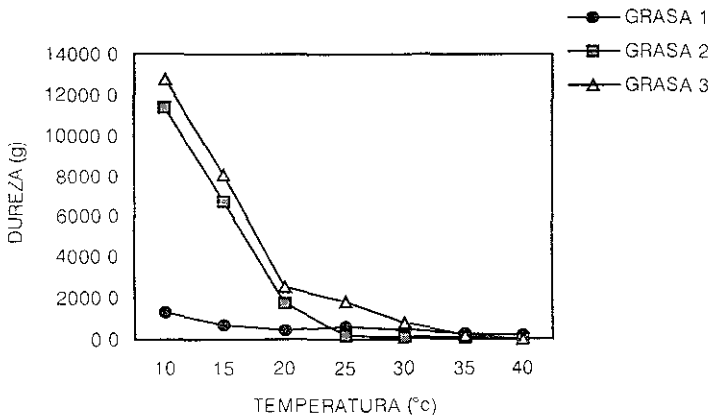
## 7.3 – CORRELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE SÓLIDOS GRASOS Y LOS PARÁMETROS DE TEXTURA

### 7.3.1 - Dureza y su relación con el contenido de sólidos grasos

Muchas de las propiedades más importantes de las grasas comestibles se pueden entender mejor si se considera su composición de ácidos grasos. Por ejemplo, la dureza y el punto de fusión están relacionados con el tamaño de las cadenas y el grado de insaturación de los ácidos grasos. En general, cadenas largas (ácidos saturados) tienden a producir grasas duras, mientras que ácidos insaturados producen grasas suaves. (Wedermann 1965)

En la figura 17 se puede observar que la grasa 1 presenta un cambio menor de la dureza en función de la temperatura, en comparación con las grasas 2 y 3, que presentan un cambio mayor en la dureza, sobre todo en el intervalo de 10 a 25°C. Este cambio constante en la dureza de la grasa 1 se correlaciona con el relativo menor cambio de grasa sólida en el intervalo de temperaturas estudiado, en comparación con las grasas 2 y 3. En temperaturas menores a 25°C las grasas 2 y 3 muestran un mayor cambio en la dureza, lo cual está relacionado también con el mayor cambio en el IGS, sobre todo en la grasa 2. Los datos de dureza para las tres grasas se presentan en el cuadro 28.

Figura 17: Dureza en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas.



Cuadro 28 - Datos promedio de Dureza obtenidos de la curva de TPA en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas

TEMPERATURA (°C)	DUREZA		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	1270.376	11334.553	12818.201
15	689.499	6772.020	8042.709
20	479.253	1753.002	2509.825
25	586.555	201.274	1859.961
30	395.001	81.723	807.427
35	247.531	49.969	211.612
40	174.224	36.762	31.299

Las grasas 2 y 3 contienen un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados de alto punto de fusión, tales como mirístico, palmítico y esteárico, comparadas con la grasa 1 y no contienen ácidos grasos insaturados en su estructura. La grasa 3 contiene una proporción mayor de estos ácidos grasos saturados en comparación con la grasa 2, correspondiente a valores aproximados de 49 y 41% respectivamente, lo que podría estar relacionado con el hecho de que esta grasa muestra mayores porcentajes de grasa sólida que la grasa 2.

La grasa 1 contiene 67% de ácidos grasos insaturados y los ácidos grasos saturados de mayor punto de fusión (mirístico, palmítico y esteárico) corresponden aproximadamente al 30% del total de los ácidos grasos, por lo que se podría decir que estos ejercen una influencia determinante en las propiedades de la fracción sólida de las tres grasas a diferentes temperaturas. El alto porcentaje de ácidos grasos insaturados que se tiene en la grasa 1 ocasiona que aún en bajas temperaturas se tenga un bajo índice de grasa sólida en comparación con las grasas 2 y 3.

En temperaturas menores a 25°C las grasas 2 y 3 presentan mayor dureza que la grasa 1. En temperaturas mayores a 30°C las proporciones de grasa sólida en la grasa 1 se van haciendo más próximas a las de las grasas 2 y 3. Por lo que podría suponerse que en temperaturas altas las propiedades de dureza en las tres grasas están determinadas por los ácidos grasos de mayor punto de fusión (palmítico y esteárico), lo que explicaría que las tres mantengan durezas más próximas entre sí entre 35 y 40°C como se observa en la figura 17 en comparación con las temperaturas más bajas.

Estos resultados están en concordancia con el estudio que se realizó con mantequillas elaboradas en Francia en el que se demostró que los tres ácidos grasos (mirístico C<sub>14</sub>, palmítico C<sub>16</sub>, oleico C<sub>18</sub>) principalmente contribuyen a las variaciones regionales y temporales que existen en algunas mantequillas que se elaboran en Francia. Bornaz (1995)

Según el trabajo realizado con margarinas hechas con canola se concluye que estas son significativamente más duras que las que contienen grasa de soya, y como resultado de este trabajo de tesis se tiene que la grasa de soya utilizada presenta menor dureza que las grasas de coco. Por lo que podemos decir que el contenido de sólidos grasos en el producto es relacionado con su textura hasta cierto punto, pero la naturaleza de la red de cristales es un factor muy importante que influye también en la textura. Postmus y

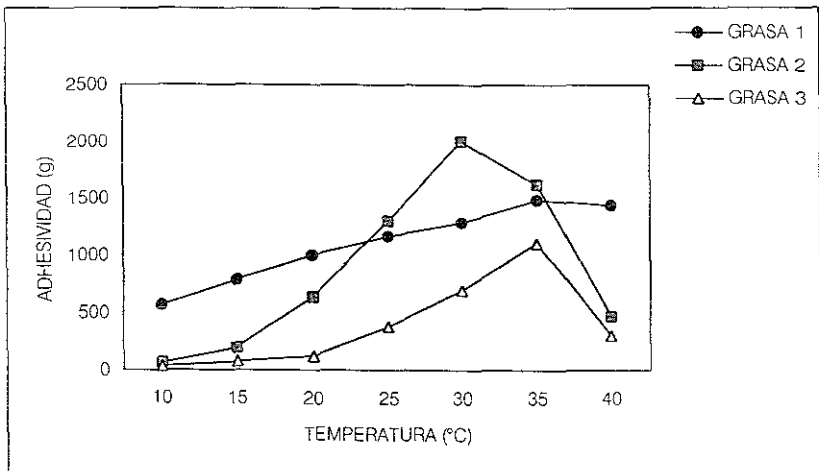
DeMan (1989)

Todo esto sin perder de vista que la fracción de grasa sólida está en relación con el tipo de acilglicéridos que forman los ácidos grasos presentes en la grasa, de manera que el punto de fusión de cada uno está dada por la composición de ácidos grasos, la concentración de los mismos y la isomería posicional dentro de los acilglicéridos, por otro lado se debe tener presente que los puntos de fusión de los acilglicéridos de la grasa no son el único factor que determina su dureza, ya que existen otros factores también de importancia, como son las interacciones entre cristales de grasa, el tipo de cristales presentes, etc.

