

9
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

EMULSIFICANTES Y SU APLICACION EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

Que para obtener el título de:
QUIMICA DE ALIMENTOS
p r e s e n t a

VERONICA CORTES QUEZADA



México, D. F.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

265409



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente Prof. CARREÑO ORTIZ HUGO RUBEN
Vocal Prof. RODRIGUEZ PALACIOS FELIPE DE JESUS
Secretario Prof. HIDALGO TORRES MIGUEL ANGEL
1er. Suplente Prof. SOUSA ROJANO HUGO
2do. Suplente Prof. VILLASEÑOR GUTIERREZ RUTH

Sitio donde se desarrolló el tema: U.N.A.M. "Facultad de Química"

Asesor: Q.F.B. CARREÑO ORTIZ HUGO RUBEN



Sustentante: CORTES QUEZADA VERÓNICA



20 FEB. 1998

TRABEJO DEBE SER REVISADO
POR EL JURADO

A MIS PADRES:

Miguel y Teresa, a quienes nunca dejaré de agradecerles el apoyo y el amor que siempre me brindaron para concluir una meta más de mi vida; esperando sea motivo de satisfacción ver realizados sus deseos.

A MIS HERMANOS:

Hilda, Miguel y Luis, por su continua e incondicional ayuda moral, para ustedes el cariño y respeto que merecen.

Especialmente a mi hijo

AGRADECIMIENTOS

En mi trayectoria como estudiante he tenido contratiempos, que con la ayuda de familiares, amigos y profesores he podido superar y que no menciono por temor a omitir uno de ellos. Ahora quiero sinceramente dar las gracias a aquellas personas que contribuyeron y participaron haciendome más facil el camino para llegar a la cumbre de una de mis metas.

Quiero agradecer especialmente al **Prof. Hugo R. Carreño Ortiz** por la paciencia que me ha tenido; durante la realización de este trabajo, para él mi admiración y respeto. Así mismo, un reconocimiento al espacio y tiempo que dedicaron mis sinodales.

A la **Universidad Nacional Autónoma De México**, por brindarme la oportunidad de formarme como profesionista ayudandome a forjar la base de un futuro.

INDICE

	Pág
Objetivo	I
Introducción	II
1. Generalidades	1
1.1 Propiedades Fisicoquímicas	1
1.1.1 Actividad Interfacial	2
1.1.2 Formación De Barreras Interfaciales	3
1.1.3 Formación De Barreras Eléctricas	4
1.1.4 Solubilidad	5
1.1.5 Interacción Emulsificante-Agua	7
1.2 Propiedades Funcionales	11
1.3 Estabilidad De Emulsiones	17
2. Lecitina	
2.1 Estructura química	22
2.2 Obtención	23
2.2.1 Lecitina Refinada	24
2.2.2 Lecitina Desengrasada	25
2.2.3 Lecitina Fraccionada	25
2.2.4 Lecitina Modificada Químicamente	25
2.3 Propiedades Funcionales	26
2.4 Toxicología	28
2.5 Aplicación en alimentos	29
2.6 Discusión	39
3. Mono y Diglicéridos	
3.1 Estructura Química	41
3.2 Obtención	42
3.3 Propiedades Fisicoquímicas	46
3.4 Toxicología	50
3.5 Aplicación En Alimentos	51
3.6 Discusión	63

	Pág
4. Derivados Acidos de Mono y Diglicéridos	
4.1 Glicéridos de ácido acético	
4.1.1 Estructura Química	65
4.1.2 Obtención	65
4.1.3 Propiedades Físicoquímicas	66
4.1.4 Toxicología	67
4.1.5 Aplicación En Alimentos	68
4.2 Glicéridos de ácido cítrico	
4.2.1 Estructura Química	69
4.2.2 Obtención	69
4.2.3 Propiedades Físicoquímicas	69
4.2.4 Toxicología	70
4.2.5 Aplicación En Alimentos	70
4.3 Glicéridos de ácido láctico	
4.3.1 Estructura Química	71
4.3.2 Obtención	71
4.3.3 Propiedades Físicoquímicas	71
4.3.4 Toxicología	72
4.3.5 Aplicación En Alimentos	72
4.4 Glicéridos de Ácido Diacetiltartárico	
4.4.1 Estructura Química	73
4.4.1 Obtención	73
4.4.2 Propiedades Físicoquímicas	73
4.4.3 Toxicología	74
4.1.2 Aplicación En Alimentos	74
4.5 Discusión	76
5. Emulsificantes Misceláneos	
5.1 Esteres de Sacarosa	
5.1.1 Obtención	78
5.1.2 Propiedades Físicoquímicas	79
5.1.3 Toxicología	80
5.1.4 Acetato Isobutirato De Sacarosa	81
5.1.5 Aplicación En Alimentos	82
5.1.6 Discusión	86
5.2 Estearil Lactatos	
5.2.1 Obtención	88
5.2.2 Propiedades Físicoquímicas	88

