

300627
24
24

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al QFB. Mariano Llera Fanjul
Por quién esta tesis no hubiera
sido posible sin su apoyo incondicional.



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

OBJETIVOS	1
JUSTIFICACION	2
INTRODUCCION	4
Aditivos	4
HLB	9
Emulsión	13
Tensión superficial	17
Estabilizador de emulsión	20
Función y clasificación de emulsificantes y estabilizadores	21
Métodos de identificación para diferentes tipos de emulsión	23
Propiedades de los emulsificantes	26
ANTECEDENTES: MONOGLICERIDOS	28
Materias primas de las que provienen	28
Nomenclatura	29
Conversión en derivados funcionales	31
Clasificación	32
Propiedades físicas y químicas	34
Estabilidad	36
CAPITULO I: FABRICACION Y ELABORACION	39
Fuente de triglicérido	39
Síntesis química	40
Reacciones	41
Diagrama de bloques	45
Equipo	46
Aplicaciones fuera de alimentos	47
CAPITULO II: APLICACIONES EN ALIMENTOS	50
Panificación	50
Confitería	54
Lácteos	55

Grasas vegetales	59
Cárnicos	62
Aderezos	63
Vehículos antioxidantes	63
Estabilizantes de alimentos	63
Alimentos para animales	63
CAPITULO III: LEGISLACION	73
Niveles de uso de mono y diglicéridos en algunos alimentos	75
Toxicología	77
Metabolismo en el organismo	78
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFIA	81

INDICE DE TABLAS

TABLA I	
CLASIFICACION DE AGENTES SURFACTANTES	5
TABLA II	
APLICACION COMO SURFACTANTES EN FUNCION DEL HLB PRESENTADO	6
TABLA III	
CLASIFICACION EN USO Y APLICACION EN BASE AL HLB ...	8
TABLA IV	
VALORES DE HLD DE ALGUNOS AGENTES EMULSIFICANTES ...	12
TABLA V	
APLICACIONES DE DIFERENTES EMULSIONES RESPECTO A SU HLB	16
TABLA VI	
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA TENSION SUPERFICIAL DE ACEITES VEGETALES Y AGUA	19
TABLA VII	
CLASIFICACION DE EMULSIONES POR TAMAÑO DE PARTICULA..	22
TABLA VIII	
CLASIFICACION DE EMULSIFICANTES POR ESTADO FISICO ...	23
TABLA IX	
PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE MONOGLICERIDOS DESTILADOS	35

TABLA X

FUNCION DE LOS MONOGLICERIDOS EN

DIVERSOS ALIMENTOS 65

CUADROS SINOPTICOS

CUADRO SINOPTICO DE EFECTOS Y DOSIS QUE CADA TIPO DE
MONOGLICERIDO PROPORCIONA EN DETERMINADOS ALIMENTOS 67

CUADRO SINOPTICO DE APLICACIONES EN CUANTO A USO,
FUNCION Y TIPO QUIMICO DE ALGUNOS MONOGLICERIDOS
COMERCIALES 68

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1	
PUNTO DE FUSION	34
GRAFICA 2	
EFFECTO DEL NIVEL DEL EMULSIFICANTE Y TIPO QUIMICO OBTENIDO EN EL SECADO DEL HELADO	56
GRAFICA 3	
EFFECTO DEL NIVEL DEL EMULSIFICANTE EN GRASAS PARA HORNEAR EN CUANTO AL VOLUMEN DEL BATIDO EN PASTELES	60
GRAFICA 4	
EFFECTO DE LA MEZCLA DE SURFACTANTES EN GRASAS EMPLEADAS PARA BATIDOS Y RELLENOS	60

OBJETIVOS

Corroborar la importante función de los monoglicéridos como aditivos que proporcionan diferentes características, de acuerdo a la cantidad usada y tipo de los mismos, dentro de la industria alimentaria.

Señalar los variados usos de los mismos de acuerdo al tipo de alimento en el que se empleen.

Efectuar una amplia recopilación de los usos y variedades para obtener la aplicación correcta en cada caso.

Considerar su uso como materia prima en ciertos productos alimenticios.

JUSTIFICACION

El incremento en la industrialización de la manufactura de alimentos, causó gran demanda de emulsificantes. Consecuentemente su uso ayudó a facilitar la producción debido a la capacidad de proporcionar y modificar ciertas características a los productos alimenticios. (1,3)

Dentro de los productos que proporcionan estas características tenemos además de emulsificantes, humectantes, lubricantes, agentes neutralizantes, estabilizantes, antioxidantes y agentes secuestrantes. Algunos de estos pueden presentar varias funciones a la vez, es decir, que un mismo compuesto puede actuar como antioxidante y nutriente o como una sal emulsificante, un amortiguador y un nutriente. Por lo que estos productos presentan una amplia aplicación dentro de los alimentos.

Los monoglicéridos son compuestos considerados como emulsificantes, aunque los mismos pueden proporcionar diferentes características de acuerdo al uso que se les dé, es decir, pueden ser emulsificantes pero también actuar como lubricantes, agentes de liga, plastificantes o suavizantes. (4,5)

El uso de monoglicéridos data de 1921 en la industria de la margarina, aunque fué 15 o 20 años más tarde que la producción de éstos como emulsificantes se estableció como un recurso importante. De aquí se ha ido desarrollando su uso en diferentes alimentos obteniéndose un amplio rango de aplicación en: la producción de dióxido de carbono en productos de panificación actuando como agentes fermentadores proporcionando una pasta ligera y porosa, obteniéndose así un mejor volumen y palatabilidad sobre todo en galletas y bizcochos; además de proporcionar la emulsificación y el grado de acidez deseable en el proceso de obtención del queso y actuar como agente saborizante en

confitería y chocolates. (10)

Como agentes emulsificantes se utilizan en productos de panificación, helados, postres congelados, y confitería donde proporcionan homogeneidad, textura y otras características que se definirán más adelante. (12)

Como punto importante cabe mencionar que los monoglicéridos son productos de bajo costo, por lo que al ser utilizados no se incrementa el costo final del producto.

Estos pueden utilizarse también como sustitutos de otros compuestos con lo cual se abatirán los costos de producción, obteniéndose productos de la misma calidad a menor costo.

INTRODUCCION

ADITIVOS

Se consideran a las sustancias adicionadas durante la preparación y manejo de un alimento hasta obtener el producto terminado. En esta categoría se incluye cualquier sustancia que se encuentre a concentraciones que ayude a la fortificación del alimento; y son agregados químicos que llevan a cabo uno o más objetivos como: mejorar el valor nutritivo, mantener la frescura, crear determinadas propiedades sensitivas y ayudar durante el procesamiento, además presentan diferentes aplicaciones, debido a la gran variedad de efectos que los mismos causan, ya que actúan como estabilizantes, acidulantes, secuestrantes, gomas, antioxidantes, saborizantes, colorantes, potenciadores de sabor y agentes de superficie activa o surfactantes los cuales se utilizan si se desean ciertas propiedades físicas como viscosidad, textura y palatabilidad; éstos se definen como moléculas orgánicas o metal-orgánicas que exhiben una polaridad y solubilidad que proviene del fenómeno llamado actividad superficial, donde el fenómeno más reconocido en este aspecto es la reducción de la tensión entre dos fluidos inmiscibles. Bajo condiciones especiales, ciertos sólidos pueden reaccionar como reductores de tensión por lo que se consideran agentes de superficie activa, los cuales afectan en forma positiva la estabilidad de una emulsión ya que para lograr una buena emulsión se requiere de factores como son: una baja tensión interfacial, menor energía potencial, viscosidad de la fase continua, carga eléctrica, tamaño de partícula y adsorción de las partículas sólidas de la superficie en la fase emulsiva. (6,7,12)

Estos agentes pueden clasificarse por: 1) función 2) comportamiento a la ionización 3) tipo químico 4) características de solubilidad (ver tabla I)

Su funcionalidad depende de la afinidad de cierta porción de éstas moléculas por el agua o aceite ya que están compuestos

por moléculas que combinan grupos lipofílicos (tales como grupos de ácidos grasos) y grupos hidrofílicos (tales como grupos hidroxilo) y pueden clasificarse también de acuerdo a las propiedades y características que infieren en los diversos alimentos de acuerdo al balance hidrofílico-lipofílico (HLB) que éstos presentan.

TABLA I

CLASIFICACION DE LOS AGENTES SURFACTANTES

FUNCION

{ Solubilizantes
Emulsificantes
Detergentes
Modificadores de cristalización
Humectantes
Espumantes
Lubricantes
Formadores de complejos

COMPORTAMIENTO
A LA IONIZACION

{ Iónicos
No iónicos

TIPO QUIMICO

{ Monoglicéridos
Esteres parciales

CARACTERISTICAS
DE SOLUBILIDAD

{ Lipofílicos
Hidrofílicos

TABLA II

APLICACION COMO SURFACTANTES EN FUNCION DEL HLB PRESENTADO

HLB	APLICACION/FUNCION
1 - 3	Antiespumante
3 - 6	Emulsificante agua en aceite
7 - 9	Humectante
8 - 18	Emulsificante; aceite en agua
13 - 15	Detergente
15 - 18	Solubilizante

Las propiedades de muchos productos alimenticios, como textura, volúmen y propiedades comestibles dependen de la interacción de varios ingredientes durante su preparación, así como en la estabilización de los mismos en subsecuentes tratamientos como: cocimiento, manejo y almacenaje.

Algunos surfactantes poseen la habilidad para formar complejos con el almidón, esto se observa como un cambio en la viscosidad de la pasta y tiene su mayor aplicación en la industria de la panificación donde el efecto va desde la obtención de una miga suave hasta un producto con una gran resistencia al envejecimiento. (23,24)

De aquí que los surfactantes se utilizan en la preparación de productos alimenticios como: pasteles, panes, productos de confitería, carnes, cereales, helados, y alimentos y postres congelados en los cuales estos productos actúan de dos formas:

1) en la mezcla que precede al congelamiento donde ayuda a estabilizar la emulsión grasa, manteniéndola dispersa y en suspensión y 2) en el congelamiento, donde los surfactantes producen un efecto de secado, ayudado por la desestabilización controlada de la emulsión grasa, así mismo promueven la aglomeración de los glóbulos de grasa.

La acción secante de los mismos en helados es totalmente diferente a las aplicaciones de otros en los cuales se utiliza una mezcla de agua y aceite.

Cuando se tiene el problema de dispersión en algunos productos se soluciona agregando monoglicéridos hidratados junto con el surfactante. (35)

En el uso de surfactantes es común encontrar mezclas de los mismos con el fin de obtener mejores resultados. Cuando se mezclan dos o más (lo que muchas veces es preferible) el balance hidrofílico-lipofílico de la combinación, sufre un cambio ocasionando diferentes grados de dispersión en el agua. Esto cambia conforme al valor presentado de HLB y se tendrá un efecto diferente en cuanto a su aplicación.

TABLA III

CLASIFICACION EN USO Y APLICACION EN BASE AL HLB

HLB	Dispersibilidad en agua	Mejor aplicación
1 - 4	{ Nula	{ Antiespumante
3 - 6	{ Escasa	{ Emulsión agua en aceite
6 - 8	{ Se dispersa con agitación	{ Agente humectante
8 - 10	{ Gran dispersión	{ Emulsión aceite en agua
10 - 13	{ Dispersión translúcida	{ Agente humectante
13 - 15	{ Soluble	{ Emulsión aceite en agua
		{ Agente solubilizante
		{ Detergente
15 - 18	{ Soluble	{ Agente solubilizante

HLB

En muchas emulsiones, la estabilidad se produce por la adición de un agente emulsificante o surfactante, el cual se adsorberá a nivel de interfase, lo cual se debe a la orientación de moléculas con propiedades hidrofílicas y lipofílicas en la interfase; esto en términos de energía es la situación más favorable donde la solución con las moléculas se encuentran en la fase acuosa o bien en la fase oleosa. (34)

El concepto de HLB nos proporciona información acerca de la solubilidad del emulsificante en la fase acuosa o en la fase grasa y se usa como una guía para predecir el tipo de emulsión que se formará.

La teoría del balance hidrofílico-lipofílico (HLB) fué descrita por Griffin (37), quien publicó la forma de determinar sistemáticamente la eficacia de los diferentes agentes emulsificantes agregados a diferentes tipos de emulsiones. En un principio un valor bajo de HLB, arbitrariamente se caracterizaba como agente emulsificante hidrofílico y un valor alto de HLB indicaba un aumento en la polaridad de la molécula emulsificante

Ya que este sistema se basa en el reconocimiento de que cada emulsificante tiene grupos hidrofílicos y lipofílicos en la misma molécula, el valor para un surfactante será un índice del balance de intensidad y tamaño de los dos grupos.

El sistema HLB se aplica fácilmente con emulsificantes que tienen valores conocidos del balance; para seleccionar el surfactante que deberá utilizarse en base a sus valores de HLB deben tomarse en cuenta tres puntos:

- 1) determinación del valor de HLB requerido en la combinación deseada de ingredientes en el producto.
- 2) probar una variedad de diferentes tipos químicos de emulsificantes para obtener el HLB deseado.
- 3) ajustar finalmente el valor de HLB.

Al mezclar dos surfactantes el valor de HLB puede calcularse de la siguiente forma:

$$HLB = XA + (1-X) B$$

donde x = proporción del surfactante

Otra forma de calcularlo es:

$$\%A = \frac{100(X - HLB B)}{HLB A - HLB B}$$

$$\%B = 100 - \%A$$

Con el propósito de obtener determinado valor de HLB en una mezcla de surfactantes, se selecciona cualquier pareja de estos, siendo uno lipofílico y otro hidrofílico, con valores conocidos de HLB y de acuerdo a la proporción existente se obtendrá un valor del balance entre los valores ya existentes de los surfactantes conocidos.

Para obtener la mejor mezcla de surfactantes debe tomarse en cuenta el correcto tipo químico, el cual puede seleccionarse intencionalmente para aceite u otros ingredientes activos. El objetivo de seleccionar mezclas es obtener los pares apropiados para un área determinada de naturaleza química. (38)

La importancia en cuanto al valor de HLB radica en varios aspectos de su comportamiento y propiedades como lo son el que la mayoría de los surfactantes son no iónicos y para éstos el valor de HLB indica el porcentaje en peso de la porción hidrofílica de la molécula. Los surfactantes lipofílicos presentan valores de HLB menores a 9 y tienden a ser solubles en aceite. Surfactantes con valores entre 9 y 11. presentan la misma afinidad por el agua y el aceite. Mediante una mezcla de surfactantes hidrofílicos y lipofílicos puede lograrse un amplio rango en cuanto a valores de HLB.

Dentro del HLB deseado para panificación y fórmulas congeladas éstas pueden estabilizarse mediante la evaluación de mezclas de diferentes porcentajes de surfactantes hidrofílicos y lipofílicos. Ya que el funcionamiento se ve afectado para la molécula total del surfactante y no solo por la parte lipofílica o hidrofílica, las formulaciones necesitan examinarse para observar los efectos del empleo de mezclas de diferentes surfactantes que den el mismo valor de HLB.

El valor de HLB nos proporciona un dato acerca de la estabilidad de la emulsión y varía dependiendo del par de surfactantes utilizados, ya que cada par de emulsificantes ocasiona diferente grado de estabilidad.

La estabilidad de emulsión óptima para emulsiones agua en aceite o viceversa se encontró en un rango de HLB de 3.5 a 12 respectivamente.

Boyd (27), concluye que el uso de valores teóricos calculados para HLB pueden dar resultados incorrectos, especialmente cuando se usan mezclas de emulsificantes, ya que algunas presentan una asociación molecular en la interfase aceite-agua.

En estos casos se considera el comportamiento mesomórfico de la mezcla emulsificante-agua. Sin embargo el aprovechamiento del HLB para la formulación de emulsiones tiene muchas limitaciones, desde el hecho inexplicable del por qué un emulsificante sencillo puede producir tanto una emulsión agua en aceite o aceite en agua, dependiendo de la temperatura y concentración del emulsificante.