### 7.3.2 - Adhesividad y su relación con el contenido de sólidos grasos

En la figura 18 se observa la tendencia al cambio en la adhesividad, mientras se aumenta la temperatura (hasta los 30-35°C) la adhesividad aumenta, lo que se relaciona con la disminución en el IGS en cada grasa. Entre los 10 y 20°C al comparar las diferentes grasas, las que tienen menor índice de grasa sólida presentan mayor adhesividad, así mismo en la grasa 2 en las temperaturas de 25 a 35°C al disminuir más drásticamente su IGS ocasiona que la adhesividad aumente por encima de las otras dos, dándose también el hecho de que en las grasas 1 y 3 la tendencia en el valor de adhesividad está en relación con el IGS, pero también depende del número, tipo y tamaño de cristales presentes y de la estructura resultante en la mezcla grasa sólida/grasa líquida.

Figura 18 - Adhesividad en función de la temperatura de las tres grasas vegetales



Con la prueba de adhesividad realizada con las tres grasas vegetales se obtiene la gráfica de fuerza tiempo (figuras 19, 20 y 21) en la que el valor de adhesividad es obtenido como la fuerza en gramos del pico mayor de la curva y cuyos datos se presentan en el cuadro 29

Cuadro 29. - Datos de adhesividad obtenidos del TPA en función de la temperatura de las tres grasas vegetales estudiadas.

TEMPERATURA (°C)	ADHESIVIDAD (g)		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	559.332	67.697	33.891
15	781.071	200.516	78.873
20	1003.878	642.142	113.915
25	1168.842	1299.167	374.661
30	1291.059	2001.979	701.575
35	1477.701	1620.787	1104.781
40	1439.497	476.227	304.422

Figura 19. - Curva de adhesividad grasa vegetal 1 (Fuerza, tiempo)

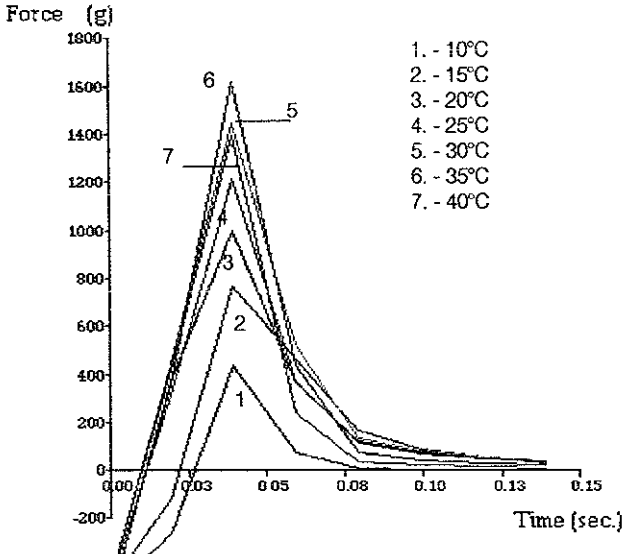


Figura 20. - Curva de adhesividad grasa vegetal 2 (Fuerza, tiempo)

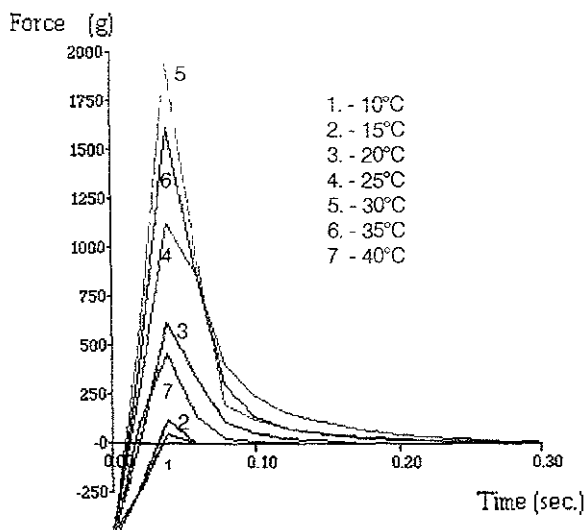
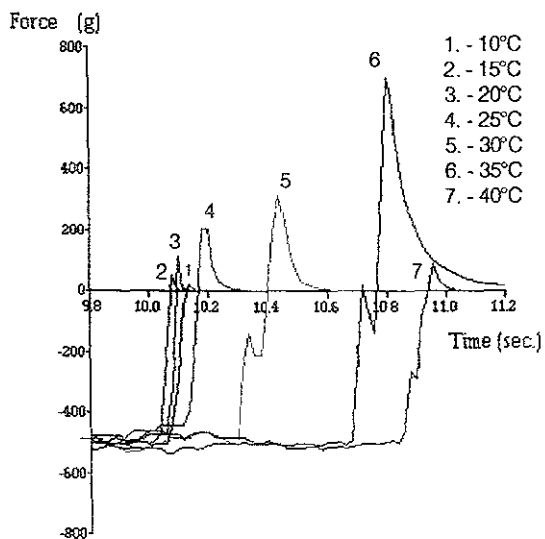


Figura 21. - Curva de adhesividad grasa vegetal 3 (Fuerza, tiempo)



En las figuras 22, 23 y 24 se presentan las curvas obtenidas de la relación fuerza y distancia. De este tipo de gráficas se obtienen 3 parámetros, stickiness (adhesividad, fuerza necesaria para separar la punta de prueba de la muestra en estudio), firmeza (deformación obtenida a una fuerza dada) y stringiness (distancia recorrida hasta que la muestra se separa de la punta de prueba) En el caso de estas grasas, las curvas obtenidas no proveen mucha información acerca de estos parámetros, las curvas no están bien definidas para poder delimitar las zonas requeridas y obtener datos confiables