	Pág
5.2.3 Toxicología	89
5.2.4 Aplicación en Alimentos	89
5.2.5 Discusión	92
5.3 Esteres de Sorbitán	
5.3.1 Estructura Química	93
5.3.2 Obtención	93
5.3.3 Propiedades Fisicoquímicas	94
5.3.4 Toxicología	94
5.3.5 Esteres De polioxietileno de Sorbitán	95
5.3.5.1 Estructura Química	95
5.3.5.2 Obtención	95
5.3.5.3 Propiedades Fisicoquímicas	96
5.3.5.4 Toxicología	97
5.3.6 Aplicación En Alimentos	98
5.3.7 Discusión	104
6. Conclusiones	105
7. Bibliografía	109
8. Hemerografía	112
10. Anexo 1	115
11. Anexo 2	119
12. Anexo 3	120

OBJETIVO

- Efectuar una revisión de la información disponible sobre las características fisicoquímicas y funcionales de los emulsificantes alimentarios, así como, analizar y evaluar sus aplicaciones en diferentes sistemas alimentarios, abarcando sus aspectos toxicológicos y legislativos.

INTRODUCCION

Los agentes emulsificantes son un grupo de aditivos muy utilizados en la industria de alimentos, dicho uso se ha incrementado considerablemente en los últimos años, originando así, un campo de investigación fértil en la actualidad, cuya finalidad es la de proveer nuevas alternativas de diversidad y economía, tratando de satisfacer un área en continua evolución como lo es la industria alimentaria.

El Reglamento de la ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos define a un emulsificante como cualquier sustancia o mezclas de sustancias que favorecen en forma permanente la suspensión de un producto, así como, los que obran como protectores de la emulsión.¹

El Codex Alimentarius establece que un emulsionante es aquella sustancia que hace posible la formación o el mantenimiento de una mezcla homogénea de dos ó más fases líquidas no miscibles, como el aceite y el agua en un alimento.²

¹ Art. 167. Publicado en el Diario Oficial el 18 de Enero de 1988.

² Codex Alimentarius, Vol. XIV, Ira. Ed. 1984.

El CFR (Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos). Define a un emulsificante como aquella sustancia que modifica la tensión superficial entre las fases componentes de una emulsión, para estabilizarla en una dispersión ó emulsión uniforme.³

Sabemos que la mayoría de los alimentos son sistemas polifásicos complejos y heterogéneos. En las cuales están presentes fases inmiscibles como agua y aceite, y que además pueden contener celdas gaseosas, cristales, proteínas, carbohidratos, sales minerales, etc.

Al ser termodinámicamente inestables las emulsiones alimentarias a causa de la elevada área interfacial, la incorporación de un emulsificante que contiene en una sola molécula una porción hidrófila y otra porción hidrófoba permite que se sitúe preferentemente en la interfase contribuyendo a la formación y estabilidad de la emulsión manteniendo condiciones óptimas desde el momento de su preparación hasta su consumo.

De acuerdo con lo anterior es evidente que un emulsificante juega un papel importante en cualquier consideración de formación y estabilidad de una emulsión, la que sin duda, es facilitada por la modificación interfacial que se da entre las fases no miscibles.

³ CFR. Title 21 1996, U.S.A.

Por lo que el presente estudio abarca a las sustancias que corresponden a la definición descrita por el CFR; así mismo se incluyen a los emulsificantes autorizados por el Reglamento Mexicano, de mayor uso comercial, entre los que se encuentran:

1. Lecitina
2. Monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos saturados o insaturados de aceites y grasas comestibles esterificados ó no con :
3. Ácido acético, ácido cítrico, ácido láctico. y ácido diacetil tartárico.
4. Estearoail lactilato de sodio y calcio.
5. Esteres de sacarosa.
6. Esteres de sorbitán.
7. Esteres de Polioxietileno. (polisorbatos).