El cálculo del valor de HLB se basa en la fórmula molecular del emulsificante, lo que causa ciertos problemas en el cálculo del HLB de ésta forma, desde que se producen agentes emulsificantes que no son totalmente puros, ya que casi siempre se encuentran compuestos por ésteres homólogos.

Los valores teóricos de HLB poseen aplicaciones limitadas en la industria de alimentos, debido a que la clasificación de emulsificantes en alimentos es muy estrecha y no toma en cuenta otras propiedades de los emulsificantes como las formaciones complejas con componentes de almidones o proteínas.(41)

TABLA IV

VALORES DE HLB DE ALGUNOS AGENTES EMULSIFICANTES

Emulsificante	HLB
Acido oleico	1.0
Mono y Diglicéridos (54-60% mono)	2.9
Mono y Diglicéridos (61-66% mono)	3.2
Monoestearato de propilenglicol	3.4
Mono y Diglicéridos (62-70% mono)	3.5
Monoestearato de sorbitan	4.6
Gelatina	9.8
Triestearato de polioxietileno de sorbitan	10.4
Metilcelulosa	10.5
Gomas acacia y Tragacanto	12.0
Monoestearato de polioxietileno de sorbitan	14.9
Monooleato de polioxietileno de sorbitan	18.0
Oleato de sodio	20.0

EMULSION

Se considera como la suspensión o dispersión de un líquido en otro, donde moléculas de dos líquidos son inmiscibles o mutuamente antagónicas.

Una emulsión se crea cuando un líquido inmiscible se dispersa en forma de pequeñas gotas en otro líquido inmiscible; para esto deben existir tres fases: 1) fase dispersa 2) fase continua 3) fase con moléculas afines a las dos primeras; la fase dispersa consiste en gotas suspendidas, la continua se refiere al medio de dispersión que generalmente es agua (si agua y aceite se mezclan estas se separan con una línea definida). Para mantener las gotas de un líquido suspendidas en otro en el cual es inmiscible, se requiere de la tercera fase o sustancia, donde sus moléculas sean afines a ambos líquidos con una afinidad parcial e igual. (47) A esta sustancia se le llama emulsificante y proviene de un grupo de compuestos llamados surfactantes (49). La mayoría de los emulsificantes utilizados en la industria alimenticia no son polímeros ni partículas sólidas, pero consisten en compuestos anfifílicos de peso molecular medio, como son los monoglicéridos, que debido a este carácter anfifílico se adsorben eficazmente en la interfase entre el aceite y el agua causando una pronunciada reducción de la tensión interfacial.

Un agente emulsificante posee una superficie activa que permite la presencia de la tensión interfacial y forma una barrera alrededor de cada gota hasta impedir su coalescencia es decir, la combinación de gotas pequeñas para formar gotas de mayor tamaño.

En emulsiones alimenticias, básicamente se tienen dos fases o sistemas uno lípido y otro acuoso.

La mayoría de las gotas dispersas en este tipo de emulsiones poseen diámetros entre 0.1 y 10 μm (50).

Como ya se ha mencionado, en las emulsiones dos líquidos inmiscibles se involucran (agua y aceite) y cualquiera puede ser la fase dispersa, dependiendo de cual se disperse se obtienen diferentes características físicas; si el agua se dispersa en aceite se obtendrá una emulsión del tipo agua en aceite, en caso contrario se tendrá una emulsión aceite en agua. Su mayor diferencia consiste en la apariencia y tacto presentada por la emulsión, ya que una emulsión aceite en agua posee una textura cremosa, mientras que la emulsión del tipo agua en aceite se siente grasa (58).

Para obtener emulsiones aceite en agua o agua en aceite se consideran varios factores, uno de los más importantes es el volumen relativo de ambas fases. Esto se basa en un argumento geométrico en función de la forma del sólido donde se ensamblan perfectamente esferas de un diámetro uniforme y forman un paquete donde se tiene la mayor densidad posible.

Las esferas ocupan el 74% del volumen total y el 26% restante corresponde a los intersticios entre éstas (61); así en una emulsión, todas las gotas de la fase dispersa están en contacto y la fase continua se encuentra en los intersticios. Con esto la emulsión no será estable debido a la tendencia de las gotas a la coalescencia, sin embargo la presencia de una concentración mayor de moléculas externas en la superficie de las gotas produce gran resistencia a la coalescencia.

Es importante mencionar que las sustancias capaces de estabilizar una emulsión generalmente son sólidos (que previenen la coalescencia) y rara vez estabilizan una emulsión por sí mismas por lo que solo sirven como emulsificantes auxiliares.

Con el objeto de explicar la acción estabilizante de los agentes de superficie activa debemos recordar que los ácidos grasos de cadena larga poseen un extremo hidrocarbonado, el cual es insoluble en agua y otro carboxílico el cual es soluble en agua.

Conociendo el extremo insoluble en agua, es decir el de carácter orgánico debe ser soluble en aceite. Por ejemplo si una emulsión aceite en agua se estabiliza con un jabón de sodio, el extremo hidrocarbonado será más compatible con la fase oleosa mientras que el residuo carboxílico se encontrará orientado a través de la interfase de la fase acuosa.

De esta forma un agente emulsificable formará una película protectora alrededor de las gotas y de acuerdo a la orientación de la adsorción es como se dará la capacidad de los materiales de superficie activa para estabilizar la emulsión (65).

El concepto de la orientación en la interfase no explica el porqué se forma determinado tipo de emulsión. Se ha dicho que depende de la fase en la cual el agente emulsificante tenga mayor solubilidad, pero otras teorías argumentan que en la estabilidad de una emulsión se presentan dos tensiones interfaciales, una de cada lado de la película monomolecular del emulsificante. Debido a que estas tensiones no son iguales se tiene una tendencia a que la interfase se curve y la fase continua necesariamente tomará una forma convexa alrededor de la interfase.

Un agente emulsificante posee una porción hidrofílica y una hidrofóbica y de acuerdo a la orientación y distribución que presenten será el efecto que causen dentro del alimento en cuestión; si una de estas porciones se encuentra en mayor balance molecular, se obtendrá determinado tipo de emulsión, con lo que puede predicirse el comportamiento de un agente emulsificante o mezcla de estos en ciertas aplicaciones.

Por medio del valor del balance hidrofílico-lipofílico que presenten, se tendrá determinada emulsión, con lo que se concluye que a un bajo valor de HLB el material presente será lipofílico, mientras que a un valor alto de HLB corresponderá a un material hidrofílico (67).

TABLA V

APLICACIONES DE DIFERENTES EMULSIONES RESPECTO A SU HLB

Tipo de emulsión	HLB	Aplicación
Agua en aceite	3 - 6	Crema emoliente
Aceite en agua	5 - 10	Vitaminas, aceite
Aceite en agua	7 - 15	Crema
Aceite en agua	8 - 12	Pulidor de autos
Aceite en agua	9 - 12	Aceites minerales
Aceite en agua	14 - 17	Antitranspirantes

Algunas características deseables para los emulsificantes son:

- 1) Capacidad para ser absorbidos rápidamente por la interfase.
- 2) Capacidad para reducir la tensión interfacial por debajo de 10 dinas/cm, siendo preferible 5 dinas/cm.
- 3) Posesión de un balance propio de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, para que de acuerdo al tipo de emulsión deseada pueda estabilizarse.
- 4) Capacidad para funcionar efectivamente a bajas concentraciones.
- 5) Capacidad para impartir un gran potencial electrocinético para dispersar el goteo.
- 6) Resistencia a cambios químicos.
- 7) Ausencia de olor, color y toxicidad.
- 8) Económico.

Dentro de los emulsificantes que poseen las características anteriores tenemos ciertos tipos como: ésteres de ácidos grasos

comestibles de origen animal o vegetal, alcoholes polivalentes como el glicerol, propilenglicol y sorbitol.

En la industria alimentaria existen ciertos ejemplos de emulsiones aceite en agua como mayonesa, aderezos para ensalada, helados y cremas, y como emulsiones agua en aceite tenemos mantequilla y margarina entre otros (63).

TENSION SUPERFICIAL

Como ya se dijo, un agente emulsificante posee una superficie activa que permite la tensión interfacial.

La superficie o interfase, se caracteriza por tener relación en la formación de las propiedades físicas y en la estabilidad de la dispersión del alimento.

Comunmente el enlace entre un líquido y un gas se designa como interfase, donde las moléculas de la misma pertenecen de modo distinto a las que se encuentran en la fase más voluminosa.

Desde que una molécula en el interior de esta fase pertenece a un líquido, es atraída igualmente en todas direcciones, así como otras moléculas que se encuentran presentes en el medio ambiente se verán atraídas de la misma forma. Generalmente las fuerzas de atracción se encuentran siempre balanceadas. Las moléculas en la interfase no están rodeadas completamente por otras moléculas del mismo tipo y estado físico y hasta ahora el punto principal consiste en atraer a cada molécula y dirigirla directamente al interior de la fase en la cual

se encuentran otras moléculas.

La atracción interna tiende a reducir el número de moléculas de la interfase y como resultado el área interfacial se reduce al mínimo (67).

La fuerza que causa una reducción en el área interfacial se refiere a la tensión interfacial que junto con la tensión superficial se expresan en dinas/cm a una temperatura, presión y concentración constante.

Las atracciones intermoleculares que son las responsables de estas tensiones involucran a los puentes de hidrógeno y a las fuerzas de dispersión. Con componentes polares como el agua, estas fuerzas son importantes ya que actúan en líquidos no polares como lo son los triglicéridos.

Uno de los métodos más comunes para medir tensiones en líquidos involucra el uso de un tensiómetro que consiste en anillos de platino suspendidos por un haz de luz. La energía requerida para mover los anillos de la interfase puede ser medida directamente, donde la energía aplicada (F) es aproximadamente igual a la que se utiliza para jalar hacia abajo y se expresa como $4\pi r$. Para obtener la verdadera tensión valuada, se toma en cuenta un factor de corrección (fc) con un rango de 0.75 a 1.45. De esta forma la tensión interfacial puede calcularse por la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{fc F}{4\pi r}$$

donde r = radio del anillo y π = tensión interfacial.

Tensión superficial e interfacial de líquidos purificados

El agua y los triglicéridos comestibles, son los líquidos más importantes en los alimentos y poseen marcadas diferencias

ESTABILIZADOR DE EMULSION

Estabilizador, es aquella sustancia que forma geles con la parte acuosa de la emulsión, ocasionando una mejora en cuanto a cuerpo y textura del alimento.

Dentro de estos tenemos gomas, almidones, dextrinas y derivados de proteínas; todos estabilizan y espesan los alimentos al combinarse con el agua para añadir viscosidad y por lo tanto formar geles.

Los estabilizadores más usados son gomas como la gelatina, agar, karaya, pectina, carboximetilcelulosa (CMC), goma arábiga amilosa.

Todos, además de proporcionar las características antes mencionadas dan un producto más seco, que no se derrite tan rápidamente ni pierde agua. Los estabilizadores, al ligar agua ayudan también a prevenir la formación de grandes cristales de hielo durante la congelación, lo cual daría al producto una textura más áspera (56).

Los agentes estabilizadores pueden clasificarse de la siguiente manera:

- 1) Emulsificantes orientados a la interfase aceite-agua.
- 2) Emulsificantes finamente divididos en partículas que se absorben en la interfase.
- 3) Emulsificantes donde el agua se encuentra dispersa en hidrocoloides que incrementan la viscosidad de la fase continua.

Cuando estas tres clases se usan en combinación la función estabilizadora se lleva a cabo.

Se ha visto que una pronunciada reducción de la energía superficial afecta la estabilidad de las emulsiones por lo que se facilita el proceso de emulsificación; mientras que una reducción en la tensión superficial no es de gran importancia.

Cerca del 90% de la energía requerida para el proceso de emulsificación se disipa en contra de la viscosidad.

Así mismo la estabilidad de una emulsión está determinada por efectos estructurales específicos de las moléculas adsorbidas en la interfase.

FUNCION Y CLASIFICACION DE EMULSIFICANTES Y ESTABILIZADORES

Los emulsificantes generalmente se elaboran para una aplicación específica. Estos pertenecen a esa clase de materiales caracterizados por tener naturaleza anfifílica.

Un emulsificante ayuda en la formación de una emulsión debido a que: 1) decrece la tensión interfacial de un líquido más que del otro y 2) que previene la coalescencia de las gotas en el otro líquido. El líquido con menor tensión interfacial se esparce más y mejor en la fase continua y al mismo tiempo, las moléculas del emulsificante deben unirse a la mezcla aceite-agua en la interfase, para prevenir la coalescencia de la fase dispersa.

Una parte de la molécula del emulsificante debe tener una combinación de átomos, los cuales tengan afinidad para disolverse en aceite, es decir, que sean no polares ya que la otra parte de la molécula debe ser polar para poder unirse al agua (77).

Dentro de las funciones de los emulsificantes tenemos:

- 1) Reducir la tensión superficial en la interfase aceite-agua lo cual promueve la formación de la fase de equilibrio que estabiliza la emulsión.
- 2) Interaccionar con almidones y componentes proteínados en alimentos, los cuales modifican la textura y propiedades

reológicas.

3) Modificar la cristalización de aceites y grasas.

Dentro de las funciones de los estabilizadores tenemos:

- 1) Modificar la textura y viscosidad.
- 2) Ligar agua.
- 3) Formar geles.

Las emulsiones pueden ser estabilizadas durante ciertos procesos como el cremado, la floculación y coalescencia, incrementando la viscosidad de la fase continua, así como adicionando cargas eléctricas a la superficie de la gota mediante la introducción de una película interfacial alrededor de cada gota.

Las emulsiones pueden clasificarse de acuerdo al tamaño de partícula que presenten.

TABLA VII

Tipo	Sistemas de dispersión	
	Fase interna	Fase externa
Emulsión	Líquido	Líquido
Espuma	Gas	Líquido
Aerosol	Líquido o sólido	Gas
Suspensión	Sólido	Líquido

Nota: una dispersión o fase interna o discontinua, es aquel líquido que se divide en glóbulos, mientras que el líquido que lo rodea se conoce como fase externa o continua.

TABLA VIII

CLASIFICACION DE EMULSIFICANTES POR ESTADO FISICO

Anhidro	{ Cristales polimórficos Mezcla de cristales Solución en aceite
Acuoso	{ Solución molecular Solución micelar Fase líquido cristalina Fase gel Fase coagel (cristales+agua)
Lipoproteína	{ Soluble Insoluble
Película superficial entre aire-aceite-agua-sólido	{ Lipoproteína Otros complejos Fase líquido cristalina
Complejos macromoleculares	

Cada tipo de emulsificante se empleará de acuerdo al tipo de alimento que se desee emulsificar y conforme a las características deseadas en cada caso.

MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA DIFERENTES TIPOS DE EMULSION

Cuando un líquido inmisible se dispersa en pequeñas gotas (fase dispersa) en otro líquido inmisible (fase continua) por agitación mecánica se crea una emulsión.

Una emulsión simple como la antes descrita, generalmente es inestable y si permanece por corto tiempo, las gotas dispersas tienden a subir y por la coalescencia existente se forma una capa flotante o bien se asienta; la coalescencia puede formar una capa sedimentada que depende de la densidad de las dos fases. La estabilidad de la emulsión se logra por la adición de un agente emulsificante a una de las fases, antes que ésta se forme.

Las emulsiones aceite en agua consisten en gotas lípidas dispersas en agua y las emulsiones agua en aceite en gotas de agua dispersas en una fase continua de aceite, por lo que se hace de suma importancia conocer el tipo de emulsión presente en un alimento, por esto se han implementado varios métodos de identificación que poseen fundamentos diferentes.