Esto puede deberse a que la velocidad de separación de la muestra, la cantidad de muestra, y el tipo de material de la punta de prueba no fueron los adecuados para este tipo de producto. Se ha demostrado en varios estudios sobre adhesividad en alimentos, que la fuerza requerida para separar la punta de prueba de la muestra depende de la velocidad con que esta se retira, y que el material de la punta de prueba también afecta el valor de adhesividad obtenida. (Kilcast 1998, Hosney 1999 y Fiszman 2000)

Figura 22. - Curva de adhesividad grasa vegetal 1 (Fuerza, distancia)

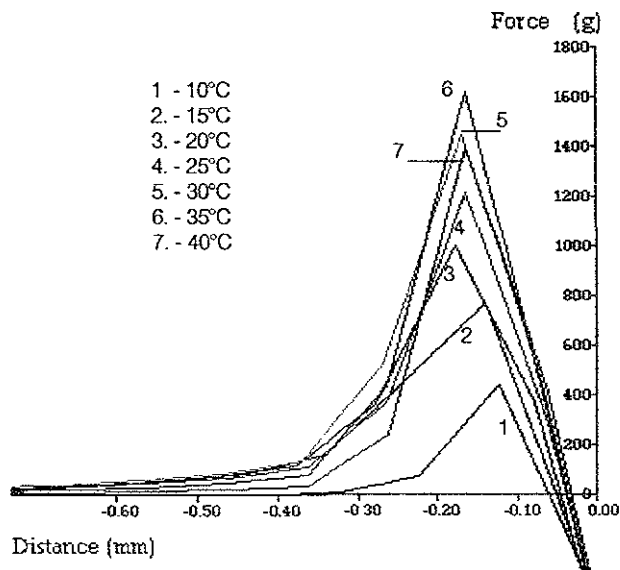


Figura 23. - Curva de adhesividad grasa vegetal 2 (Fuerza, distancia)

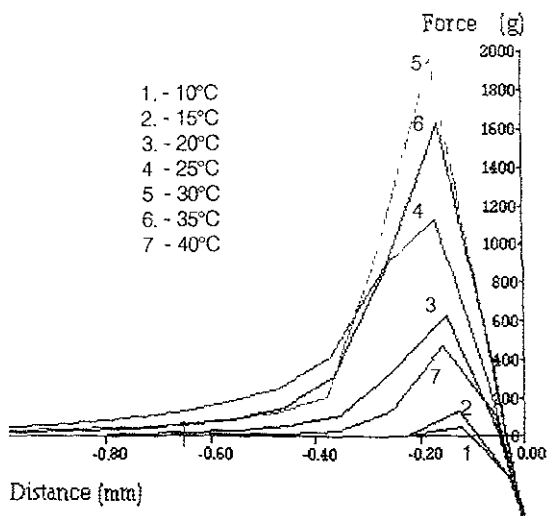
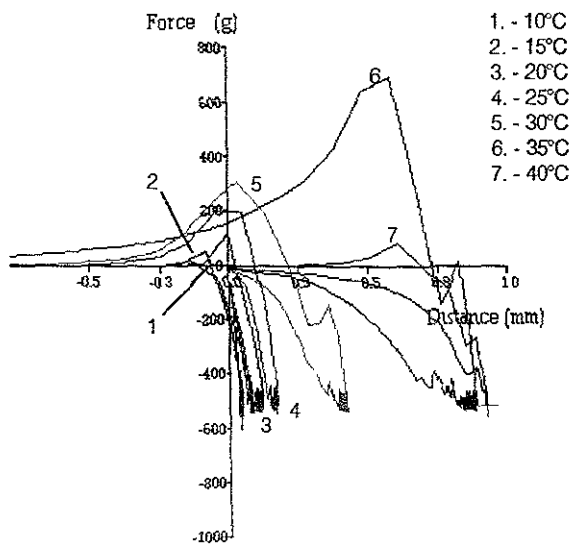


Figura 24. - Curva de adhesividad grasa vegetal 3 (Fuerza, distancia)

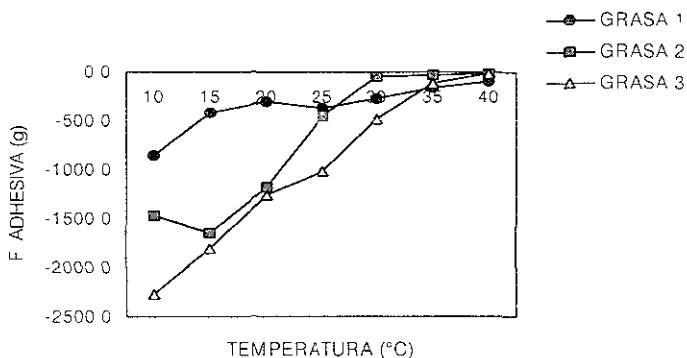




### 7.3.3 - Fuerza adhesiva y su relación con el contenido de sólidos grasos

En la figura 25 se observa la tendencia al cambio en la fuerza adhesiva, mientras se aumenta la temperatura la fuerza adhesiva aumenta, lo que se relaciona con la disminución en el IGS en cada grasa, en virtud de disminuir la magnitud de las interacciones intermoleculares que se mantienen en la formación de los cristales de grasa. Las diferencias que se observan entre tendencias de comportamiento de las distintas grasas está en relación con el índice de grasa sólida el cual es un factor que repercute en esta propiedad. ya que por ejemplo las grasas 2 y 3 que tienen mayor IGS a temperaturas bajas en comparación con la grasa 1 presentan menores fuerzas adhesivas que la grasa 1. debido a que la fracción líquida influye de manera significativa en la facilidad de la grasa en adherirse a otras superficies, así mismo, mientras las diferencias en el IGS se van disminuyendo con el aumento de la temperatura las fuerzas adhesivas que presentan son más próximas entre sí. como sucede a temperaturas mayores de 35 °C. Los datos de Fuerza adhesiva para las tres grasas se presentan en el cuadro 30

Figura 25 - Fuerza adhesiva en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas.