GENERALIDADES

1.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- 1.1.1 Actividad Interfacial**
- 1.1.2 Formación De Barreras Interfaciales**
- 1.1.3 Formación De Barreras Eléctricas**
- 1.1.4 Solubilidad**
- 1.1.5 Interacciones Emulsificante-agua**

1.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

- 1.2.1 Emulsificación**
- 1.2.2 Formación de suspensiones**
- 1.2.3 Aireador y espumante**

1.3 ESTABILIDAD DE EMULSIONES

1 GENERALIDADES

1.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Los emulsificantes son moléculas orgánicas u organometálicas que exhiben polaridad y solubilidad. Como componentes activos poseen en su molécula grupos hidrófilos ó polares (solubles en agua) y grupos hidrófobos o no polares (insolubles en agua). Constituyendo de manera general una molécula anfifílica. Fig. 1

Estos compuestos actúan físicamente en la reducción de tensión interfacial existente en la zona de separación entre dos fases inmiscibles, sin embargo, la actividad superficial de estos compuestos es variable ya que depende de características especiales tales como, tamaño y naturaleza de las fracciones polares y no polares de cada molécula.

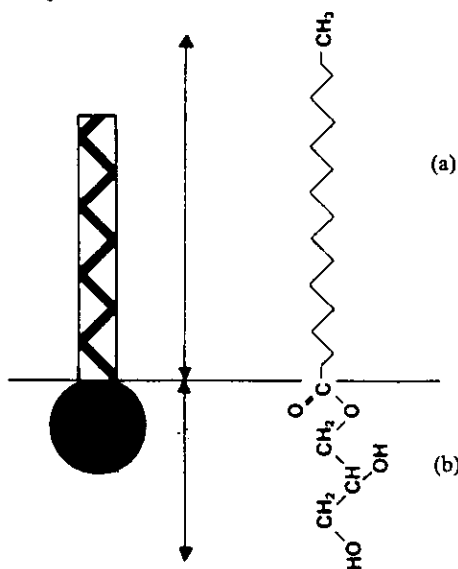


Fig. 1 Estructura anfifílica de un emulsificante. La porción (a) es el área lipofílica. La porción (b) área hidrofílica.

1.1.1 Actividad interfacial

La tensión interfacial esta dada por la fuerza existente en la zona de separación entre dos componentes inmiscibles. Esta se origina cuando dos líquidos inmiscibles se ponen en contacto y las fuerzas entre moléculas en la zona interfacial son diferentes; como resultado de este desequilibrio se dispone de energía libre en la interface por lo que tiene tendencia a contraerse. Esto explica la forma esférica que normalmente adquieren las gotas de la fase interna y la facilidad a unirse dando lugar a un sistema inestable. Así para estabilizar un sistema de este tipo es necesario contrarrestar esta tendencia que tiene la interface a contraerse.

La estructura anfifílica de los emulsificantes origina que estos compuestos se concentren en la interface de los líquidos inmiscibles aceite-agua, originando una disminución significativa de la tensión interfacial; este fenómeno se da al formarse una estructura micelar en la cual la porción polar del emulgente se orienta a la fase acuosa y la parte apolar queda en contacto con la fase oleosa.

Esta situación origina que haya una reducción de energía libre en la interface y que los líquidos que originalmente eran inmiscibles formen una emulsión totalmente homogénea en condiciones termodinámicamente estables.

La fuerte adsorción de estos compuestos sobre superficies o interfaces, a menudo como capa monomolecular se denomina tensoactividad. Los emulsificantes como componentes tensoactivos harán disminuir la tensión interfacial de manera considerable a bajas concentraciones donde la concentración de los componentes tensoactivos será siempre superior en la interface o superficie que en el resto de la solución.^{4,5}

⁴ Becher P. Emulsiones. Teoría y Práctica. Pág. 21-25

⁵ Desorier N. Elementos de Tecnología de Alimentos. pág. 531-532

1.1.2 Formación De Barreras Interfaciales

Cuando el emulsificante se concentra en la interface forma una película interfacial. Las moléculas de emulsificante se agrupan estrechamente alrededor de la gota dispersa, lo suficiente para formar monocapa densamente compacta que está fuertemente adsorbida en la interface; esto contrarresta las fuerzas normales de tensión interfacial de manera que contribuye a su disminución.