I) METODO CONDUCTIVO: se lleva a cabo mediante dos electrodos que se introducen en la emulsión. Las corrientes de flujo en el sistema se detectan con un amperímetro y de acuerdo a la corriente eléctrica registrada se detecta si la emulsión es del tipo agua en aceite o viceversa.

Fundamento: se basa en la diferencia en el flujo de corriente de acuerdo a la densidad de la fase continua.

II) METODO DEL COLORANTE: se basa en la habilidad de un colorante para disolverse en la fase continua. Una pequeña cantidad de un colorante fuerte se mezcla dentro de la emulsión y si la emulsión es del tipo aceite en agua, los colores son uniformes; si el colorante es soluble en agua y se encuentra como partículas no diluidas en la siguiente fase, la emulsión es del tipo agua en aceite.

Fundamento: se basa en la capacidad del colorante para disolverse en la fase continua, la cual se examina con un microscopio donde se registra cualquier disolución del colorante.

III) METODO DE DILUCCION: la dilución en una emulsión puede ser empleada para estimar el tipo de emulsión; si una gota de agua se mezcla con algunas gotas de la emulsión y sus características no cambian se trata de una emulsión aceite en agua; si la emulsión es del tipo agua en aceite el agua será inmiscible con la fase siguiente.

Fundamento: se basa en el cambio de las características originales de la fase continua.

IV) METODO FLUORESCENTE: al someter aceites fluorescentes bajo luz ultravioleta se forma un campo uniforme si la emulsión es agua en aceite; de ser una emulsión aceite en agua el campo no es uniforme.

Fundamento: se basa en la uniformidad de la fluorescencia de la fase continua.

La importancia de estos métodos y sus aplicaciones se enfoca a la aceptación de las emulsiones alimenticias, lo que depende de la apariencia (color, opacidad), las características de la textura (viscosidad, plasticidad, untuosidad) y el sabor.

Si se conoce el tipo de emulsión del alimento, pueden aprovecharse ciertas características de éstas con el propósito de obtener los atributos anteriores de la mejor manera. De aquí podemos tomar en cuenta características como:

- 1) Sabores y sustancias colorantes solubles en aceite o vitaminas, pueden incorporarse como componentes de la fase oleosa dispersa en una emulsión aceite en agua (62).
- 2) La opacidad de un fluido puede crearse por gotas dispersas con un rango de diámetro de 0.50 a 1 μ en la fase continua.
- 3) Un alto grado de plasticidad se obtiene elevando la concentración de la fase dispersa de un líquido cerca de un 60% o más (ejemplo: mayonesa).
- 4) Cierta cantidad de aceite puede introducirse en un sistema sin la necesidad de impartir una sensación oleosa.

PROPIEDADES DE LOS EMULSIFICANTES

I) TAMAÑO DE DISTRIBUCION DE LA GOTA: en la mayoría de los alimentos, en una emulsión esta medida es gaussiana. La extensión de la misma depende del tipo y concentración del agente emulsificante, del tratamiento mecánico, como el molino coloidal u homogenización y del tiempo de almacenamiento.

La mayoría de las gotas en una emulsión tienen un diámetro de $0.25 \mu\text{m}$ y las más grandes llegan a medir $50 \mu\text{m}$. La medida o tamaño de distribución de la gota puede ser determinada midiendo el diámetro de 500 a 2000 gotas bajo un microscopio.

Otros métodos de distribución involucran sedimentación, centrifugación o flotación en determinado grado de densidad o bien en el paso de gotas a través de orificios de determinado tamaño (84).

II) PROPIEDADES OPTICAS: la opacidad en una emulsión está determinada por el tamaño de distribución de la gota, la concentración de éstas y por las diferencias entre el índice de refracción de ambas fases cuando son las mismas, así como si el diámetro de las gotas es de $0.05 \mu\text{m}$ o menos. La opacidad de una emulsión aumenta cuando la medidas promedio de las gotas aumenta de 0.05 a $1 \mu\text{m}$.

III) PROPIEDADES REOLOGICAS: A) Viscosidad de la fase continua.-- esto es un factor importante en la conducta reológica de una emulsión. La siguiente ecuación expresa una proporción directa entre la viscosidad de la fase continua y la viscosidad aparente de la emulsión: $n = n_0 X$ donde n =viscosidad aparente, n_0 =viscosidad de la fase continua y X =factor que representa la suma de todas las propiedades que influyen la viscosidad de la emulsión. En muchas emulsiones se agregan gomas a la fase continua para realzar la estabilidad e incrementar la viscosidad de la interfase con el fin de formar una película hidratada por el incremento en la viscosidad de las fases continuas.

B) Viscosidad de la fase dispersa.- es significativa sólo cuando se maneja como esferas rígidas y su influencia en la viscosidad generalmente es pequeña.

C) Concentración de la fase dispersa.- la viscosidad aparente de una emulsión, generalmente es similar a la de la fase continúa y ésta constituye la mayor porción de la emulsión. Sin embargo cuando la fase dispersa incrementa su volumen respecto a la fase continúa, la viscosidad aparente de la emulsión aumenta, es decir, como las gotas crecen en número y ocupan un volumen mayor, el contacto entre ellas es mayor y causan una elevación en la viscosidad. Solo el 74% del volumen total de una emulsión puede ser ocupada por la fase dispersa siempre y cuando las gotas sean esféricas, uniformes en su talla y no distorsionadas por la presión. Cuando la fase de dispersión excede al 74% las gotas se distorsionan por lo que la emulsión posee un alto grado de plasticidad (52).

D) Películas interfaciales y agentes emulsificantes.- cuando un agente emulsificante se agrega a una de las fases de la emulsión, se forma una fuerte película interfacial de moléculas orientadas alrededor de cada gota durante la emulsificación. La química natural y la concentración de agentes emulsificantes tienen una gran influencia en la viscosidad aparente de la emulsión. Una alta viscosidad generalmente resulta de tener una gran cantidad de emulsificantes; lo cual se aprovecha para realizar la absorción de algunos tipos de moléculas.

ANTECEDENTES

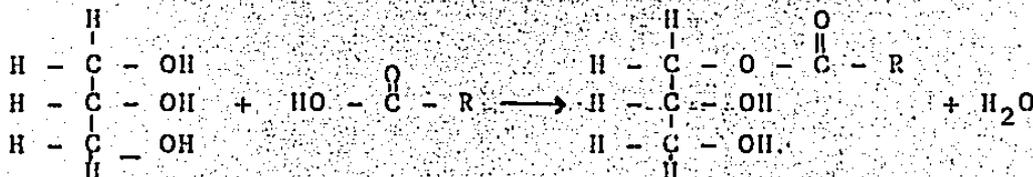
MONOGLICERIDOS

MATERIAS PRIMAS DE LAS QUE PROVIENEN

Los monoglicéridos se han considerado como emulsificantes que consisten en ácidos grasos químicamente combinados con una molécula de glicerol. La materia prima básica de los monoglicéridos es la manteca y los aceites vegetales como el de algodón (normalmente hidrogenado). Esto resulta de una mezcla de ácidos grasos combinados al azar con el glicerol.

Para obtener monoglicéridos de composición específica se utilizan mezclas especiales de ácidos grasos purificados; los que más prevalecen son el linoleico, mirístico, oleico, palmítico y esteárico.

Como glicéridos se conoce a los ésteres de ácidos grasos y un alcohol polihídrico como lo es el glicerol, por lo que un ácido graso unido a una molécula de glicerol nos dará un monoglicérido:



Glicerol Acido graso* Monoglicérido

* Este ácido graso es el que se considera como la materia prima importante de la cual provienen los monoglicéridos.

Se han encontrado tres teorías en cuanto a la distribución que pueden presentar los ácidos grasos: 1) Distribución simple.- un sólo tipo de ácidos grasos. 2) Distribución uniforme.- 33%

de ácido graso de cada tipo. 3) Distribución al azar.- en la que los ácidos grasos son iguales en las posiciones 1 y 3 y diferentes en la posición 2.

No existe una teoría que explique satisfactoriamente la distribución de los ácidos grasos en los glicéridos, sin embargo se tienen tendencias generales dependiendo de la procedencia del ácido :

PLANTAS { 1 y 3: ácidos grasos saturados de cadena larga.
2: ácidos grasos insaturados.

ANIMALES { 1: ácidos grasos saturados.
2: ácidos grasos insaturados o de cadena corta.
3: ácidos grasos de cadenas largas.

Los monoglicéridos rara vez se encuentran en las grasas naturales, excepto como producto de la hidrólisis parcial de triglicéridos.

La composición glicérida de las grasas naturales tienden a seguir la regla de distribución al azar, mientras que algunas grasas tienden a seguir un patrón de distribución estadístico, donde los ácidos grasos se distribuyen entre los glicéridos como si no hubiera influencia directa y se organizan por ellos mismos.

NOMENCLATURA

Como ya se dijo los monoglicéridos se forman por la reacción de un ácido graso con glicerol. Si los radicales de la molécula de grasa son ácidos grasos semejantes se denomina al éster como glicérido simple, pero si son diferentes se denomina como glicérido mixto. Los tres posibles lugares donde puede haber

radicales de ácidos grasos se denominan como alfa, beta y gamma o bien como 1,2,3.

Cuando se tienen ácidos grasos semejantes en las posiciones alfa y gamma el glicérido se denomina simétrico, por el contrario si los ácidos grasos difieren el glicérido será asimétrico.

Debido a que los monoglicéridos son productos de una esterificación pueden nombrarse como ésteres, es decir, se designan por los nombres del alcohol y del ácido del cual derivan cambiando la terminación ico del ácido por el sufijo ato y enunciando después el grupo alquílico (B2).

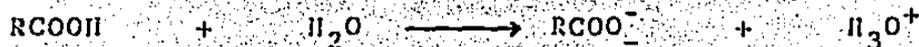
Los ácidos grasos poseen como grupo funcional al grupo carboxílico que puede estar unido a un grupo alquilo (RCOOH) o bien a un arilo (ArCOOH) y ya sea un grupo aromático o alifático, saturado o no, las propiedades del ácido carboxílico serán esencialmente las mismas.

Los ácidos carboxílicos son moléculas polares y como los alcoholes pueden formar puentes de hidrógeno entre sí y con otros tipos de moléculas, así estos se comportan en forma semejante a los alcoholes en cuanto a su solubilidad.

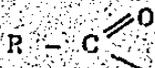
La solubilidad en agua se debe a los puentes de hidrógeno entre el ácido carboxílico y el agua por lo que los ácidos son solubles en solventes menos polares como éter, benceno, etc. Sus puntos de ebullición son más altos respecto al alcohol correspondiente debido a que un par de moléculas del ácido se mantienen unidas por dos puentes de hidrógeno:



El comportamiento químico característico de estos ácidos se determina por el grupo funcional COOH y la propiedad más característica es su acidez, es decir, su tendencia a entregar un protón:



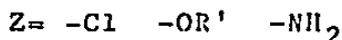
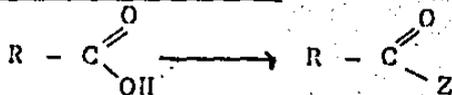
El grupo hidroxilo de estos ácidos puede ser remplazado por varios grupos para generar compuestos como los ésteres (OR') y a estas sustancias se les llama "derivados funcionales" los cuales contienen un grupo acilo y se reconvierten con facilidad en el ácido por hidrólisis;



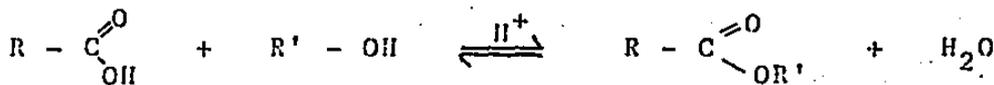
Aquí el hidroxilo es el que sufre casi todas las reacciones (pérdida de H⁺ o remplazo por otro grupo) pero lo hace de un modo solamente posible por el efecto del C = O.

Entre las reacciones que estos ácidos presentan se encuentran: la formación de sales, la conversión en derivados funcionales, conversión en ésteres y amidas y reducción. (En este trabajo se ejemplifican únicamente los derivados funcionales y la conversión en ésteres).

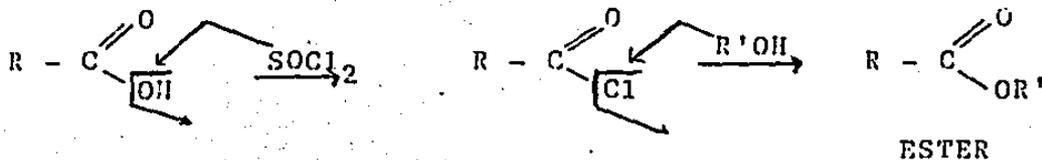
CONVERSION EN DERIVADOS FUNCIONALES:



CONVERSION EN ESTERES:



Reactividad de R'OH 1^o > 2^o > 3^o.



ESTER

CLASIFICACION

Se ha visto que los monoglicéridos pueden clasificarse de acuerdo al ácido graso del cual provienen. Por otro lado también se clasifican respecto al aspecto físico que presentan por lo que pueden ser:

- 1) Hojuelas (serosas)
- 2) Granulos o bloques
- 3) Polvo fino

La presentación en cuanto a forma, tiene las mismas características en contenido de humedad, ya que se fabrican de la misma manera cambiando unicamente la forma de presentación.

Otra clasificación usada es de acuerdo al tipo químico de los mismos y se clasifican junto con los agentes de superficie activa.

Tipo Químico.- aquí se encuentran los del tipo iónico y no iónico; los primeros pueden dividirse en aniónicos y catiónicos dependiendo del grupo iónico activo.

Los no iónicos son completamente covalentes y no muestran tendencia a ionizarse, pero pueden combinarse con agentes no iónicos diferentes y con cualquier aniónico y catiónico (éstos tienden a reaccionar con cada uno y su efecto se nulifica, es por esto que los más usados son los no iónicos combinados con uno sólo de éstos). Los no iónicos son más inmunes a la acción de los electrolitos que los aniónicos.

De acuerdo al tipo químico y dentro de alimentos pueden ser naturales y sintéticos, de tipo iónico y no iónico:

NATURALES:

Ionicos	{ Fosfato inositol. Fosfolípidos. Sales biliares
No iónicos	{ Colesterol. Saponina.

SINTETICOS:

Iónicos

Jabones.
Dioctil sulfosuccinato de sodio.

No iónicos

Monoésteres del propilenglicol.
Monoésteres del glicerol.
Esteres de sorbitan.
Esteres de sucrosa.
Esteres de poliglicerol.