Cuadro 30 – Datos de fuerza adhesiva obtenidos del TPA en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas

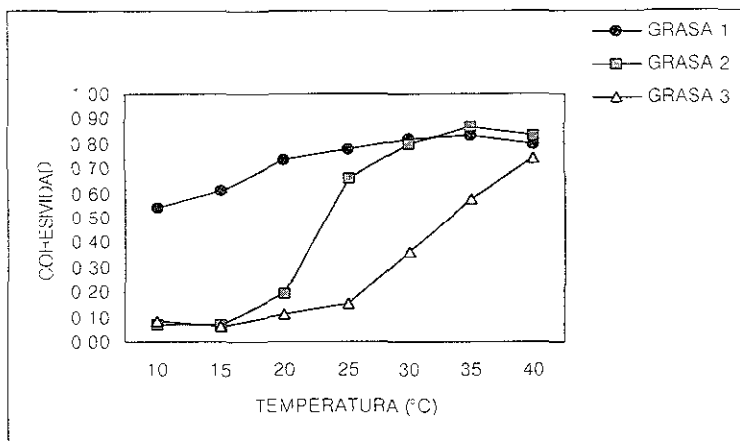
TEMPERATURA (°C)	FUERZA ADHESIVA		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	861 930	1473 972	6646 811
15	419 061	1858 905	1803 299
20	299 096	1170 496	151 675
25	373 647	146 958	1019 535
30	271 652	53 302	491 607
35	161 716	28 852	120 354
40	103 504	14 798	8 937

#### 7.3.4 - Cohesividad y su relación con el contenido de sólidos grasos

La cohesividad es otro atributo de textura obtenido del TPA, en el caso de estas grasas el cambio en el valor de esta es muy pequeño, sin embargo la cohesividad de las grasas 2 y 3 presenta una tendencia a aumentar conforme aumenta la temperatura (fig 26) y esto es debido a que al aumentar la cantidad de grasa líquida la grasa puede soportar una deformación mayor antes de romperse en los dientes (Bourne 1978), mientras que la grasa 1 permanece relativamente constante, lo cual podría estar relacionado con el relativo menor cambio en el IGS en las temperaturas estudiadas. Los datos de cohesividad para las tres grasas se presentan en el cuadro 31

La cohesividad varía de acuerdo con el tipo de grasa, encontrando que a bajas temperaturas la grasa 1 tiene una mayor cohesividad, lo cual también está relacionado con una mayor cantidad de grasa líquida en comparación con las grasas 2 y 3, las cuales entre sí no tiene gran diferencia en el IGS en 10°C y mantienen la misma cohesividad, y en temperaturas mayores la forma de las curvas sigue una tendencia similar a la que siguen las curvas de IGS, lo que indica que existe una relación entre esta propiedad y el IGS, el cual se modifica al cambiar la temperatura

Figura 26 .- Cohesividad en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas



Cuadro 31 – Datos de cohesividad obtenidos de la curva de TPA en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas.

TEMPERATURA (°C)	COHESIVIDAD		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	0.544	0.069	0.083
15	0.608	0.070	0.060
20	0.735	0.197	0.108
25	0.776	0.659	0.152
30	0.818	0.801	0.364
35	0.834	0.871	0.578
40	0.796	0.834	0.745

### 7.3.5 - Otros parámetros y su relación con el contenido de sólidos grasos

Aunque en los orígenes del TPA, Szczesniak (1963) estableció claramente que el parámetro de gomosidad fue definido para alimentos semisólidos y la masticosidad para alimentos sólidos, en su estudio sobre peras maduras con el instrón Bourne obtuvo ambos parámetros, los cuales correlacionó con la dureza (Bourne, 1978). También Henry *et al* (1971) calculó ambos parámetros en diferentes tipos de alimentos semisólidos (varios postres comerciales)

Desgraciadamente, en su trabajo en el que describe el TPA, Bourne (1978) no deja claro que la gomosidad y la masticosidad son dos parámetros que no deben ser reportados para el mismo producto. La confusión surgió a partir de su definición de masticosidad " el producto de gomosidad X elasticidad" en lugar de la definición original " el producto de dureza X cohesividad X elasticidad". Recientemente Szczesniak (1995) ha aclarado esta confusión comúnmente basada en varios trabajos sobre TPA instrumental.

En muchos estudios revisados ninguno de los dos parámetros es calculado, excepto en los trabajos de Daget and Collyer (1984) y Trzecicki *et al* (1992), que trabajaron con diferentes sistemas de geles, en los cuales solo se calculó la masticosidad. Menezech y Maingonnat (1994) prefirieron calcular la gomosidad cuando trabajaron con diferentes tipos de yoghurt.

En este trabajo solo se reportará la gomosidad para las grasas vegetales manejadas y se omitirá calcular la masticosidad basándose en la referencia respecto a la composición de las grasas vegetales (grasas semi-sólidas que consisten de cristales sólidos en un líquido oleoso). El comportamiento de la gomosidad está relacionado con la dureza de la muestra, por lo tanto a medida que aumenta la temperatura, el índice de grasa sólida disminuye y los valores de gomosidad disminuyen, teniendo diferencias en su comportamiento en algunas

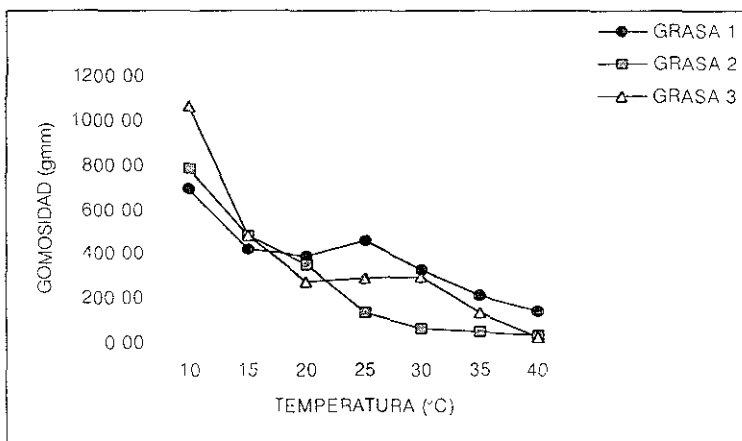
temperaturas en e que influyen otros factores, como son el amaño número y tipo de cristales presentes

En el caso de la elasticidad y la extensibilidad, son parámetros que no tienen relación directa con el índice de grasa sólida, influyendo en ellos factores como los antes mencionados. Los datos se presentan en el cuadro 32, los mismos que son graficados en la figura 27

Cuadro 32 - Gomosidad de las tres grasas vegetales

TEMPERATURA (°C)	GOMOSIDAD		
	GRASA 1	GRASA 2	GRASA 3
10	690 658	782 029	1062 950
15	418 754	479 879	479 879
20	390 223	345 338	271 257
25	455 348	132 858	283 325
30	322 907	65 435	294 125
35	206 397	43 495	132 858
40	138 716	30 650	23 334

Figura 27 – Datos de gomosidad obtenidos del TPA en función de la temperatura de las tres grasas vegetales utilizadas



## CONCLUSIONES

Como resultado de esta investigación se puede observar que existe una baja correlación entre el IGS del producto y de las grasas separadas esto es debido a que las condiciones de proceso, y hasta cierto punto las condiciones de almacenamiento tienen gran influencia en el contenido de sólidos en el producto final. La correlación entre los métodos texturales y el IGS fue pobre. Esto significa que la cantidad de cristales (o sólidos) en un producto no determina completamente la textura. La naturaleza de la red cristalina es un factor también importante. La forma polimórfica de los cristales juega un papel importante en la fuerza de la red cristalina.