Estas películas actúan como barrera física a la segregación de partículas (coalescencia) y debido a que también muestran propiedades elásticas ejercen resistencia a las deformaciones, lo cual permite que el sistema se estabilice favorablemente.⁶

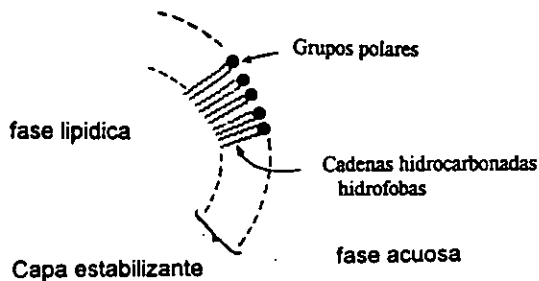


Fig.2 Esquema de la barrera estabilizante formada por un emulsificante.

⁶ Becher; Op. Cit. Pág. 123,124

1.1.3 Formación De Barreras Eléctricas.

La formación de una emulsión se favorece en gran medida por la presencia de fuerzas eléctricas repulsivas en la superficie de las gotas en suspensión. Esto obedece a la teoría que establece que las partículas están sometidas a dos fuerzas independientes: Las fuerzas de atracción de Van der Waals y las de repulsión electrostática debido a la presencia de dobles capas eléctricas en la superficie de las partículas; por lo que la interacción neta entre las partículas se da tomando en cuenta estos dos términos. Si las fuerzas de repulsión exceden a las de atracción existe una barrera de energía que se opone a la coalescencia. Así que el potencial de Van der Waals solo es significativo cuando la distancia entre partículas es muy pequeña ya que a distancias intermedias las fuerzas repulsivas son mucho mayor que las atractivas.⁷

Los surfactantes iónicos contribuyen significativamente a la estabilidad de emulsiones aceite-agua, donde el grupo alquílico queda disuelto en la superficie de la gota oleosa y el resto del grupo permanece en la fase acuosa. Se entiende que bajo el influjo de estos iones se produce la formación de dobles capas eléctricas que evita la agregación de gotículas. Ya que las gotas cargadas eléctricamente originan que los iones de carga opuesta se alineen paralelamente y queden fuertemente unidos, formando una doble capa de cargas. Esta situación se presenta en la figura 3.⁸

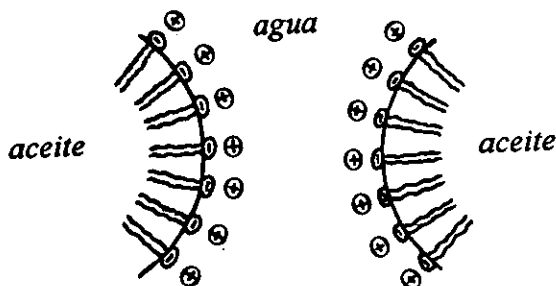


Fig. 3. Acción de emulgentes iónicos formando una doble capa eléctrica en una emulsión aceite en agua.

⁷ Feanema. *Química De Alimentos*. Cap. III., pág: 189

⁸ Belitz H.D., *Química De Los Alimentos*. Pág: 372, 373

1.1.4 Solubilidad

La eficacia de un emulsificante depende fundamentalmente de sus afinidades con las fases con las cuales ha de estar en contacto. En principio el emulsificante debe ser suficientemente soluble en la fase líquida continua de la emulsión.

La solubilidad del emulsificante se conoce de forma aproximada con un parámetro denominado Balance Hidrófilo-Lipófilo (BHL), que es una medida de la solubilidad en agua ó aceite de un determinado compuesto.

Teóricamente los valores de BHL son calculados a partir de los porcentajes en peso de la porción hidrófila y lipófila del producto anfifílico; donde los valores varían de 2 a 20.