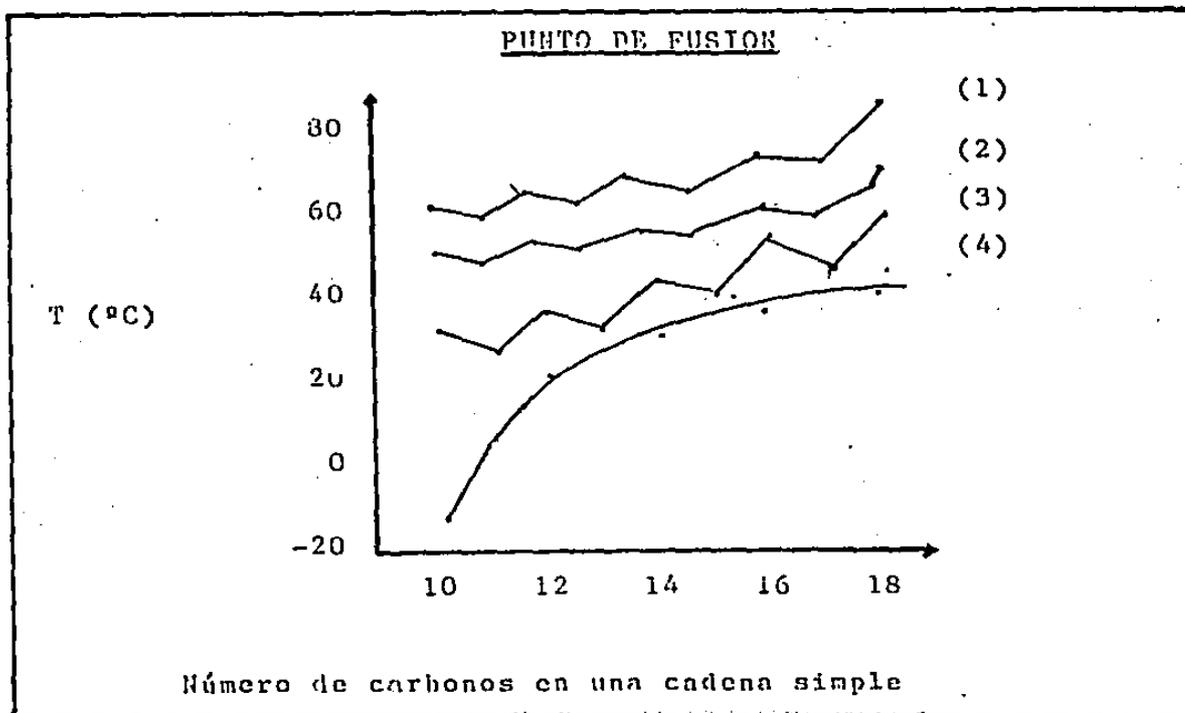
Nota: Los no iónicos tanto naturales como sintéticos pueden ser: 1) autodispersables y 2) no autodispersables.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

En las propiedades físicas que presentan los monoglicéridos vemos que el punto de fusión se relaciona con la serie de ácidos grasos.

Se han establecido tres formas polimórficas llamadas α , β , β' en orden de incremento en cuanto al punto de fusión, (la α se considera como la forma estable). En la siguiente gráfica se muestra con una línea recta al de menor punto de fusión, es decir, la forma α llamada "vítrea", y las formas estables para el 1-monoglicérido y el 1,3-diglicérido.

GRAFICA 1



- 1) 1-monoglicérido
- 2) 1,3-diglicérido
- 3) β -triglicérido
- 4) α -triglicérido

TABLA IX

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE MONOGLICERIDOS DESTILADOS (55)				
1-monoglicérido	Min. 90%	Min. 90%	Min. 90%	Min. 90%
I. Saponificación *	160-165 mg	155-160 mg	160-165 mg	155-160 mg
Acidos grasos libres	Max. 1%	Max. 1%	Max. 1%	Max. 1%
Glicerol libre	Max. 1%	Max. 1%	Max. 1%	Max. 1%
I. Iodo *	Max. 1%	Máx. 2%	40 gr	100 gr
Punto de ebullición	70°C	72°C	56°C	40°C
Base grasa	Manteca Hidrogenada	Aceite de soya hidrogenado	Manteca	Aceite de girasol

* Indice de saponificación: mg de KOH para saponificar 1 gr de grasa.

* Indice de iodo: gr de iodo (I₂) absorbidos por 100 gr de sustancia (grasa).

ESTABILIDAD

Tomando en cuenta que los monoglicéridos son productos derivados de las grasas, se toman como parámetros de oxidación y rancidez los mismos que para las grasas; así tenemos varios factores que pudieran afectar a los mismos (69).

Oxidación: la oxidación de las grasas es un punto importante en cuanto a estabilidad de monoglicéridos se refiere.

La oxidación comienza con la formación de radicales libres; para esto se requiere energía que se libera mediante calor, radiación o trazas de metales (Fe y Cu).

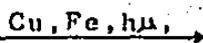
La oxidación consta de tres fases; en la fase de propagación el radical libre (R^{\bullet}) toma una molécula de oxígeno (O_2) y forma un radical peróxido (ROO), que reacciona con moléculas RH que pueden ser de un ácido graso y reaccionar formando un peróxido ($ROOH$) y un radical libre (R^{\bullet}) que puede reaccionar con otras moléculas de oxígeno.

Teóricamente la reacción prosigue hasta que se termine el oxígeno, pero se tienen factores limitantes como la disponibilidad de oxígeno, pues si el oxígeno se tiene en un aceite, éste debe transportarse por difusión a través de la molécula con lo que el proceso se hará más lento. En el caso de grasas sólidas como la manteca puede determinarse la velocidad de difusión del oxígeno, es decir, que la parte superior puede estar completamente rancia, mientras que la parte interior no.

Como fase final, se tiene la capacidad de los radicales de formar moléculas inactivas.

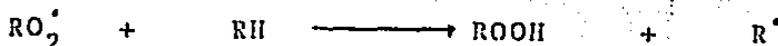
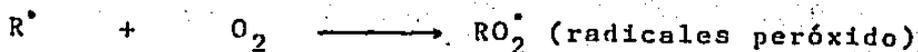
MECANISMO DE OXIDACION:

1) Iniciación
Iniciador

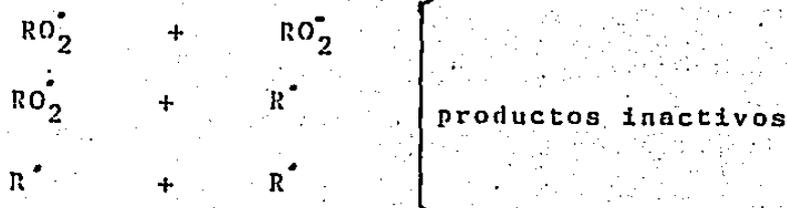


R^{\bullet} (radicales libres)

2) Propagación



3) Terminación



Como medidas preventivas para evitar la oxidación de productos grasos están:

- 1) Bajas temperaturas.
- 2) Evitar la luz excesiva.
- 3) Disminución de trazas de metales (durante la elaboración).
- 4) Menor disponibilidad de oxígeno.

Otro punto importante en cuanto a estabilidad de monoglicéridos se refiere, es la temperatura a la que se someten una vez que se tienen como producto terminado. Estos pueden derretirse o apelmazarse paulatinamente a través de una escala de temperatura, fuera de ésto los monoglicéridos poseen gran estabilidad y en consecuencia una mayor vida de anaquel aproximada de un año, si se toman en cuenta condiciones como: 1) temperatura 2) condiciones atmosféricas 3) condiciones ambientales.

Referente a la temperatura se establece que no debe ser mayor de 30 o 35°C ya que pueden compactarse y perder su presentación inicial, lo que afectaría sus propiedades químicas y la facilidad de uso de los mismos.

Hablando de condiciones atmosféricas, debe tomarse en cuenta que estos productos no deben almacenarse en atmósferas ácidas u oxidantes.

Dentro de las condiciones ambientales debe considerarse el almacenamiento, ya que los rayos solares afectan al producto si caen directamente sobre él.

En cuanto a la estabilidad de los monoglicéridos la pureza de los mismos es importante ya que si se encuentran contaminados con otros productos, como impurezas, el punto de fusión de los mismos será menor y su estabilidad en cuanto a temperatura se afectará.

La presentación más usada de éstos productos es en forma de hojuelas y polvo por ser bastante estables.

Todos los factores anteriores afectan primeramente las propiedades físicas y posteriormente las químicas, pero si estas se controlan, la vida de anaquel del producto y por lo tanto su estabilidad pueden garantizarse por un año (83).

CAPITULO I

FABRICACION Y ELABORACION

FUENTE DE TRIGLICERIDO

Los monoglicéridos pueden prepararse mediante la glicerólisis de las grasas. Generalmente se parte de grasas o aceites refinados de glicerina disuelta en presencia de un catalizador alcalino como hidróxido de sodio o calcio, los cuales se someten a un tratamiento térmico entre 180 y 250°C y se agitan durante la esterificación de la glicerina que se produce durante el paso de los ácidos grasos a triglicéridos.

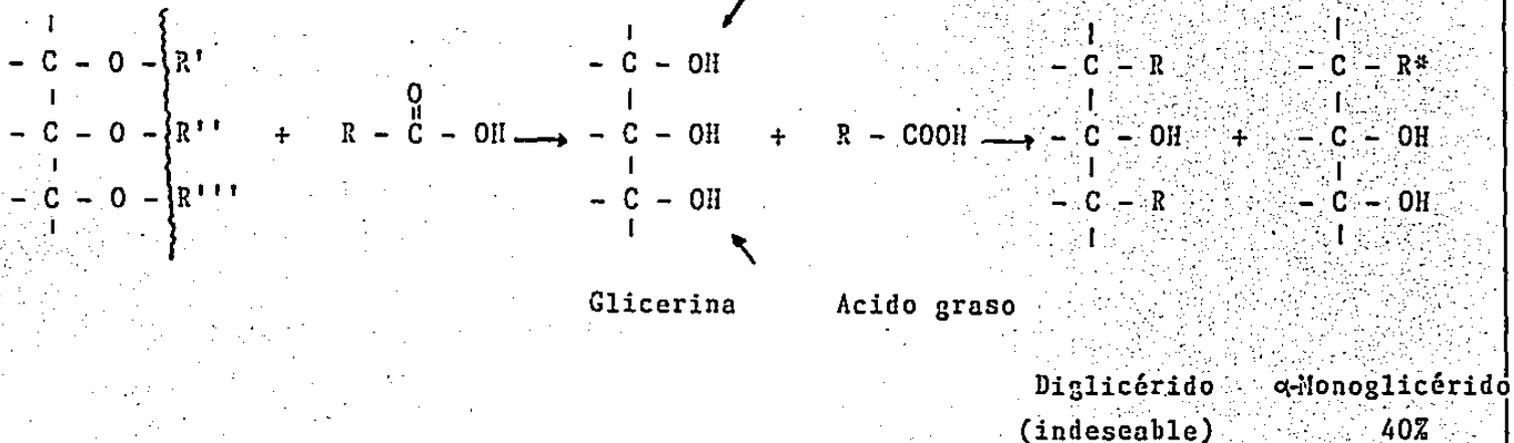
Algunas composiciones contienen mono y diglicéridos por lo que estas mezclas deben someterse a un blanqueado con el propósito de eliminar compuestos coloreados que son indeseables. Esto se logra tratando la mezcla con ácido fosfórico (H_3PO_4) y un filtro de arcilla.

Normalmente, cerca del 90% de los monoglicéridos se encuentran en su forma (es decir, que el ingrediente activo del emulsificante se encuentra en un carbono primario).

Los productos de glicéridos parciales contienen un 45% de monoglicéridos, 40% de diglicéridos y 10% de triglicéridos pero mediante una destilación molecular pueden obtenerse el 90% de monoglicéridos en esta mezcla. Este es el único método para la separación por calor de materiales de alto peso molecular y baja volatilidad, debido a que la descomposición térmica se evita o reduce al mínimo; así se obtienen monoglicéridos concentrados o sea que contienen más del 90% del monoéster.

Por esterificación directa de cantidades equimoleculares de ácidos grasos y glicerol, a 250°C durante dos o tres horas, en presencia de un catalizador (un ácido, una base o un óxido metálico), se forma una mezcla de mono y diglicéridos con cantidades menores de glicerol y ácidos grasos.

SINTESIS QUIMICA



(40)

* ingrediente activo

A mayor proporción de monoglicéridos obtenidos, se tiene una mejor producción. Si éstos -monoglicéridos se tratan con sodio se obtendrán monoglicéridos auto-emulsificables (83).

REACCIONES

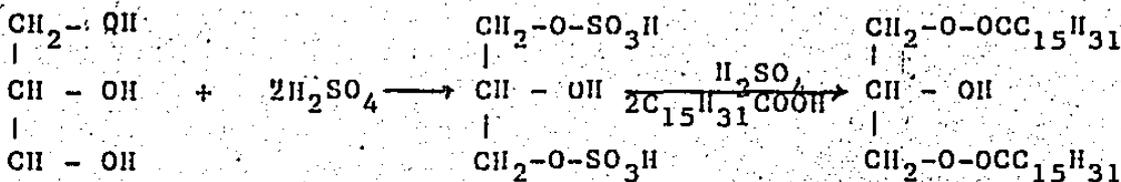
Los ésteres parciales de ácidos grasos, son el grupo de surfactantes más usados comercialmente. Una esterificación directa del glicerol con ácidos grasos nos proporciona una mezcla de mono, di y triglicéridos dependiendo de la proporción de los reactivos, la temperatura, el tiempo y los catalizadores.

Desde que se empezaron a elaborar estos productos en 1853 se ha usado glicerol en partes iguales junto con un ácido graso lo cual se calienta aproximadamente a 200°C. El calentamiento por largos periodos proporciona diglicéridos predominantemente, siendo que estos se obtienen mediante la esterificación de los monoglicéridos (78).

Una esterificación directa consiste en la formación de una mezcla de partes iguales de mono y diglicéridos, junto con cantidades menores de glicerol, ácidos grasos libres, agua y triglicéridos todo esto calentado con cantidades equimoleculares de ácido esteárico y glicerol a 250°C durante dos hora y media o tres.

Cuando se utiliza más glicerol del normalmente empleado se obtienen una gran proporción de ésteres parciales, donde el exceso de glicerol se remueve después de la reacción por sedimentación y se lava con agua. Si se utiliza una reacción que contenga glicéridos parciales y glicerol se obtiene como producto de la esterificación del glicerol con ácidos grasos un producto con 80% de monoglicéridos.

Como catalizadores en la esterificación podemos tener ácidos bases, metales y óxidos metálicos; si se utiliza un catalizador ácido en la reacción de esterificación del glicerol, se tiene como producto intermedio un diglicerol (con H_2SO_4) seguido de la reacción con el ácido graso a 70°C (78):



Se ha visto que la inmiscibilidad del glicerol con los ácidos grasos, y la miscibilidad de los mono, di y triglicéridos con los productos iniciales, afectan el curso de la esterificación. En estudios de reacción de 20 partes de glicerol y una de ácido láurico en presencia de CO_2 se encontraron dos capas formadas a 260°C , pero a 280°C se vió que se podía obtener una solución homogénea. Los ésteres parciales se preparan mejor a altas temperaturas con lo que aumenta la miscibilidad, mientras que a bajas temperaturas se favorece la formación de triglicéridos.

También se ha comprobado que el uso de solventes como el fenol o el dioxano, que disuelven al glicerol y a los ácidos grasos favorecen la formación de monoglicéridos en mayores proporciones.

Otra forma de obtener monoglicéridos es mediante la alcoholisis de ésteres grasos de bajo peso molecular con alcoholes monohídricos y glicerol.

El método industrial más importante para la preparación de glicéridos parciales es la alcoholisis de grasas con glicerol. Durante esta reacción no ocurren pérdidas de peso ya que los grupos acil grasos se redistribuyen entre el glicerol de la grasa y el glicerol libre. El glicerol y la grasa se calientan entre 180 y 250°C en presencia de un catalizador alcalino que puede ser hidróxido de sodio, glicerato de sodio, carbonato de potasio y fosfato trisódico.

Dentro de los catalizadores conocidos como óxidos metálicos tenemos, óxido de calcio, de magnesio, de zinc y aluminio. Excepto, cuando se lleva a cabo un proceso especial, los productos que se obtienen son una mezcla de mono, di y triglicéridos. A 180°C en presencia del 0.1% de NaOH, la reacción de aceite de coco con un 25% de glicerol, durante 6 horas, nos proporciona un producto compuesto de 45.2% de monoglicéridos, 44.1% de diglicéridos y 10.7% de triglicéridos.