En el caso de otros parámetros obtenidos del TPA como son la Gomosidad y la Masticosidad presentan el mismo comportamiento que la dureza, debido a que estos se obtienen incluyendo el valor de la dureza durante el procedimiento de cálculo (la gomosidad se obtiene de multiplicar la dureza y la cohesividad, mientras que la masticosidad es el producto de la gomosidad por la elasticidad).

De los atributos de textura obtenidos del TPA se concluye que la Dureza tiene una relación directa con la cantidad de sólidos presentes en las grasas, ya que cuanto mayor es el contenido de sólidos más dura es la grasa, lo cual está relacionado con la temperatura y el tipo de grasa.

En la fuerza adhesiva y otros parámetros relacionados con esta se observa que si bien la baja en el índice de grasa sólida para una grasa al aumentar la temperatura disminuye la fuerza adhesiva, al comparar las diferentes grasas a una misma temperatura la relación con el índice de grasa sólida y el valor de este parámetro no correlaciona directamente, de lo que se tiene que además del índice de grasa sólida existen otros factores que influyen, los que podrían estar relacionados con las características e interacciones entre los cristales presentes.

Los resultados obtenidos de la prueba de adhesividad realizada no arrojaron resultados satisfactorios que permitieran obtener mayor información sobre el comportamiento adhesivo de las grasas, por lo que es recomendable realizar más pruebas en las que se estandaricen las condiciones de prueba, como son el tipo de material de la punta de prueba, la velocidad de retirada de la misma y la deformación aplicada, para obtener resultados comparables y confiables.

Las grasas y aceites están siendo diseñadas para satisfacer necesidades específicas para su uso en productos grasos, la decisión de utilizar una grasa u otra depende de varios factores ya que estas forman parte de las características finales del producto. Por lo tanto es necesario contar con datos que contribuyan a elegir la grasa correcta. Uno de esos factores es el índice de grasa sólida que como resultado de esta investigación se demuestra que este contenido influye en algunas características texturales de la grasa y por lo tanto influirá en las características texturales del producto final.

Otros factores importantes que ayudan a seleccionar la grasa correcta son las propiedades texturales y las propiedades físicas de las grasas, que en conjunto determinan el comportamiento que tendrá la grasa al ser aplicada a un determinado producto. También es importante el método de análisis que se utilice, ya que algunos pueden ser puntuales y no son adecuados para describir el comportamiento textural de una grasa.

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO



Tabla 33 - Analisis estadistico de los parámetros de textura de la grasa vegetal \*

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
10 °C	1	1266 156	864 375	284 601	2164 474
	2	1349 485	911 980	303 103	2481 596
	3	1199 889	812 322	269 575	2130 243
	x	1270 376	861 930	285 432	2253 396
	s	74 960	49 846	16 794	193 730
	c v	5 901	5 783	5 884	8 597
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 541	5175 102	684 990	7 555
	2	0 513	5221 912	692 286	7 543
	3	0 579	5304 307	694 736	7 635
x	0 544	5233 502	690 658	7 578	
s	0 033	65 414	5 069	0 050	
c v	6 093	1 250	0 734	0 660	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
15 °C	1	705 231	440 069	156 408	2819 117
	2	675 584	400 489	150.895	2655 438
	3	688 002	417 562	152.603	2943 388
	x	689 499	419 061	153 285	2930 252
	s	14 888	19 852	2 822	144 424
	c v	2 159	4 737	1 841	4 929
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 609	3147 271	429 486	7 328
	2	0 608	3006 727	410 755	7 320
	3	0 605	3046 886	416 241	7 320
x	0 608	3066 395	418 754	7 323	
s	0 002	72 391	9 629	0 005	
c v	0 342	2 361	2 300	0 063	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
20 °C	1	478 836	266 557	106 810	1748 143
	2	476 149	324 140	106 500	1922 571
	3	482 796	309 676	106 180	1843 043
	x	479 253	299 096	106 496	1836 531
	s	3 344	29 956	0 315	87 327
	c v	0 698	10 016	0 296	4 755

T °C	CORRIDA	COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
20 °C	1	0 75	2754 097	378 57	7 275
	2	0 720	2935 140	390 415	7 518
	3	0 733	2901 910	402 038	7 218
	x	0 735	2862 622	390 223	7 336
	s	0 016	96 376	11 734	0 159
	cv	2 119	3 367	3 007	2 172

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
25 °C	1	601 653	388 375	134 002	2201 444
	2	589 653	362 178	130 497	2374 337
	3	568 831	370 861	126 290	2364 19
	x	586 555	373 647	130 225	2311 945
	s	16 607	13 344	3 861	97 023
	cv	2 831	3 571	2 965	4 197
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 782	2970 220	470 493	6 313
	2	0 779	2881 438	459 340	6 273
	3	0 768	2786 307	436.862	6 378
	x	0 776	2878 341	455 348	6 321
	s	0 007	91 975	17 130	0 053
	cv	0 950	3 195	3 762	0 838

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
30 °C	1	399.445	283 116	88 331	1586 800
	2	390 122	266 087	86 335	1279 983
	3	395 492	266 105	86 588	1406 327
	x	395 001	271 652	87 080	1418 854
	s	4 679	9 827	1 087	154 202
	cv	1 185	3 617	1 248	10.868
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 848	2442 651	338 787	7 220
	2	0 768	2160 423	299.643	7 210
	3	0 839	2391 321	331 667	7 210
	x	0 818	2328 159	322.907	7 213
	s	0 044	150 334	20 851	0 006
	cv	5 360	6 457	6 457	0 080