El valor numérico de BHL supone que un emulsificante con valores comprendidos entre 3-6 favorecen las emulsiones agua en aceite, inversamente aquellos con valores de BHL mayores de 8 favorecen emulsiones aceite en agua.^{9, 10}

Es importante mencionar que el valor de BHL para un emulsificante supone una información incompleta, pues su eficacia para estabilizar una emulsión no queda completamente definida, ya que se deben tomar en cuenta otros parámetros como: concentración de tensoactivo, relación entre los volúmenes de las fases acuosa y oleosa, composición química del sistema, así como los efectos de temperatura sobre el tipo de emulsión (aceite-agua ó agua-aceite) y la estabilidad de la misma.¹¹

⁹ Smith J. *Additive User's Handbook*. Cap 8., pág: 174-177

¹⁰ Pomeranz Y., *Functional Properties of Food Components*. Cap 9., pág:352-353

¹¹ Hegenbart Scott., "Emulsifier Applications The Right Chemistry" *Food Product Design*. 1995 (10)., pág. 80

Cuadro 1

Hidrofílico	% Lipofílico Gpos	Valor BHL	Conducta en agua	Emulsificante
0	100	0	No dispersa, Nula	Lipófilo afinidad oleosa creciente
10	90	2	Pobre dispersión, Escasa	
20	80	4		
30	70	6		
40	60	8	Disp. lechosa inestable	Hidrófilo Afinidad acuosa creciente
50	50	10	Disp. Lechosa estable	
60	40	12	Solución Clara translúcida	
70	30	14		
80	20	16	Solución coloidal clara	
90	10	18		
100	0	20		
BHL = (Pm/Pt)20		Pm= peso molecular porción hidrofílica Pt = Peso molecular total		

FUENTE: Pomeranz Y. Pág.: 352

En un sistema ternario formado por un emulsificante - agua - fase oleosa a temperaturas bajas el tensoactivo se disuelve en agua y forma micelas directas (con núcleo lipófilo y corteza hidrófila). A temperaturas elevadas el tensoactivo se disuelve preferentemente en la fase oleosa y forma micelas inversas. Por consiguiente el tipo de emulsión aceite-agua se invierte a agua-aceite al sobrepasar una cierta temperatura de transición; conocida como temperatura de inversión de fase o TIF.^{12, 13}

A esta temperatura coexisten tres fases: una acuosa, otra oleosa y una fase tensoactivo. Por lo que debe considerarse a la TIF como una característica específica de un sistema ternario y no solo al tensoactivo que forma parte del mismo. La temperatura de inversión de fase resulta ser un índice útil para evaluar las propiedades Hidrófilo-Lipofilo de un tensoactivo en un determinado producto alimentario: Cuanto mayor sea la TIF más hidrofílico

¹² Smith J. Op. Cit. Pág:175

¹³ Riego M., Gómez H., "Química Interfacial de Emulsificantes Alimentarios". Parte I Solubilidad e interacción con los medios acuosos. *Grasas y Aceites*, 39(1), pág:47

será el tensoactivo en el sistema. Los valores de TIF deben tomarse muy en cuenta al seleccionar un emulgente alimentario. Así por ejemplo; una emulsión aceite-agua estable a una temperatura baja, sufre coalescencia de las gotas en la fase oleosa al calentarse por encima de su TIF; puesto que el tensoactivo pasa de ser soluble en la fase acuosa a serlo en la fase oleosa, perdiendo así su capacidad de estabilizar la emulsión. Esta pérdida de estabilidad por aumento de temperatura exige que para estabilizar sistemas que sufren cambios mas o menos bruscos de temperatura (por ejemplo salidas y entradas de un frigorífico) su TIF debe estar por encima del intervalo de la temperatura establecida para su conservación y empleo. La condición contraria, es decir, un TIF por debajo de este intervalo, debe cumplirse si se trata de una emulsión agua en aceite.¹⁴

1.1.5 Interacciones emulsificante – agua

Los emulsificantes favorecen la estabilidad de un sistema por adsorberse en la interface agua/aceite formando estructuras ordenadas. Este efecto primordial hace que el comportamiento de los emulsificantes frente al agua adquiera gran importancia.