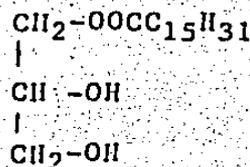
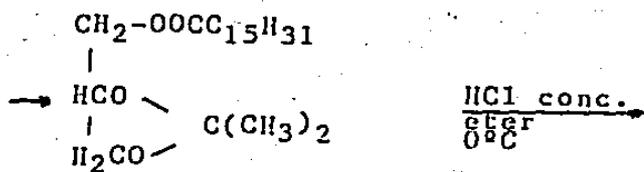
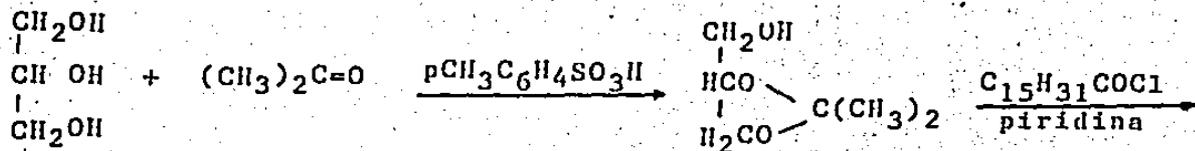
Para obtener un producto que contenga 77% de monoglicéridos se hacen reaccionar en cantidades iguales en peso aceite hidrogenado de soya y glicerol, en piridina en presencia de metilato de sodio durante 5 minutos a 80°C.

Si se desean productos con más del 90% de monoglicéridos estos deben separarse por destilación molecular de monoglicéridos comerciales.

En la preparación de monoglicéridos, la temperatura de la mezcla de reacción debe ser abatida rápidamente, minimizando así la desproporción causada por la adición de más glicerol y la reducción de la presión del reflujo con la subsecuente destilación del exceso de glicerol.

En el caso de los monoglicéridos, la composición de equilibrio consiste aproximadamente del 90% de 1-monoglicérido y 10% de 2-monoglicérido.

Los monoglicéridos esterificados en la posición 1, se obtienen mediante un bloqueador inicial del glicerol con la formación de un acetal en las posiciones 1 y 2. Estos bloqueadores tienen gran valor en la síntesis de monoglicéridos y pueden ser la benzilidina y la hexadecilidina. El grupo hidróxido libre reacciona con HCl para formar el éster bloqueado, del cual, mediante una hidrólisis ácida se obtiene el 1-monoglicérido (78).



1-monoglicérido

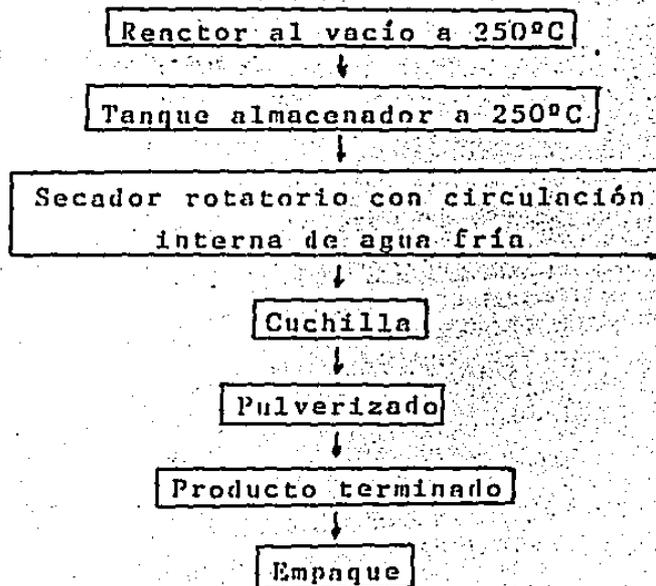
Se ha observado en los monoglicéridos que el grupo hidroxilo primario se esterifica con mayor facilidad que el secundario. A 200°C se favorece la esterificación del primario dos o tres veces respecto al secundario; a 100°C cuatro o cinco y a temperatura ambiente entre seis y diez veces. De ésta forma se hace evidente que los monoglicéridos se preparan a altas temperaturas.

EQUIPO Y DIAGRAMA DE BLOQUES

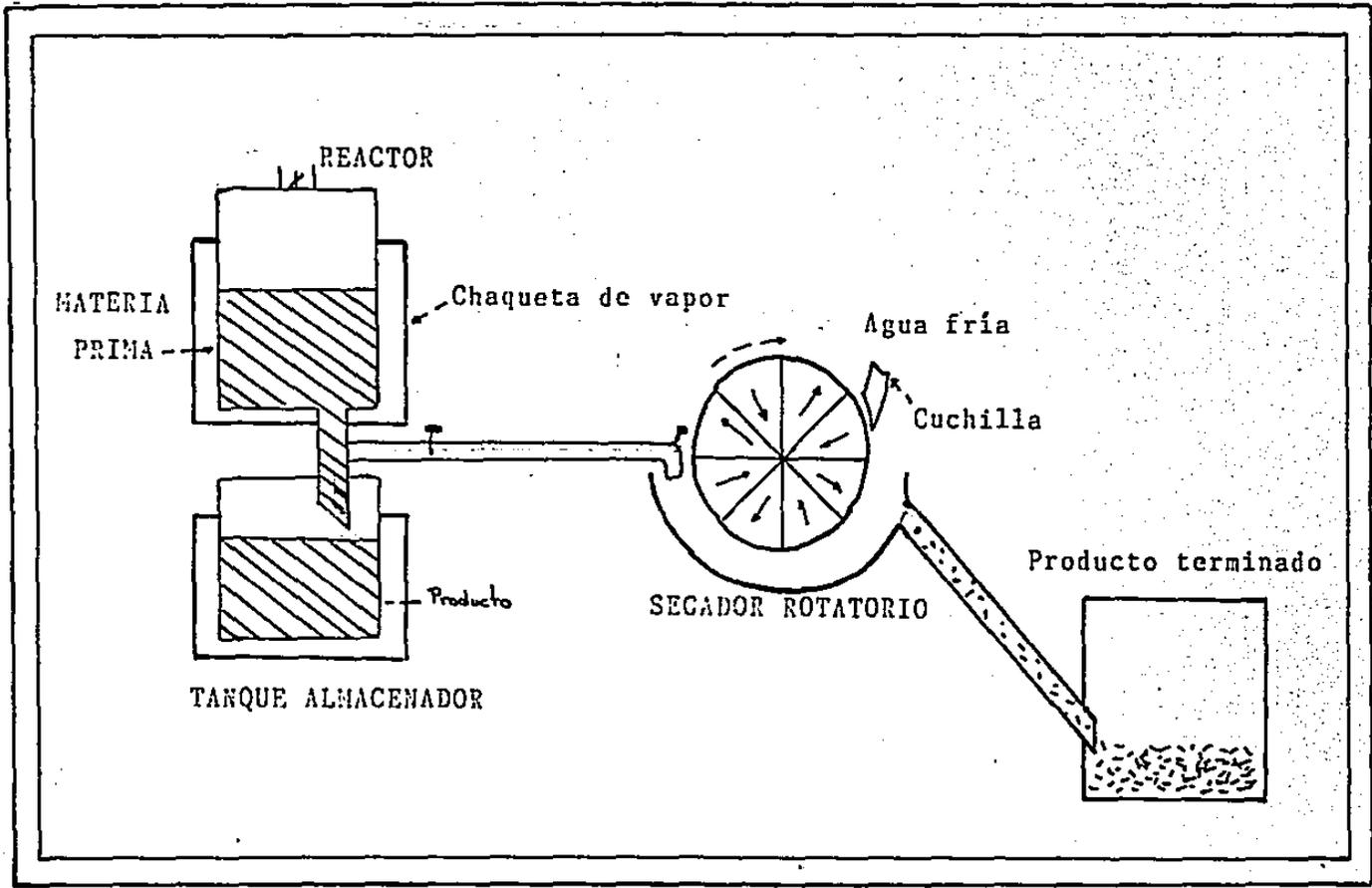
Para la fabricación de monoglicéridos comerciales se utiliza un reactor al vacío de acero inoxidable con chaqueta de vapor, en donde la materia prima está a 250°C aproximadamente; la temperatura se alcanza por diferencia de temperatura con aceite o por fuego directo. De aquí se pasa a un tanque almacenador también con chaqueta de vapor (puede ser opcional, únicamente se utiliza para tener un proceso continuo).

El siguiente paso es un secador rotatorio con un sistema de enfriamiento de circulación interna de agua fría (10 a 15°C); aquí el producto se tiene en estado líquido aunque con apariencia mantecosa. En un extremo del secador está una cuchilla para despegar el producto y obtenerlo en forma de escamas u hojuelas que posteriormente se pulverizan y se empaican en papel kraft con bolsa de polietileno para obtener una mejor vida de anaquel (1 año) (78,83).

Diagrama de bloques:



EQUIPO



26

APLICACIONES FUERA DE ALIMENTOS

Como ya se ha dicho los monoglicéridos son productos que proveen diferentes características por lo que sus aplicaciones se extienden fuera de la industria de alimentos; a continuación se ejemplifica lo anterior mediante una tabla donde se mencionan sus principales aplicaciones. Dentro de este tipo de productos se encuentran una gran variedad de ésteres con amplios rangos en cuanto a sus efectos. Algunas de las industrias en las cuales tienen aplicación son la textil, farmacéutica, papelera y química entre otras.

Estos emulsificantes pueden utilizarse solos o combinados con otros actuando como suavizantes, lubricantes, estabilizantes dispersantes, agentes humectantes, antiespumantes, etcétera.

Estos actúan en procesos de alimentos, medicinas, textiles, cosméticos, pinturas y plásticos ya que sus características varían desde hidrofílicas hasta lipofílicas y pueden ser solubles entre sí. Con esto se obtienen ciertas características como en el caso de la industria textil donde se logra que las fibras sintéticas se puedan hilar, estirar y torcer además de impartir alta resistencia; o bien pueden actuar como agentes antiestáticos y humectantes en procesos de curtiduría.

APLICACIONES FUERA DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

(79)

<u>CLASE</u>	<u>TIPO</u>	<u>FUNCION</u>	<u>FORMA</u>	<u>CONC.</u>	<u>APLICACIONES</u>
Esteres grasos	No iónico	Dispersante/Emulsificante			Procesos textiles
Esteres grasos de glicéridos	No iónico	Emulsificante/Antiespumante/Inhibidor de corrosión	Líquida	100	Antiespumante para sistemas de azúcar. Emulsificante para aceites. Anticorrosivos para formulaciones en aerosol.
Esteres grasos del polietilenglicol	No iónico	Emulsificante	Líquida	100	Procesos textiles.
Esteres grasos del polioxi-etileno	No iónico	Emulsificante	Líquida	100	Emulsificantes para productos agrícolas.
Gliceril monoestearato	No iónico	Dispersante/Suavizante	Pasta	25	Suavizante textil resistente a la oxidación.
Glicerol monoestearato (no auto-emulsificable)	No iónico	Emulsificante	Líquida	100	Cosméticos y campos afines, debido a su gran pureza.
Gliceril monoestearato	Aniónico	Emulsificante	Hojuelas		Agregado a jabones en pequeños porcentajes los hace auto-emulsificables.
Glicerol monoestearato (auto-emulsificable)	Aniónico	Emulsificante	Hojuelas	100	Industria farmacéutica y cosméticos.

(48)

(49)

Glicerol monoesteato (emulsificante ácido)	No iónico	Emulsificante	Nojuelas	100	Industria farmacéutica y textil.
Glicerol monoesteato	No iónico	Detergente	Polvo		Como detergente en limpieza de la industria láctea. No contiene bactericidas.
Mono y diglicéridos modificados	Aniónico	Suavizante	Pasta		Lubricante, suavizante y plastificante en la industria textil y papelera.
Monoesteato de glicerilo	Aniónico	Emulsificante	Sólido		Elaboración de cosméticos (cremas sin grasa). Elaboración de suspensiones de antibióticos. Lubricante para vinilos y resinas.
Monoglicéridos sulfu nados de aceite de coco	Aniónico	Detergente	Espuma	31	Detergente en lavandería; burbujas para baño; limpiador de alfombras.
Poliálcol éster	No iónico	Emulsificante/Humectante	Líquida	100	Emulsiones en pinturas.

CAPITULO II

APLICACIONES EN ALIMENTOS

Dentro de la industria de alimentos, se han utilizado desde hace largo tiempo aditivos controlados, de los cuales se saben los efectos que causan en cada alimento.

Los monoglicéridos están dentro de la clasificación de aditivos controlados y pueden utilizarse solos o combinados, con lo cual otorgarán diferentes propiedades.

Los aditivos controlados se utilizan en dosificaciones pequeñas con la finalidad específica de mejorar las características fisicoquímicas y nutricionales del alimento.

Para su uso se toman en cuenta varios factores: 1) tener un beneficio específico, como mantener la calidad y el valor nutritivo del producto 2) mejorar la estabilidad y durabilidad 3) mejor aprovechamiento del alimento (en cuanto a rendimiento) 4) mayor atractivo al consumidor 5) no tóxicos y 6) bajo costo para no incrementar el precio del producto.

Los aditivos que nos conciernen se clasifican como aditivos funcionales, estos son antioxidantes, acidulantes, emulsificantes, estabilizadores, humectantes, agentes de blanqueo, saborizantes. Aquí se encuentran los monoglicéridos y pueden actuar como todos los anteriores, es decir que proporcionan una gran variedad de efectos.

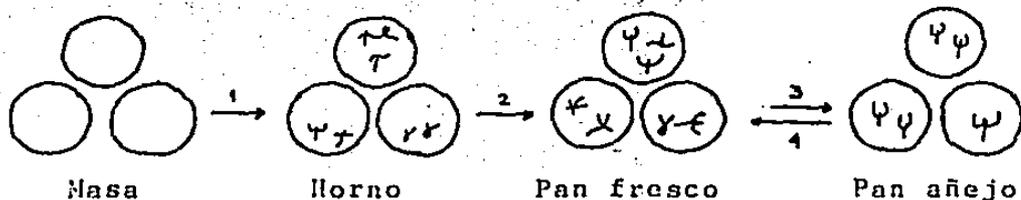
A continuación se muestra en forma detallada, la aplicación que estos aditivos presentan en los diferentes procesos alimenticios como panificación, confitería, productos lácteos, grasas vegetales, carnes, cereales y pastas (80).

PANIFICACION

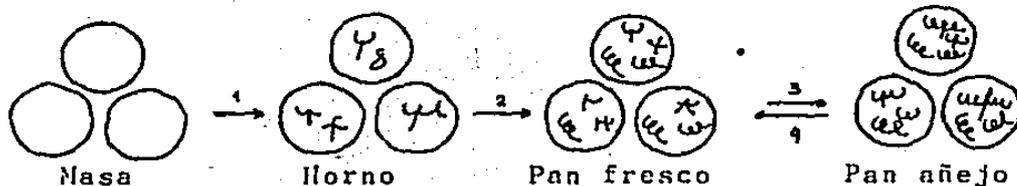
Se utilizan monoglicéridos no simétricos como el 1-acetil-3-monoestearina, monoestearato de propilenglicol y monoglicéridos acetilados. Estos tienden a estar en la forma cristalina

Durante el batido de la mezcla algunos componentes se orientan hacia la interfase entre la grasa y el agua y se forma una película que sella la grasa de un contacto directo con la fase acuosa. Cuando el sello se forma, las proteínas en la pasta (de la leche y huevos) pueden espumarse y la pasta se airea por golpeo o cremado, puesto que el aire se atrapa dentro de la grasa. Sin monoglicéridos, la grasa puede formar una espuma que estorbe a la proteína. La masa adquiere ciertas diferencias con y sin monoglicéridos:

SIN MONOGLICERIDOS



CON MONOGLICERIDOS



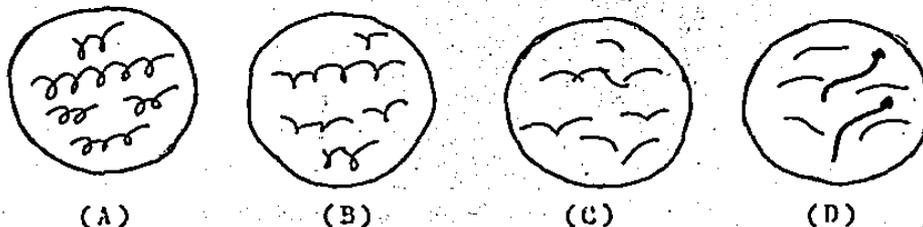
- 1) Cocimiento 2) Enfriamiento 3) Añejamiento 4) Recalentado

En ausencia de monoglicéridos las moléculas lineales de amilosa se disuelven y difunden desde el hinchamiento de los granos de almidón, hasta una red permanente entre los gránulos.