Tabla 33 - Analisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 1

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
35 °C	1	253 880	165 807	55 060	997 489
	2	247 285	159 492	55 022	951 568
	3	241 581	159 925	52 204	895 917
	x	247 531	161 716	54 079	947 411
	s	6 155	3 528	1 638	50 864
	cv	2 487	2 181	3 029	5 369
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 839	1536 103	213 052	7 210
	2	0 84	1498 474	207 833	7 210
	3	0 822	1417 777	198 568	7 140
x	0 834	1483 289	206 397	7 187	
s	0 010	60 455	7 336	0 040	
cv	1 213	4 076	3 554	0 562	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
40 °C	1	170 714	101 872	36 318	657 362
	2	178 805	107 461	38 359	656 350
	3	173 250	101 291	36 572	650 083
	x	174 224	103 504	37 072	654 590
	s	4 138	3 407	1 112	3 943
	cv	2 375	3 292	3 000	0 602
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 800	966 247	136 620	7 073
	2	0 810	1024 555	144 814	7 075
	3	0 779	954 167	134 912	7 073
x	0 796	981 182	138 716	7 074	
s	0 016	37 640	5 293	0 001	
cv	1 987	3 836	3 816	0 016	

Tabla 34 - Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 2

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
10 °C	1	11404 780	1301 647	2565 397	955 611
	2	11470 672	1590 010	2535 468	911 195
	3	11131 083	1547 301	2514 671	1026 409
	x	11334 553	1473 972	2538 427	963 247
	s	180 080	155 629	25 500	58 108
	c v	1 589	10 559	1 005	6 033
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 068	5865 296	775 525	7 563
	2	0 070	5976 335	802 947	7 443
	3	0 069	5936 986	768 045	7 730
x	0 069	5926 027	782 029	7 578	
s	0 001	56 299	18 376	0 144	
c v	1 449	0 950	2 350	1 902	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
15 °C	1	6623 701	1653 722	1487 998	799 939
	2	6847 020	1649 417	1545 005	713 362
	3	6847 822	1655 262	1554 934	729 228
	x	6772 020	1652 798	1529.026	746 581
	s	129 165	3 030	36 122	46 093
	c v	1 907	0 183	2 362	6 174
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 077	3715 452	511 418	7 265
	2	0 063	3131 427	432 219	7 245
	3	0 072	3621 051	499 938	7 243
x	0 070	3479 601	479 879	7 251	
s	0 007	313 509	42 798	0 012	
c v	10 074	9 010	8 919	0 168	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
20 °C	1	1934 225	1316 391	434 767	1574 758
	2	1720 153	1153 970	386.154	1625 092
	3	1619 097	1055 676	363 241	1622 288
	x	1753 002	1170 496	393 614	1607 212
	s	160 906	131 665	36 524	28 286
	c v	9 179	11 249	9 279	1 760

Tabla 54 - Analisis estadístico de los parametros de textura de la grasa vegetal 2

T °C	CORRIDA	COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
20 °C	1	0 196	2050 975	379 108	5 410
	2	0 198	2126 305	340 590	6 243
	3	0 197	1991 280	318 962	6 243
	x	0 197	2055 446	345 338	5 952
	s	0 001	67.663	30 466	0 481
	c v	0 508	3 292	8 822	8 080

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
25 °C	1	197 582	460 018	41 163	584 688
	2	207 172	454 564	43 826	551 795
	3	199 199	457 198	41 297	483 761
	x	201 274	457 255	42 078	538 407
	s	5 134	2 728	1 500	51 473
	c v	2 551	0 597	3 566	9 560
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 655	937 441	129 436	7 243
	2	0 666	994 778	137 972	7 21
	3	0 656	951 375	131 315	7 245
x	0 659	960 891	132 858	7 233	
s	0 006	29 904	4 485	0 020	
c v	0 923	3 112	3 376	0 272	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
30 °C	1	87 105	59 062	16 785	359 262
	2	83 300	53 062	16 307	342 889
	3	75 223	48 32	13 851	303 996
	x	81 723	53 302	15 593	334 563
	s	6 068	5 383	1 574	28 387
	c v	7 425	10 100	10 096	8 485
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 785	492 932	68 368	7 210
	2	0 808	484 972	67 287	7 208
	3	0 810	441 105	60 905	7 243
x	0 801	472 442	65 435	7 220	
s	0 014	27 910	4 033	0 020	
c v	1 735	5 908	6 163	0 272	

Tacla 34 - Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vege.a: 2

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
35 °C	1	52 636	29 331	9 152	185 092
	2	50 778	28 998	7 883	172 702
	3	46 680	28 239	8 090	174 200
	x	49 969	28 852	8 357	177 247
	s	3 047	0 560	0 681	6 763
	c v	6 099	1 940	8 147	3 815
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 867	327 285	45 615	7 175
	2	0 884	324 922	44 863	7 243
	3	0 861	285 790	40 210	7 108
x	0 871	312 069	43 495	7 175	
s	0 012	23 305	2 928	0 068	
c v	1 370	7 468	6 731	0 941	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
40 °C	1	38 3700	17 064	5 534	96 635
	2	31 363	14 714	4 442	82 601
	3	41 283	12 907	6 458	67 404
	x	36 762	14 798	5 415	81 333
	s	5 099	2 084	1 009	14 619
	c v	13 870	14 085	18 638	17 975
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 816	225 733	31 319	7 208
	2	0 834	186 850	26 170	7 140
	3	0 851	254 432	35 130	7 243
x	0.834	220 573	30 650	7 197	
s	0 018	33 919	4 497	0 052	
c v	2 100	15 377	14 671	0 728	