Cuando un emulsificante se adiciona al agua, reorienta sus moléculas desde un estado amorfo, hasta estructuras de dobles capas que se repiten en el espacio. Las regiones líquido-cristalinas se caracterizan por sus ordenaciones de largo alcance en el espacio, ordenándose las regiones acuosas e hidrocarbonadas en una o varias direcciones. Junto con esta ordenación coexisten moléculas que quedan libres para moverse sobre la superficie de las capas y pueden girar alrededor de su eje. El grupo polar de la cabeza está obligado a permanecer en contacto en la interface, mientras que la cabeza hidrocarbonada goza de relativa libertad y los átomos unidos directamente al grupo polar presentan gran movilidad.

¹⁴ Idem.

Así la eficacia de un emulsificante en un sistema alimentario debe considerar el estado físico en que se encuentra. Este estado depende, además de la estructura química, de la temperatura y del contenido de agua. Los emulsificantes grado alimentario son en general insolubles en agua, pero pueden formar estructuras líquido-cristalinas o mesofases con el agua; Que estructuralmente se clasifican de tres tipos: laminar, hexagonal y cúbica.¹⁵

A) Fase Laminar

En ausencia de agua, las moléculas del emulgente se encuentran en forma cristalina. Las cadenas hidrocarbonadas están orientadas paralelamente unas a otras y los grupos polares están situados lado a lado. En contacto con el agua pierden su organización cristalina al mismo tiempo que el agua penetra en las capas polares formando una bicapa, llamada mesofase líquido cristalina laminar (fig. 4).

La fase laminar es periódica en una dimensión y consiste en capas bimoleculares de líquidos alternando con capas de agua. La fase laminar puede diluirse con agua debido a su capacidad de hinchado y pueden formar liposomas, que son agregados esféricos con una estructura interna laminar. Los monoglicéridos presentan esta orientación.¹⁶

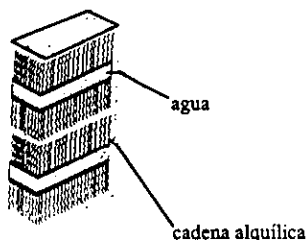


Fig. 4 Representación esquemática de la mesofase laminar

¹⁵ Fennema Op. Cit., pág: 186

¹⁶ Riego M., op cit., pág: 47

De las fases liquido cristalina formadas por los monoglicéridos la fase laminar es la más interesante para su utilización alimentaria. Por ejemplo, al diluirse con agua formando liposomas. Estado activo donde los emulsificantes pueden reaccionar con componentes solubles en agua, como la amilosa en productos feculentos.

B) Fase Hexagonal.

La fase hexagonal es periódica en dos dimensiones y existen dos modificaciones posibles: hexagonal I y Hexagonal II. La estructura hexagonal I consiste en agregados cilindricos en donde el grupo polar se dispone a la fase acuosa y la cadena hidrocarbonada hacia la zona interior de los cilindros (Fig. 5a). Cuando la fase hexagonal I se diluye infinitamente con agua da lugar a una disolución micelar.

La fase hexagonal II corresponde a una estructura inversa, donde el agua se encuentra aprisionada en el interior del cilindro, este tipo de mesofase se observa en aquellos emulsificantes débilmente polares (fig.5b) La fase hexagonal II tiene una capacidad máxima de aceptar agua máxima del orden del 40% en el interior de los cilindros.¹⁷

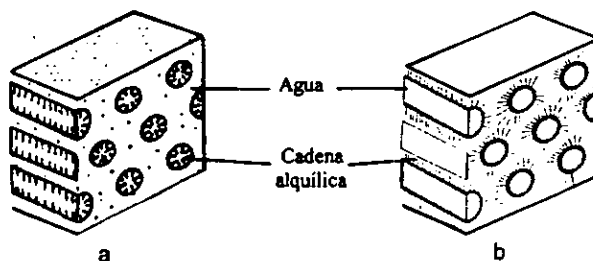


Fig. 5 (a) Mesofase hexagonal I (b) Mesofase hexagonal II

¹⁷ Ibidem pág. 48

C) Fase Cúbica.

La fase cúbica es muy viscosa e isótropa, esta situada periódicamente en tres dimensiones; sólo se presenta en sistemas agua-monoacilglicerol con longitudes de cadena por encima de los 14 átomos de carbono, además se presenta a temperaturas elevadas. Para esta fase se ha sugerido que su estructura es una bicapa laminar que separa dos sistemas de canales de agua. A escala macroscópica, la fase cúbica aparece como un líquido muy viscoso, que puede aceptar el orden de 40% de agua.¹⁸

Se considera importante el tipo de mesofase que origina cada emulsificante; ya que por ejemplo aquellos compuestos que producen la fase hexagonal II ó cúbica, pueden dar lugar a problemas en los procesos de manufactura de alimentos. Porque debido a su alta viscosidad y a su inmiscibilidad en agua pueden causar problemas de atasco o bloqueo en bombas o filtros.