Esto se atribuye a la unión de las moléculas con los gránulos hinchados.

En presencia de monoglicéridos las moléculas lineales forman una hélice insoluble con éstos y se inmovilizan con los gránulos hinchados. No se distingue ninguna estructura de gel entre los gránulos y el pan fresco, por lo tanto se vuelve deformable y plástico. Durante la gelatinización la humedad se atrapa en los intersticios de los enlaces de amilopectina; en este punto el agua ligada se libera y puede migrar hacia la costra por lo que se hará correoso. Por la acción del monoglicérido junto con un surfactante la operación anterior se retarda y se ayuda a la retención de la fragilidad de la costra.

Los surfactantes utilizados en panificación constan de monoglicéridos aunque deben tomarse en cuenta factores para su elección como lo son la composición de ácidos grasos en los cuales se basan ya que afectan al gluten y durante el corte el gluten de la masa debe ser plástico y flexible; si éste se mezcla continuamente se estrecha formando una película uniforme y delgada.



- (A) El gluten se representa en espiral.
(B) Durante el mezclado, el gluten en espiral se estrecha hacia afuera y algunos se encuentran sin enrollar.

- (C) Con el mezclado se logra un desarrollo óptimo de los filamentos, los cuales se disponen en paralelo y se traslapan hasta obtener una película plana y suave.
- (D) Algunas veces el mezclado o un alto nivel de ácidos grasos insaturados en el surfactante acortan o debilitan la película permitiendo la fermentación de gases que pueden escapar, esto provoca que el gránulo se abra y se obtenga una textura pobre y una reducción del volumen.

Se ha demostrado que ésteres insaturados causan lo anterior, así como una mala vida de anaquel. Esto es importante ya que en los monoglicéridos usados en panificación el grado de insaturación puede controlarse para obtener buenos resultados.

La presencia de un emulsificante es esencial en panificación donde se tiene un alto nivel de azúcar y líquido en proporción a la harina. El nivel del emulsificante en la mayoría de los compuestos hidrogenados es del 3%. La mantequilla retiene el emulsificante de la crema, pero no es suficiente para la obtención de un buen producto; para esto se aumenta el nivel de monoglicéridos en la mantequilla y se obtiene un producto de mayor calidad ya que mejora volumen, grano y textura.

Los monoglicéridos saturados como el gliceril monoestearato ayudan a la dispersión de la grasa, pero especialmente en la aereación de la mezcla del pan.

En cuanto a la fabricación de mezclas o harinas preparadas para pastel, se tiene un alto contenido de emulsificantes, lo que no ocurre en la pastelería industrial. De acuerdo a esto los emulsificantes se seleccionan de diferentes parámetros. Mientras que el volumen y la textura son importantes la velocidad de envejecimiento es menos importante y la tolerancia es de gran importancia.

El nivel de emulsificantes en mezclas preparadas es alto. Lo más importante en cuanto a selección de un parámetro es la adsorción de la grasa, pues influye considerablemente (76).

CONFITERIA

Dentro de las propiedades a las que ayudan los monoglicéridos se encuentran los productos de confitería cubierta y otros productos afines.

Caramelos: la adición de 0.5 a 1% de monoglicéridos mejora la calidad al mascar y reduce la pegajosidad en el equipo, envoltura y dientes dando una excelente lubricación.

Gomas de mascar: también el uso de monoglicéridos ayuda como en el caso anterior.

Rellenos: se mejoran con la adición de 0.2% al saborizante que los cubre. El emulsificante modifica los cristales de azúcar para reducir el tiempo de cocido y dar recubrimientos con un incremento en la opacidad.

Cubiertas protectoras: los productos de acetoestearina constan de mono y diglicéridos con un grupo acetilo, que solidifican los sólidos cerosos y se utilizan como cubiertas protectoras de alimentos. Esto muestra que esta propiedad física se asocia con la forma polimórfica de las grasas. La transformación espontánea de la forma no cerosa ocurre solamente si el producto es un compuesto simple de alta pureza.

A temperatura ambiente o menor, los productos de grado técnico pueden permanecer en su forma cerosa por años. Estas propiedades físicas, hacen de los monoglicéridos acetilados productos potencialmente valiosos como cubiertas protectoras las cuales se almacenan a bajas temperaturas y sirven para nueces, dulces, quesos, frutas, carnes y otros alimentos.

Coberturas de chocolate: para este tipo de coberturas el propósito es obtener una imitación de chocolate por medio de grasas y monoglicéridos que sustituyan a la grasa del cacao. Estos productos se elaboran para coberturas de paletas heladas, galletas o dulces y se desea que el chocolate no se derrita a temperatura ambiente, que esté quebradizo, que chasquee al morderse pero que se derrita fácilmente en la boca. La principal característica que los monoglicéridos infieren es el de aumentar el punto de fusión del recubrimiento para evitar que se derrita en la mano o durante su almacenamiento en verano.

LACTEOS

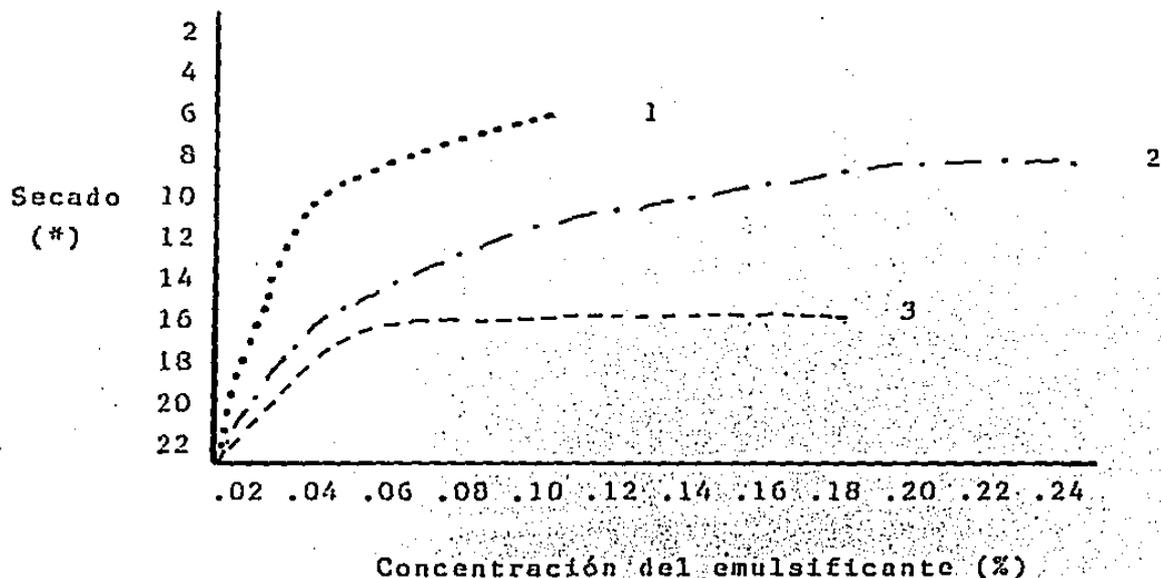
Helados: en la mezcla que se lleva a cabo antes del congelamiento, los monoglicéridos ayudan a estabilizar la emulsión de la grasa y conservar la grasa dispersa en la suspensión; en el congelamiento los surfactantes producen un efecto de sacado ayudando a controlar la desestabilización de la emulsión grasa, mediante la aglomeración de los glóbulos de grasa. Estos emulsifican la grasa y el agua de la mezcla ya que reducen la tensión interfacial, lo que se vé apoyado por la dispersión de la grasa con lo que se favorece la producción de una estructura de finas células de aire donde se mejoran las propiedades del batido; todo esto se induce por el surfactante, en este caso monoglicéridos (79).

En el microscopio, el helado aparece como una masa emulsificada de glóbulos de grasa, cada uno de los cuales tienen un diámetro de 1 a 2 micrones. Cuando la mezcla se agita y se congela, el surfactante induce la dispersión de los glóbulos de grasa y ocasiona que se aglutinen en forma de racimos, este grado de aglomeración de la grasa determina el grado de sacado. Para obtener un helado seco, con buen cuerpo y textura, se requiere controlar perfectamente la aglomeración de los glóbulos de grasa.

La siguiente gráfica muestra el efecto del emulsificante y su tipo químico obtenido en el secado del helado.

GRAFICA 2

EFFECTO DEL NIVEL DEL EMULSIFICANTE Y TIPO QUIMICO OBTENIDO
EN EL SECADO DEL HELADO



- 1) Polisorbato 80
- 2) Mono y diglicéridos de aceites y grasas comestibles (80%) y polisorbato 80 (20%).
- 3) Mono y diglicéridos

(*) Unidades Gloss: determinadas con un glossmetro GardnerP4

Dentro de las aplicaciones en alimentos los monoglicéridos tienen un papel importante en la ayuda para la construcción de la formulación en cuanto a calidad y apariencia en diversos procesos.

Sólidos de leche: poseen un sabor y olor fresco y cremoso. Como fuentes aprovechables tenemos leche entera, leche descremada, leche en polvo no grasa y leche entera en polvo. De acuerdo al contenido de grasa se ajustará la formulación y la cantidad de monoglicéridos, esto es importante ya que su uso reducirá el contenido de grasa y por lo tanto el costo del producto.

Sustitutos de crema para café y rellenos batidos: estos productos ofrecen un bajo costo y una mejor vida de anaquel que los productos lácteos convencionales. Actualmente los sustitutos se fabrican en tres formas básicas:

- 1) Sustitutos líquidos: elaborados, transportados y vendidos en forma líquida.
- 2) Sustitutos líquidos congelados: transportados hasta el consumidor en forma congelada.
- 3) Sustitutos en polvo: elaborados como polvos libres de algún fluido.

Todos estos productos tienen una gran estabilidad, gracias al contenido de monoglicéridos que poseen, lo cual les confiere las propiedades y aplicaciones que mencionamos a continuación:

1) Sustitutos líquidos.- debido a su forma líquida no poseen un alto grado de estabilidad por lo que generalmente se usan como crema para café y el producto debe: a) permanecer en un estado físico uniforme, después de su preparación, 2) estar suficientemente bien formulado para prevenir un aspecto aceitoso o bien una cristalización al ser adicionado al café caliente, c) la viscosidad debe controlarse con exactitud para simular lo mejor posible un producto lácteo como la leche o la crema ya que un producto pesado no se dispersará lo cual sería inaceptable.

En cuanto a su capacidad colorida (es decir, que forme un blanqueado al ser agregado al café), deben controlarse la cantidad de sólidos presentes y la pureza de la fase dispersa.

Estas formulaciones deben estar libres de olores y tener sabor suave. Los ingredientes secos se mezclan con la grasa y los ingredientes líquidos y se calientan a temperatura de pasteurización. Una vez pasteurizados, la mezcla se vacía directamente a un homogenizador y el producto homogenizado se enfría rápidamente a 3°C y se guarda bajo refrigeración hasta su uso.

2) Sustitutos líquidos congelados.- las técnicas de manufactura son similares a las anteriores pero debido a que deben permanecer congelados su uso no se ha extendido lo suficiente.

3) Sustitutos en polvo.- se prefieren ya que no deben estar refrigerados. Mientras que uno de sus usos es el de reemplazar la crema del café, pueden ser reconstituídos y usados en cereales, preparaciones para batir y otros alimentos como betunes y rellenos. Estos productos se agregan directamente al café. Algunas características que estos sustitutos deben presentar son a) exhibir buenas propiedades de fluido, b) dispersarse fácilmente en líquidos calientes c) ser no higroscópicos y d) estar bien empacados para prevenir la humedad.

Dentro de los productos lácteos tenemos productos como la mantequilla que muchas veces es sustituida por margarina.

Margarina: se ha encontrado que la adición de bajos niveles de monoglicéridos, mejora la estabilidad y palatabilidad de la misma. Esto mantiene la emulsión de la grasa vegetal y el agua durante el almacenamiento, con lo que se mejora el funcionamiento de esta en productos horneados.

En las margarinas también se tienen las que poseen bajas calorías.

Todas las margarinas, pueden contener cualquier tipo de grasa y por lo tanto derivados grasos como lo son los monoglicéridos y pueden ser utilizados en cantidades no restringidas por lo que el contenido de grasa empleado en la fabricación

de la margarina puede disminuir al aumentar el contenido de monoglicéridos. Con esto se obtienen margarinas de bajas calorías (debido al menor contenido de grasa) que a la vez se untan fácilmente y poseen un punto de fusión más alto.

GRASAS VEGETALES

Se dividen en cuatro tipos: 1) Grasas empleadas en la fabricación de pasteles, 2) Grasas especiales para hornear, 3) Grasas para fluidos y 4) Aceites para freír.

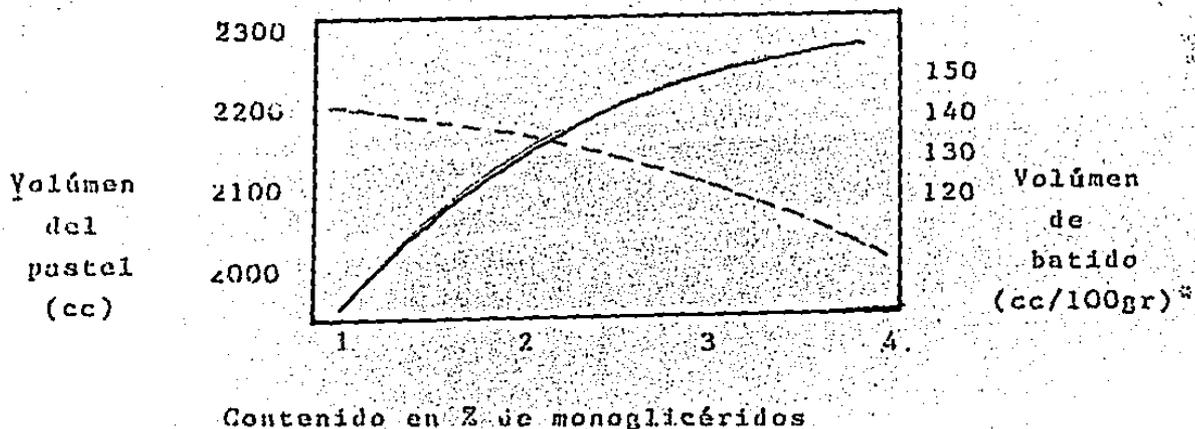
1) Grasas para pasteles.- se elaboran específicamente para pasteles, ya que la sola adición de un emulsificante no provee el volumen adecuado a la mezcla de batido (azúcar y huevos) por lo que habrá un escurrimiento.

Los monoglicéridos ayudan a atrapar aire en el sistema, sin embargo si se adicionan grandes niveles (3%), el volumen de batido de la mezcla se afectará críticamente, por lo que se preparan con 2.5% de monoglicéridos.

2) Grasas para hornear.- mientras que las grasas vegetales generalmente son buenas para la elaboración de pasteles, para mezclas de batido y rellenos muchas veces se hace necesaria una formulación especial. El volumen y la textura se mejoran mediante la adición de monoestearato de sorbitan y polisorbato 60. Las siguientes gráficas muestran como estos surfactantes pueden ser usados para mejorar volúmenes de batido y rellenos.