Tabela 35 - Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 3

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
10 °C	1	11811 796	2157 022	5985 911	863 559
	2	13191 177	2506 697	5937 141	604 502
	3	13517 046	2161 577	5223 473	959 845
	x	12818 201	2269 390	5704 562	794 262
	s	905 240	200 583	426 812	183 780
	c v	7 062	8 839	7 482	23 138
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 088	6605 629	1039 438	6 355
	2	0 081	6670 554	1068 485	6 243
	3	0 080	6664 444	1081 364	6 163
x	0 083	6646 811	1062 950	6 253	
s	0 004	35 851	21 476	0 096	
c v	5 256	0 539	2 020	1 542	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
15 °C	1	8329 924	1816 116	1881 815	466 345
	2	7500 978	1829 833	1686 566	533 514
	3	8326 225	1764 609	1873 858	605 692
	x	8042 709	1803 299	1811 781	532 151
	s	477 528	34 388	110 502	69 689
	c v	5 937	1 907	6 099	13 096
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 058	3526 372	511 418	7 243
	2	0 061	4371 169	432 219	7 263
	3	0 062	3762 289	499 938	7 243
x	0 060	3870 728	479 879	7 250	
s	0 002	435 904	42 798	0 012	
c v	3 452	11 262	8 919	0 159	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
20 °C	1	2537 043	1224 756	570 156	898 965
	2	2609 338	1365 228	586 358	770 268
	3	2388 208	1172 789	612 486	773 642
	x	2509 825	1251 675	589 410	812 160
	s	112 751	99 554	21 358	73 349
	c v	4 492	7 954	3 624	9 031

Tabla 3b - Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 3

T °C	CORRIDA	COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
20 °C	1	0 119	2177 163	300 921	7 235
	2	0 098	1848 614	255 245	7 243
	3	0 109	1873 564	259 856	7 210
	x	0 108	1960 959	271 257	7 229
	s	0 011	182 911	25 146	0 017
	cv	9 697	9 328	9 270	0 238

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
25 °C	1	1889 958	993 112	424 892	959 946
	2	1928 401	990 802	433 972	1216 102
	3	1765 478	1077 013	567 29	1056 203
	x	1859 961	1019 535	471 175	1072 313
	s	85 164	49 12	79 722	129 389
	cv	4 579	4 818	16 920	12 066
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 154	1380 467	291 054	4 743
	2	0 152	1372 667	293 117	4 683
	3	0 151	1330 537	266 587	4 991
x	0 152	1361 045	283 325	4 804	
s	0 002	26 860	14 757	0 163	
cv	1 003	1 973	5 209	3 399	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
30 °C	1	788 816	523 087	195 649	1376 761
	2	809 507	503 285	180 851	1185 377
	3	824 352	451 301	184 723	1047 242
	x	807 427	491 607	186 971	1195 604
	s	17 848	37 076	7 674	165 475
	cv	2 210	7 542	4 104	13 840
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 388	1023 773	306 0606	3 345
	2	0 373	948 413	301 9461	3 141
	3	0 334	865 373	275 3336	3 143
x	0 364	943 629	294 125	3 208	
s	0 028	79 231	16 680	0 117	
cv	7 652	8 396	5 671	3 653	



Tabla 35 - Análisis estadístico de los parámetros de textura de la grasa vegetal 3

C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
135 °C	1	217 472	124 009	47 522	438 767
	2	205 444	110 626	45 626	460 501
	3	212 093	127 078	45 846	594 24
	x	211 612	120 354	46 324	493 335
	s	6 025	8 748	1 037	84 193
	c.v	2 847	7 269	2 239	17 066
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 514	652 099	129 436	5 038
	2	0 547	767 538	137 972	5 563
	3	0 686	679 555	131 315	5 175
x	0 578	698 038	132 858	5 254	
s	0 091	60 306	4 485	0 272	
c.v	15 799	8 639	3 376	5 183	

T °C	CORRIDA	DUREZA	FUERZA ADHESIVA	PENDIENTE	ADHESIVIDAD
40 °C	1	30 646	8 567	5 481	94 651
	2	32 519	8 589	5 02	99 303
	3	30 768	9 702	5 71	84 671
	x	31 299	8 937	5 396	92 670
	s	1 048	0 649	0 351	7 476
	c.v	3 348	7 262	6 513	8 067
		COHESIVIDAD	MASTICOSIDAD	GOMOSIDAD	ELASTICIDAD
	1	0 77	120 389	23 594	5 103
	2	0 732	124 682	23 817	5 235
	3	0 735	109 2	22 609	4 830
x	0 745	117 906	23 334	5 053	
s	0 021	7 993	0 643	0 207	
c.v	2 834	6 779	2 755	4 088	

Tabla 36 - Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 1

	STICKINESS (g)						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1	566.966	772.021	1006.253	1170.376	1294.129	1561.248	1437.724
2	557.882	777.886	997.348	1172.171	1294.422	1572.530	1435.350
3	553.234	793.464	1008.067	1163.994	1284.65	1659.347	1445.135
X	559.332	781.071	1003.878	1168.842	1291.059	1657.701	1439.497
S	6.984	11.082	5.737	4.298	5.559	5.817	4.966
C.V	1.249	1.419	0.571	0.368	0.431	0.371	0.346

Tabla 37. - Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 2

	STICKINESS (g)						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1							
2	68.587	203.718	643.436	1101.468	1998.822	1618.217	473.869
3	67.018	199.240	638.887	1096.147	2002.133	1624.079	480.235
	67.495	198.629	644.117	1100.893	2004.987	1620.072	474.601
X							
S	67.697	200.516	642.142	1099.500	2001.979	1620.787	476.227
C.V	0.804	2.779	2.843	2.920	3.085	2.996	3.483
	1.188	1.386	0.443	0.266	0.154	0.185	0.731

Tabla 38. - Análisis estadístico de la prueba de adhesividad, grasa vegetal 3.

	STICKINESS (g)						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1							
2	33.967	78.499	107.863	376.752	696.915	1110.761	303.194
3	33.126	79.761	117.387	375.645	706.255	1101.491	299.487
	34.596	78.366	116.749	371.606	701.587	1102.116	310.081
X							
S	33.891	78.873	113.915	374.661	701.575	1104.781	304.222
C.V.	0.738	0.770	5.324	2.709	4.670	5.181	5.376
	2.176	0.976	4.674	0.723	0.666	0.469	1.767

## REFERENCIAS

- Anzañdua, Morales A. (1994) "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica" Editorial Acribia España 24-44
- A O C S (1989) Official Method of the American Oil Chemists Society
- Badur, Dergal S. (1981) "Lípidos" en Química de los Alimentos Editorial Alhambra España Primera edición 159-203
- Bailey, A.E. (1996) "Bailey's Industrial Oil and Fat Products" Ed. Wiley Interscience Quinta edición Volúmenes 3 161 y 4 405
- Beauregard Larry (1996) "Utilización de grasas y aceites en la producción de alimentos" Seminario de Tecnología de mantecas vegetales Asociación Americana de soya México
- Belitz, H.D. and Grosch, W. (1997) "Química de los Alimentos" Editorial Acribia España Segunda edición 175-196
- Bernardini, E. (1981) "Tecnología de Aceites y Grasas" Editorial Alhambra España Primera edición 234-261,383-394,450-459.
- Bornaz S., Fanni, J. and Parmentier M. (1995) "Heat treatment of cream: a model of the butter texture response in relation with triglyceride composition" Journal of the American Oil Chemical Society 72(2)
- Bourne Malcom C. (1978) "Texture Profile Analysis" Food Technology 62.72
- Bourne Malcom C. (1982) "Food Texture and Viscosity Concept and Measurement" Academic Press, London Primera edición. 1-167
- Brennan, J.G. (1988) "Texture Perception and measurement" In Sensory Analysis of Foods (J.R. Piggott ed.) Elsevier Applied Science Second edition 69-101
- Coulgate, T. and Davies J. (1994). "Fats and Oils" In Food the definitive guide. Royal Society of Chemistry London 32-49
- Daget N. and Collyer, S. (1984). "Comparison between quantitative descriptive analysis and physical measurements of gel systems and evaluation of the sensorial method" J texture Studies 15 227-245

- DeMan L, Postmus E, And deMan J M (1990) 'Textural and Physical Properties of North American Stick margarines' *Journal of American Oil Chemical Society* 67(5)
- DeMan J V and Beers, A.M. (1987) "Fat crystal networks: structure and rheological properties" *Journal of Food Texture Studies* 18 303-318
- Dobraczyk B. J. (1997) 'The rheological basis of dough stickness' *Journal of Food Texture Studies* 28 139-162
- Drewnowski A (1987) "Fats and Food Texture" In *Food Texture, Instrumental and Sensory Measurement* (Moskowitz H.R., ed.) Marcel Dekker, New York 251-272
- Egan Harold, Kirk Ronald, and Sawyer Ronald (1987) "Análisis Químico de Alimentos de Pearson" Compañía Editorial Continental S.A. de C.V., México. Primera edición 519-560
- Fennema Owen R (1985) "Lípidos" en *Introducción a la ciencia de los alimentos*" Editorial reverté España Primera edición 162-196
- Fernández San Juan P.M. (1995) "Efectos producidos por la hidrogenación sobre los aceites y grasas comestibles. Ácidos grasos transinsaturados contenido en los alimentos" *Alimentaria* 4 93-97
- Fizman S.M. and Damásio M.H. (2000) 'Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey' *Journal of Texture studies* 31 69-91
- Hoseney R.C. (1999). "Instrumental measurement of stickiness of doughs and other foods" *Journal of Texture Studies* 30 123-136
- Jack, F.R., Paterson, A. and Piggott, J.R. (1995). "Perceived Texture: Direct and Indirect Methods for Use in Product development" *International Journal of Food Science and Technology* 30 1-12
- Johanson, D. And Bergenstahl, B. (1995). "Sintering of Fat Crystal Networks in Oil During Post-Crystallization Processes". *Journal of the American Oil Society* 72(8):911
- Jowitt R. T. (1974) "The terminology of food texture" *Journal of Texture Studies* 5 351-358
- Kaletunc, G., Normand, M.D., Nussinovitch, A. and Peleg, M. (1991a) "Degree of elasticity determination in solid foods" *Journal Food Science* 56 950-953
- Karlsnamns (1999) *Apuntes del curso de Confitería y Chocolates* Oils and Fats Academy

Kilcast D and Roberts C (1998) "Perception and measurement of stickiness in sugar-rich foods" *Journal of Texture Studies* 29 81-100

Kilcast D and Eves A (1993) "Modern Methods of Texture Measurement in Instrumentation and Sensors for the Food Industry (E. Kress-Rogers ed.) Butterworth-Heinemann 349-374

Leissner, O y colaboradores (1993) "Vegetable Oils and fats" Editorial Halls Offset Karlshamns. Segunda edición 22-84

Lewis M J (1993) "Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado" Editorial Acribia España Primera edición 135-167

Lobato Calleros C, Vernon Charter E J, Guerrero Legarreta I, Soriano Santos J, and Escalona Beundía (1997). "Use of fat blends in cheese analogs influence on sensory and instrumental textural characteristics" *Journal of Texture Studies*. 28 619-632

Manley, D J R (1989) "Tecnología de la Industria Galletera Galletas, Crackers y otros horneados" Editorial Acribia España

Nawar, W W (1996) "Lipids" In *Food Chemistry* (O R Fennema, ed.) Marcel Dekker, New York 225-318

Peleg, M (1980) "Theoretical Analysis of the Relationship Between mechanical Hardness and its sensory assessment" *Journal of Food science* 45.1156-1160

Peleg, M (1987) "The basis of food rheology" In *Food Texture, Instrumental and Sensory Measurement* (H R Moskowitz, ed.) Marcel Dekker, New York. 3-32

Pons M. and Fiszman S M. (1996). "Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems". *Journal of Texture Studies* 27: 597-624

Postmus, E, DeMan, L and deMan J.M 1989 "Composition and Physical Properties of North American Stick Margarines" *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 22 (5) 485-486

Prentice, J H (1984) "Plastic Fats" In *Measurement in the Rheology of Food Stuffs* Elsevier Applied Science Publishers. 140-152

Rodríguez, I N y Muñoz Leyva, J.A. (1989) "Consideraciones Sobre la Hidrólisis y Saponificación de Aceites y Grasas" *Alimentaria* 6 37-43

Rohm H and Weidinger K H (1993) "Rheological behavior of butter at small deformations" *Journal of Texture Studies*. 24 157-172

Rosseli J B (1969) 'Aceites y Grasas Comestibles para Usos Específicos' *Alimentaria* 135 (21) 29-39

Sánchez M T (1996) 'Food Texture Concept and Measurement' *Alimentaria* 5 29-34

Vanos (1988) *Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestibles*  
Editorial AMV Madrid

Vázquez A R (1990) "Correlación de las medidas sensoriales e instrumentales para optimizar una metodología para medir textura en tortillas" Tesis de licenciatura  
Departamento de Ingeniería Agroindustrial UACH

Wiedermann, L H. (1968) "Margarine Oil Formulation and Control" *Journal of American Oil Chemists Society* 45: 51a

Wong, D W S (1995) "Lípidos" en *Química de los alimentos: Mecanismos y Teoría*  
Editorial Acribra España. Primera edición. 1-48

Ziffer, S (1996) 'Grasas y aceites alimentarios' Editorial Acribra España