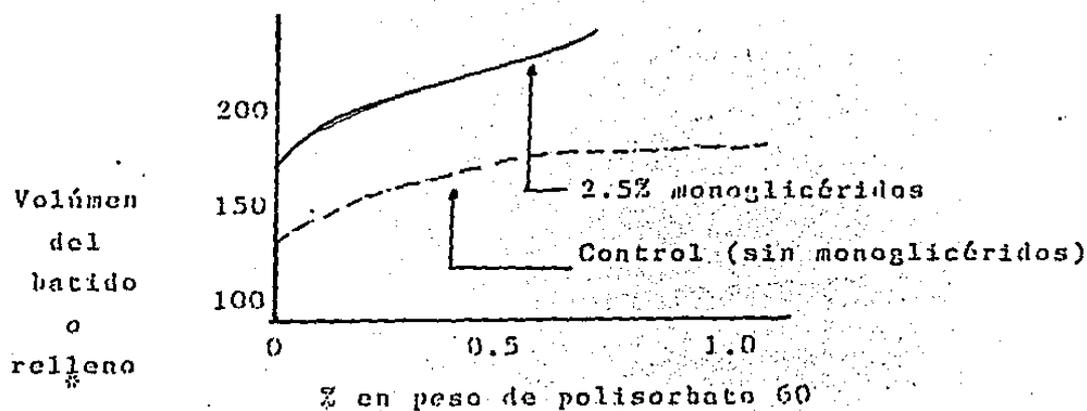
GRAFICA 3

EFFECTO DEL NIVEL DEL EMULSIFICANTE EN GRASAS PARA HORNEAR
EN CUANTO A VOLUMEN DEL BATIDO EN PASTELES



GRAFICA 4

EFFECTO DE LA MEZCLA DE SURFACTANTES EN GRASAS EMPLEADAS PARA
BATIDOS Y RELLENOS



3) Grasas para fluidos.- existen como suspensiones fluidas que contienen en dispersión extractos y emulsificantes de aceites triglicéridos, los cuales proveen un núcleo de aereación para las preparaciones de batido. Las fases líquida y sólida tienden a separarse durante el almacenamiento causando que la grasa no sea uniforme cuando se usan.

El alto contenido de agua de estos fluidos hace bastante cara su transportación; sin embargo es bastante funcional. Con el objeto de que los fluidos sean claros y transparentes bajo diferentes condiciones, los emulsificantes deben ser totalmente solubles en los aceites presentes.

Sin embargo, estas grasas, pueden solidificarse a temperaturas de refrigeración y cuando esto se rompe a temperaturas ambientales para su cocimiento, deben ser claras y homogéneas.

4) Aceites para freír.- son fabricados para proveer un mejor freimiento en los alimentos; se fabrican con determinados niveles de monoglicéridos, los cuales son bajos en volátiles como ácidos grasos, glicerina libre y agua.

Se tienen también otros tipos de productos elaborados con grasa como lo puede ser la mantequilla de cacahuete.

Mantequilla de cacahuete: los monoglicéridos pueden agregarse para cristalizar parte del aceite libre durante el procesamiento, lo cual ayuda a prevenir que el aceite y las fibras de cacahuete se separen durante el almacenamiento.

Dentro de los beneficios obtenidos por la adición de monoglicéridos tenemos: 1) mejoran la estabilidad del aceite 2) dan una apariencia brillante, 3) mejoran la palatabilidad.

CARNICOS

En cuanto a la emulsificación de las grasas de la carne los monoglicéridos actúan como agentes ligantes en productos embutidos. Estos requieren ciertas propiedades que no siempre poseen por lo que se utilizan niveles de monoglicéridos para ayudar a las deficiencias que poseen, como por ejemplo, la ausencia del emulsificante graso; los monoglicéridos se utilizan en un 0.5 a 1%.

Un buen agente ligante debe presentar las siguientes características: 1)buena absorción de agua 2)color agradable 3)económico 4)sabor neutro 5)buena estabilidad física y química 6)capacidad para emulsificar grasas.

Los agentes de liga más comunes se usan ahora en harinas de cereales, leche en polvo, caseína, harina de papa, harina de soya, pan molido y galletas.

Cuando es necesario suplir a los agentes de liga, se utilizan monoglicéridos en la cantidad antes mencionada.

PRODUCTOS DE HARINA (cereales, sopas, budines)

En cuanto a la fabricación de cereales o productos de harina como lo son las pastas o pudines y se ha visto que los monoglicéridos son bastante efectivos en cuanto a modificar almidones se refiere. Los monoglicéridos producen cambios en la viscosidad debido a que forman complejos con los almidones libres. Los cambios que producen son: mejoramiento de la textura, inhibición de la aglutinación en los tallarines y cereales y realzan la apariencia final del producto, además de que se evita que se peguen en el equipo empleado para su fabricación. El problema de la dispersión de los surfactantes se ha resuelto por la adición de monoglicéridos en forma hidratada. (39).

ADEREZOS

Con el objeto de estabilizar emulsiones que se fabrican sin huevo, generalmente se agrega un 0.3% de monoglicéridos. Dentro de los aderezos para ensalada en los cuales los monoglicéridos tienen su mayor aplicación son el aderezo francés y la mayonesa donde ayudan a evitar la formación de grandes cristales con lo cual se rompería la emulsión.

VEHICULOS ANTIOXIDANTES

Los monoglicéridos se utilizan para solubilizar aceites y grasas solubles en antioxidantes, para permitir un mejor procesamiento en cereales. Generalmente se utilizan uno o dos tipos de surfactantes como antioxidantes y dependen del grado de dispersión, estabilidad y otros aditivos.

ESTABILIZANTES DE ALIMENTOS

Los monoglicéridos pueden actuar como tales ya que son sumamente importantes en sistemas de bajo contenido de grasa y sólidos, como lo son los postres dietéticos congelados; su función es la de ligar las moléculas libres de agua y prevenir la formación de cristales de gran tamaño durante el congelamiento.

Los estabilizadores contribuyen a una textura lisa, la cual se desea, ya que normalmente sólo se encuentra en los productos con alto contenido de grasa (78).

ALIMENTOS PARA ANIMALES

Dentro de los sustitutos de leche para terneros, los monoglicéridos mejoran la estabilidad y palatibilidad de los mismos y se ha visto que 1 o 2.5% de monoglicéridos contribuyen a prevenir la separación de la grasa y a la firmeza de ésta.

A veces actúan como lubricantes y ayudan durante el proceso de fabricación.

Industrialmente se utilizan diferentes tipos de monoglicéridos los cuales se eligen de acuerdo a su función y tipo químico. Estos poseen diferentes nombres comerciales y generalmente actúan como:

- 1) Agente de liga
- 2) Espesante
- 3) Emulsificante
- 4) Estabilizante
- 5) Plastificante
- 6) Suavizante

A continuación se muestra una tabla que resume la función de los monoglicéridos en diferentes alimentos.

FUNCION DE LOS MONOGLICERIDOS EN DIVERSOS ALIMENTOS

	PRODUCTO	FUNCION
PANIFICACION	Galletas	Regulan humedad. Ahorra grasa. Mejora volúmen. Mejoran aspecto, volúmen, sabor, y - conservación. Mejoran homogeneidad de la margarina. Mejoran frescura. Absorben grasa.
	Pan	
	Pasteles	
	Mezclas de harinas preparadas	
CONFITERIA	Chiclosos, Natillas	Ablandador. Plastificante. Facilita --- el proceso de envoltura y la pegajo sidad. Reducen el tiempo de cocido. Ablandador. Plastificante. Evita pegajosidad y derretimiento.
	Confituras cocidas	
	Gomas de mascar	
	Chocolates	
LACTEOS	Helados	Textura seca y suave. Mejor rebozamiento Mayor resistencia a cambios de temperatu ra.
	Cajeta	

{ Rehidratación de leche en polvo Mejor sabor.

GRASAS VEGETALES

{ Mejor tersura. Mejor poder emulsificante
Resistencia a cambios de temperatura.
Mejora palatabilidad.

CARNICOS

{ Agente de liga.

PRODUCTOS DE
HARINA

{ Cereales
Pastas

{ Modifica almidones.
Inhiben aglutinación.

ADEREZOS

{ Estabilizan la emulsión.

ALIMENTOS PARA ANIMALES

{ Previene la separación de la grasa.
Lubricante.

CUADRO SINOPTICO DE EFECTOS Y DOSIS QUE CADA TIPO DE MONOGLICERIDO PROPORCIONA EN DETERMINADOS ALIMENTOS

CARACTERISTICAS:

No iónico/No autodispersable

Granulado, sólido

Soluble en solventes orgánicos polares

<u>ALIMENTO</u>	<u>DOSIS</u>	<u>CARACTERISTICAS QUE PROVEEN</u>
Grasas vegetales	0.20-0.30%	Mejor tersura, grasas más blancas, ausencia de macrocristales, mayor resistencia a cambios bruscos de temperatura, mejor poder emulsificante.
Margarinas	0.25-0.50%	Mayor homogeneidad y resistencia al sudado.
Chiclosos, Matillas	0.15-0.25%	Facilita el proceso de envoltura. Evita pegajosidad.
Goma de mascar	0.50%	Evitan adherencia a la dentadura. Abate viscosidad.

CUADRO SINOPTICO DE APLICACIONES EN CUANTO A USO, FUNCION Y TIPO OUTMICO
DE ALGUNOS MONOGLICERIDOS COMERCIALES (59,83)

Monoglicérido (tipo)	FUNCION			Base para helado	Cajeta	Goma de mascar	Chicloso	Galletas	Grasas vegetales	Margarina	Pan	Pasteles	Productos lácteos	Chocolate
	Emulsionante	Plastificante	Suavizante											
No iónico/No autodispersable	X	X	X	-	-	X ¹⁾	X ²⁾	-	X ²⁾	X ²⁾	-	-	X	X ²⁾
No iónico/No autodispersable	X	-	X	-	X ²⁾	-	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	-	X ³⁾	X ²⁾	-	-
Aniónico/Dispersable	X	-	-	X ²⁾	X ²⁾	-	X ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
No iónico	X	X	X	-	-	X ¹⁾	-	-	X ²⁾	X ²⁾	-	-	X ²⁾	-

Emulsionante

Plastificante

Suavizante

1) Plastificante.

2) Emulsionante.

3) Estabilizante.

CARACTERISTICAS:

No iónico/No autodispersable

Sólido blanco

Soluble en solventes orgánicos (en caliente)

Galletas

{ 1.15-1.45%

Emulsiona grasa. Acelera la producción mecanizada.
Disminuye pérdidas por producto defectuoso.

Pan y Pasteles

{ 1.15-1.45%

Emulsiona grasa. Ahorra grasa. Mejora aspecto, vo
lumen, sabor y conservación.

CARACTERISTICAS:

Aniónico/Dispersable en agua caliente

Granulado, sólido

Soluble en solventes orgánicos (en caliente)

Bases para helado	0.25-0.50%	Buen rebozamiento, ausencia de macrocristales, buena textura, mejbra el sabor y mayor economía.
Cremas lácteas sintéticas	0.50-1.0%	Mejor textura y estabilidad.
Cajeta	0.30-0.50%	Buena textura, apariencia, estabilidad y sabor.
Rehidratación de leche en polvo	1 a 2 kg *	Mejor homogenización, cuerpo, sabor y estabilidad.

* en 1000 lt

CARACTERISTICAS:

No iónico/No autodispersable

Sólido blanco

Soluble en solventes orgánicos (en caliente)

Galletas

{ 1.15-1.45%

Emulsiona grasa. Acelera la producción mecanizada.
Disminuye pérdidas por producto defectuoso.

Pan y Pasteles

{ 1.15-1.45%

Emulsiona grasa. Ahorra grasa. Mejora aspecto, volumen, sabor y conservación.

CARACTERISTICAS:

No iónico

Granulado

Soluble en solventes orgánicos (en caliente)

Panificación

{ 25% en peso Mayor volúmen y frescura.

Chiclosos y chocolates

{ Evita sensación grasosa. Coberturas resistentes a la temperatura. Mejora el mascado, evita pegajosidad, facilita envoltura y corte.

Chicles

Gomas base

{ 5-10% en peso Actúa como ablandador y plastificante. Abaten viscosidad. Proporcionan buen anti-pegado en las gomas-base para chicles.
0.5% en peso

Helados

{ Actúan como agentes de batido. Mayor calidad. Textura seca y suave. Previene formación de grandes cristales Mayor resistencia a la temperatura.

Grasas vegetales

{ 0.25-0.50%

Evita formación de cristales largos. Mejor textura.
Grasas de alto rendimiento con un 5 o 6% de mono y diglicéridos.

CAPITULO III

LEGISLACION

El uso de aditivos en alimentos, se ha regulado a través de mecanismos legales, los cuales no solo precisan las condiciones específicas bajo las cuales el aditivo puede utilizarse, sino que se requiere evidencia acerca de estudios experimentales en animales, donde los componentes no causen respuestas adversas significativas para la salud humana. Para ésto se requiere evidencia de al menos dos especies que causen toxicidad crónica y aguda (68).

Se ha propuesto que los aditivos de alimentos deben tener una evaluación toxicológica completa antes de permitir su uso.

Bajo estas condiciones, algunos aditivos pueden considerarse a salvo siempre que los límites de las pruebas animales tengan la capacidad de detectar el peligro toxicológico. La gran mayoría de los aditivos alimenticios caen dentro de esta categoría, aunque no tienen que seguir las pruebas con la misma intensidad.

Dentro de estos aditivos se encuentran los monoglicéridos que se han utilizado como fortificadores en panificación, emulsificantes, sales emulsificantes, agentes saborizantes y lubricantes, solventes, estabilizantes, espesantes y agentes de superficie activa, pero éstos deben utilizarse a niveles que no excedan la buena práctica de fabricación (21,72).

Los monoglicéridos de ácidos grasos de 8 a 18 C están exentos de los requerimientos de tolerancia cuando se utilizan como surfactantes o coadyuvantes de los mismos.

Se ha permitido el uso de monoglicéridos de ácidos grasos esterificados con algún otro ácido como el acético, acetil tartárico, cítrico, láctico, tartárico y sus sales de sodio y calcio o derivados de sodio sulfonacetilados de estos como emulsificantes en margarina al 0.05%.

Con el objeto de no tener una sanción se ha aclarado que para el uso opcional de los mismos en postres congelados, bajo

condiciones estándar, prevén que el peso total de monoglicéridos que forman ácidos grasos no debe ser mayor al 2% en peso del producto final.

En México, existen normas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) para el uso de monoglicéridos en algunos alimentos.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestra la legislación de algunos monoglicéridos y sus niveles de uso de acuerdo a su función.

NIVELES DE USO DE MONO Y DIGLICERIDOS EN ALGUNOS ALIMENTOS

Monoglicérido citrato

+ de 0.02%

Solubilizante para formulaciones
antioxidantes de aceites y gra
sas.

Monoglicéridos acetilados
destilados

+ de 5%

Emulsificante alimenticio, unido
a cápsulas o tabletas (siempre
que contengan grasa animal).

Monoglicéridos de ácidos
grasos

Emulsificantes en panificación.

Mono y diglicéridos (de
grasas y aceites comestibles. 0.0005-0.0015%

0-16%

0.1-0.2%

Bebidas.

Manteca.

Helados.

continuación:

0.001-0.33%
0.0002- 5%
0.0002- 5%
+ de 0.5 %
+ de 0.5 %

Productos de panificación.

Confituras.

Bases para gomas de mascar.

Oleomargarina.

Chocolates, leche de chocolate

etc. en combinación con deri

vados de fosfatos monosódi -

cos.

TOXICOLOGIA

Tres diferentes pruebas practicadas en animales, han ayudado a determinar el término de toxicidad de un compuesto, bajo ciertas consideraciones. El primer paso es determinar la dosis letal media LD₅₀. Esta cantidad será aquella que cause el 50% de las muertes. Posteriormente, debe establecerse la dosis máxima de tolerancia. Esto es la dosis diaria máxima que debe seguirse para que la mayoría de los animales vivan 3 semanas. (17,18,20)

Cuidadosos estudios con animales, indican que el nivel de dosis mas alto obtenido, sin causar efectos visibles, se ha denominado ADI para el hombre (dosis diaria aceptable) este valor se expresa en mg/kg de peso del cuerpo/día.

La siguiente tabla aprobada por la FAO muestra los valores de ADI para ciertos emulsificantes (74):

<u>EMULSIFICANTE</u>	<u>ADI</u>
Mono y diglicéridos	sin límite
Esteres de ácidos grasos del glicerol	0-50
Acido diacetil tartárico	0-50
Mezcla de ácido acético, tartárico y ésteres de ácidos grasos del glicerol.	sin límite
Estearil citrato	0-50
Sucroglicéridos	0-2.5
Polioxietileno 20	0-25
Sales amonio del ácido fosfatídico.	0-30

METABOLISMO EN EL ORGANISMO

Las grasas del organismo provienen, al menos en parte, de los cuerpos grasos de la alimentación. En cuanto a la formación de glicéridos parece probable que intervengan en el metabolismo de la glucosa. (58)

En el tracto digestivo, las grasas de los alimentos se emulsifican con las secreciones digestivas, las cuales contienen lipasa pancreática (es decir, una enzima capaz de hidrolizar específicamente el enlace éster).

El glicerol, ésteres parciales del glicerol, ácidos grasos y algunos glicéridos se absorben a través del intestino y son parcialmente recombinados para formar glicéridos y fosfolípidos. La grasa en forma de gotas microscópicas es transportada por la sangre hasta su uso o almacenamiento.

La mayoría de las grasas se rompen mediante enzimas, en pequeños intermediarios que siguen por medio de una resíntesis enzimática la forma de la grasa característica del animal pero algunos ácidos grasos de la dieta se absorben directamente y se recombinan en grasa del cuerpo.

Cuando comienza la movilización de la reserva de grasas estas pasan directamente al hígado donde los ácidos grasos son parcialmente des-saturados, es decir, el hidrógeno se remueve de la cadena del ácido graso para producir enlaces dobles. Esto aparentemente facilita la subsecuente oxidación en otros tejidos; (los ácidos grasos pueden oxidarse directamente en varios tejidos tan bien como en el hígado). (27)

Se presume que el metabolismo de ácidos grasos se lleva a cabo mediante la oxidación de 2 a 4 C en etapas subsecuentes. Esta simplificación por etapas parece hacerse por una -

β -oxidación, es decir, por el desprendimiento sucesivo de dos eslabones de la cadena. Con esto pueden obtenerse productos intermedios como grupos acetato o aceto acetato, los cuales son precursores de la acetona; si el mecanismo falla entonces se forma acetona la cual se excreta posteriormente (acetonuria).

El producto final de este metabolismo será CO_2 y agua.

El siguiente cuadro sinóptico muestra a grandes rasgos el metabolismo antes mencionado:

OXIDACION

- el primer paso se lleva a cabo por la lipasa.
- la lipasa regula la salida de grasa a la sangre.
- la oxidación tiene lugar después de haber actuado la lipasa.
- los productos finales son CO_2 y H_2O .
- cuando la oxidación es incompleta se forman cuerpos cetónicos.

CONCLUSIONES

Los monoglicéridos son aditivos que proporcionan determinadas características en los alimentos, con la ventaja de que pueden presentar varias funciones en un mismo alimento.

Los monoglicéridos reducen la tensión superficial facilitando la formación de emulsiones.

Son productos auto-emulsificables, lo que amplía su capacidad para absorberse a nivel de interfase; esto se desea en la fabricación de alimentos donde se quiera tener una emulsificación en el producto terminado.

El método comercial de obtención es un procedimiento sencillo de bajo costo, debido a la reacción de esterificación que se lleva a cabo durante el proceso, puesto que el equipo utilizado no se considera específico y es de fácil instalación.

Dentro de las aplicaciones más importantes los monoglicéridos actúan como reguladores de humedad, sustitutos de grasa, estabilizadores de emulsión, agentes ligantes, modificadores de viscosidad y son productos con un alto punto de fusión.

No causan toxicidad crónica, ya que la dosis diaria aceptable (ADI) se estipula como "sin límite", y son eliminados fácilmente por el organismo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Rotschild, L.: THE FOOD CHEMICAL NEWS GUIDE USA 1983
- 2.- A.O.A.C.: THE EFFECT OF VARIOUS MESOMORPHIC PHASES OF MONOGLYCERIDE, WATER SYSTEMS IN STARCH PRODUCTS USA 1978
- 3.- Hall, R.: FOOD ADDITIVES Nutrition today USA 1973
- 4.- Furia, T.E.: HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES 2nd ed. USA 1976
- 5.- Gutcho, S.J.: SURFACTANTS AND SEQUESTRANTS Recent Advances NDC USA 1978
- 6.- Walkin, T.: PROGRESS IN THE CHEMISTRY OF FATS AND OTHER LIPIDS Pergamon Press London 1974
- 7.- Gray, G.W.: MOLECULAR STRUCTURE AND THE PROPERTIES OF LIPID CRYSTALS Pergamon Press London 1970
- 8.- Frieberg, S. and Mandel, L.: MONOGLYCERIDE CUBIC PHASE STRUCTURE. J. Am. Chem. Soc. 54:5465 USA 1980
- 9.- Williams, R.N. and Chapman, D.: PROGRESS IN THE CHEMISTRY OF FATS AND OTHER LIPIDS Pergamon Press London 1970
- 10.- NAS/NRC: CHEMICAL USED IN FOOD PROCESSING USA 1965
- 11.- FAO: TOXICOLOGICAL EVALUATION OF SOME FOOD COLOURS, EMULSIFIERS, STABILIZERS, ANTI-CAKING AGENTS AND CERTAIN OTHER SUBSTANCES. Rome 1969

- 12.- Becher, P.: EMULSIONS THEORY AND PRACTICE 2nd ed. USA 1975
- 13.- Goodwin, R.W.L.: CHEMICAL ADDITIVES IN FOOD USA 1967
- 14.- FOOD ADDITIVES TABLE. Food Technol. (11) 37:145 1983
- 15.- Meyer, F.: FOOD CHEMISTRY AVI Pub. Co. USA 1976
- 16.- MONO AND DIGLYCERIDES. Monosodium phosphate derivatives. Litton Bionetics Inc. Kensington 1978
- 17.- FAO: NORMAS DE IDENTIDAD Y PUREZA PARA ADITIVOS ALIMENTARIOS: EMULSIFICANTES, ESTABILIZADORES Y OTRAS SUSTANCIAS Rome 1968
- 18.- NTI: GRAS (GENERALLY RECOGNIZED AS SAFE) FOOD INGREDIENTS USA 1976
- 19.- FOOD ADDITIVES AND FOOD SAFETY. Nutritional education resource series Berkeley USA 1975
- 20.- FDA: CODE OF FEDERAL REGULATIONS 1977
- 21.- Hummel, H. and Scholl, F.K.: ADDITIVES Carl Hans Verlag Munich 1973
- 22.- NAS: TOXICANTS OCCURRING NATURALLY IN FOODS 2nd ed. USA 1979
- 23.- Bennett, H., Max, F. and Bishop, J.L.: PRACTICAL EMULSIONS Chem. Pub. Co. Vol II USA 1978
- 24.- Frieberg, S.: FOOD EMULSIONS Marcel Dekker Inc. USA 1976

- 25.- Williams, M.: APPROPRIATE INDUSTRIAL TECHNOLOGY FOR OILS AND FATS AVI Pub. Co. USA 1979
- 26.- Berger, K.G. and White, G.W.: PRODUCTION OF EMULSIONS W/O J. Food Technol. 30:426 1981
- 27.- Kirschenbauer, H.G.: GRASAS Y ACEITES: QUIMICA Y TECHNOLOGIA 2^a ed. 1964
- 28.- Sherman, P.: ANIONIC SURFACTANTS J. Am. Chem. Soc. 11:1988 USA 1982
- 29.- Srodki, P.: SURFACTANTS AND INTERFACIAL PHENOMENA J. Am. Chem. Soc. 75:7804 1981
- 30.- Imura, K.: SURFACTANT CATIONIC DEGRADABILITY J. Org. Chem. 14:2221 1982
- 31.- Sasaki, K.: SURFACTANT MODEL GLUCOSYL DISULPHIDE J. Org. Chem. 29:4216 1980
- 32.- Horikawa, K.: MONOGLYCERIDE ACETIL AMINO ACID ESTER Chem. Abst. 42:6622 1979
- 33.- Shinoroku, O.: HLB VALUE NONIONIC SURFACTANT MIXER Chem. Abst. 43:7989 1979
- 34.- Keiichi, O.: MONOGLYCERIDE EMULSION STABILITY Chem. Abst. 101:742 1985
- 35.- SURFACTANTS HLB. International symposium. Chem. Abst. 102:405 1985
- 36.- SURFACTANTS HLB. International symposium. Chem. Abst. 102:406 1985

- 37.- Marszall, L.: STUDIES ON THE EFFECTIVE HLB OF NONIONIC SURFACTANTS Chem. Abst. 99:1025 1983
- 38.- Kokai, K.: HLB VALUE OF DETERMINATION Chem. Abst. 99:1027 1983
- 39.- Komet, P.: MONOGLYCERIDE BASED PASTES FOR BAKING INDUSTRY Chem. Abst. 45:520 1983
- 40.- Michalkis, S.T. and Hammond, E.G.: REGULATORY STATUS OF FOOD ADDITIVES: FOOD CHEMICALS CRC Press 1984
- 41.- Hellman, N.N. and Melvin, E.H.: SURFACE AREA OF STARCH AND ITS ROLE IN WATER ADSORPTION J. Am. Chem. Soc. 1972
- 42.- Pérez-Sánchez, N.: SURFACTANTS OIL WATER SYSTEMS NEAR THE AFFINITY INVERSION THE TWO KINDS OF EMULSION INVERSION. Chem. Abst. 100:1645 1983
- 43.- Kokai, T.: FOOD EMULSIFIERS Chem. Abst. 102:572 1985
- 44.- Lago, G.: DETERMINATION OF THE HLB OF SAMPLES OF COMMERCIAL SURFACTANTS USED IN THE SUGAR INDUSTRY Chem. Abst. 102:458 1985
- 45.- Masatoshi, K.: STABILITY OF OIL WATER EMULSIONS CONTAINING MONOGLYCERIDES Chem. Abst. 102:502 1985
- 46.- Kokai, K.: FOOD-MUTAGEN INHIBITING MONOGLYCERIDE ADDITIVES Chem. Abst. 102:399 1985
- 47.- Hitsuharu, S.: EMULSIFIER PREPARATION AND USE Chem. Abst. 102:412 1985
- 48.- Davis, E.A. and Cloke, J.D.: WATER-LOSS DURING REHEATING OF FRESH AND STORED CAKES MADE WITH SATURATED AND UNSATURATED MONOGLYCERIDES Chem. Abst. 101:592 1984

- 49.- Wasserman, A.E. and Talley, F.: SURFACTANTS J. Food. Sci. 37:536 1972
- 50.- Hidaka, T.: FUNDAMENTALS AND USE OF EDIBLE EMULSIFIERS MONOGLYCERIDE DERIVATES Chem. Abst. 102:413 1984
- 51.- Nelson, H.: LOST OF WATER DURING COOK OF CAKES J. Am. Oil. Chem. Soc. 71:526 1978
- 52.- Babak, U.G.: STUDY OF THE EFFECT STRUCTURE FORMATION IN ADSORPTION LAYERS OF MONO AND DIGLYCERIDES ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MARGARINE EMULSIONS. Chem. Abst. 101:520 1984
- 53.- Lutten, E.S.: J. Am. Oil. Chem. Soc. 48:245 1971
- 54.- SURFACTANTS IN SOLUTION International Symposium Chem. Abst. 99:248 1982
- 55.- Powrie and Tung: FOOD DISPERSIONS 1979
- 56.- Matz, S.A.: FOOD TEXTURE AVI Pub. Co. 1962
- 57.- Brown, B.I.: EFFECT ON HLB VALUE OF GLYCOL J. Food. Technol. 7:153 1972
- 58.- Kokai, K.: MANUFACTURE OF WATER IN OIL TYPE EMULSIONS Chem. Abst. 102:492 1985
- 59.- Krog and Lauridsen: FOOD EMULSIFIERS J. Am. Oil. Chem. Soc. 1978
- 60.- Kato, T.: THE DEVELOPMENT OF THE PYROGLUTAMIC ACID ESTER OF MONOACYLGLYCEROL Chem. Abst. 102:451 1985

- 61.- Fedotov, P.V.: FOOD EMULSIONS Chem.Abst. 101:511 1984
- 62.- Kokai, K.: FLAVOR IMPROVEMENT IN OIL-IN-WATER-IN-OIL TYPE FOOD OIL EMULSIONS Chem.Abst. 102:491 1985
- 63.- Harkley, E.: FATTY ACIDS Interscience Pub. 1977
- 64.- Lauridsen, J.B.: FOOD EMULSIFIERS J.Am.Oil.Chem.Soc. 53:400 1976
- 65.- Chemical Rubber Co.: HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS CRC Press 1980
- 66.- Ahlances, T.: GLYCERIN FATTY ACID ESTERS AND THEIR USE IN FOOD PROCESSING J.Food. Sci. 95:468 1981
- 67.- Fennema, R.: FOOD CHEMISTRY Marcel Dekker Inc. 1976
- 68.- Ellinger, R.H.: HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES CRC Press 1972
- 69.- Kaplow, M.: EFFECT ON PROPERTIES OF MONOGLYCERIDES Food Technol. 24:53 1970
- 70.- Labuza, T.P. and Sinskey, A.P.: MONOGLYCERIDES PREPARATION J.Food.Sci. 37:160 1972
- 71.- Heidelbaugh, N.D., Silver, M. and Karel, H.: GLYCERIDES FOOD USES AND PROPERTIES J.Am.Oil.Chem.Soc. 48:106 1981
- 72.- Sistrunk, W.A. and Cain, R.F.: PRESERVATIVES FOR FOODS Food. Technol. 74:526 1979
- 73.- Stecher, P.G. et. al.: THE MERCK INDEX 8th ed. Merck & Co. 1968

- 74.- Rechcigl, M.: HANDBOOK OF NATURALLY OCCURRING FOOD TOXICANTS CRC Press 1983
- 75.- Bernardi, P.: NEW METHODS FOR DETERMINING THE HLB VALUE OF ANIONIC SURFACTANTS Chem. Abst. 100:1125 1983
- 76.- Charley, H. : FOOD SCIENCE John Wiley & Sons USA 1979
- 77.- Mag, K.: EMULSIONS IN FOODS J. Am. Oil. Chem. Soc. 69:673 1978
- 78.- Benson, R.F.: ATLAS CHEMICAL INDUSTRIES INC Wilmington Delaware 1982
- 79.- Imura, K. and Sasaki, K.: CONTENTS OF MONOGLYCERIDES IN ICE CREAMS Chem. Abst. 101:394 1985
- 80.- Hitaka, T.: APPLICATION OF EMULSIFIERS AND EMULSIFIED PRODUCTS Chem. Abst. 102:463 1985
- 81.- Roberts, A.C. and McWeeny, D.S.: FOOD EMULSIONS J. Food. Technol. (7) 3:221 1972
- 82.- Morrison, R.T. and Boyd, R.N.: QUIMICA ORGANICA Fondo Educativo Interamericano 1976
- 83.- ARANCIA POLIBASICOS Lago Huritz #34 A
- 84.- Sherman, P. and Doxastakis, G.: THE INTERACTION OF SODIUM CASEINATE WITH MONO AND DIGLYCERIDES AT THE OIL-WATER INTERPHASE IN CORN OIL-IN-WATER EMULSIONS AND ITS EFFECT ON EMULSION STABILITY. Chem. Abst. 102:456 1985
- 85.- Soederman, O.: HYDROPHILIC AND LIPOPHILIC PROPERTIES OF SURFACTANTS AND EMULSIONS Chem. Abst. 96:109 1982

86.- Heinz, H.J.: THE HEINZ HANDBOOK OF NUTRITION Mc.GrawHill
1980