¹⁸ Idem

1.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

La mayoría de los alimentos son sistemas polifásicos muy complejos, en donde se presentan combinados varios tipos de dispersión en un solo proceso. Los emulsificantes en general presentan una acción dispersante que involucran las tres fases principales: sólido, líquido y gas, actuando como reductores interfaciales.

Cuadro 2
Principales Sistemas de Dispersión

Tipo	Fase interna	Fase externa
Emulsión	Líquido	Líquido
Suspensión	Sólido	Líquido
Espuma	Gas	Líquido
Aerosol	Liq./Sol	Gas

1.2.1 Emulsificación

Las emulsiones se describen como un sistema que contiene dos fases líquidas inmiscibles dispersas una en otra. La fase constituida por pequeñas gotas entre 0.1 y 50 μm de diámetro se denomina fase interna ó dispersa y la matriz en que están suspendidas se denomina fase externa ó continua.¹⁹

Como ya se mencionó, un emulsificante ayuda en la formación de una emulsión debido a que se acumulan en la interface agua/aceite y al disminuir la tensión interfacial la estabiliza. Sin embargo, cabe mencionar que es posible formar dos tipos de emulsión:

¹⁹ Hegenbart S. "Emulsifiers Applications. The Right Chemistry". *Food Product Design*. 45(11). Pág: 83

- a) Si el aceite se dispersa finamente en el agua en forma de pequeñas gotículas, se denomina como una emulsión aceite en agua (o/w). Un ejemplo típico de emulsión o/w es la leche homogeneizada.
- b) Cuando el agua es dispersada en pequeñas gotas sobre una fase oleosa se forma una emulsión tipo agua en aceite (w/o). Un ejemplo de este tipo es la mantequilla.

FORMACION MICELAR

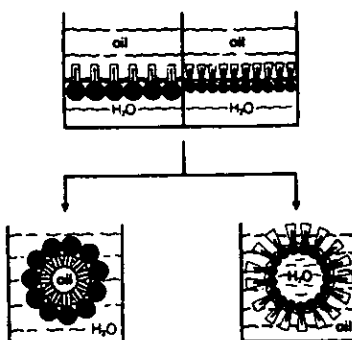


Fig. 6 Mecanismo de formación de una emulsión. Izquierda emulsión tipo aceite en agua. Derecha emulsión agua en aceite.

Durante la emulsificación el agente tensoactivo se va incorporando al sistema en pequeñas cantidades, la tensión superficial va disminuyendo hasta que llega a un punto en que nuevas adiciones no tienen por resultado ulterior disminución. La concentración correspondiente a este nivel se conoce como

* Los símbolos o/w y w/o provienen de las palabras inglesas "oil" y "water" aceite y agua. Esta simbología es aceptada en forma general a nivel mundial para distinguir a los dos tipos de emulsión.

concentración micelar crítica. Para concentraciones por encima de la concentración micelar crítica y las moléculas se agrupan entre sí formando micelas, las cuales actúan como reservorio de moléculas que tienen la libertad de separarse de la micela y moverse hacia la superficie de interés. La concentración micelar crítica para la mayoría de los emulgentes empleados en la industria alimentaria caen entre los valores de 0.005 a 0.4 mol l⁻¹, sin embargo, este valor depende principalmente de las condiciones físicas y químicas del sistema en el cual se aplique.

En la tecnología alimentaria suele considerarse emulsiones no solamente las dispersiones de gotas de una fase acuosa en una fase oleosa líquida o viceversa, si no que también se consideran emulsiones los sistemas coloidales mas ó menos complejos, que contienen, además de las dos fases líquidas (acuosa y oleosa), otras fases, tales como celdas gaseosas, micelas y agregados de proteínas, gránulos de almidón, sales minerales y carbohidratos disueltos en agua. Así como, en fase oleosa pueden existir diversos componentes como: cristales de grasa, hidrocarburos, ceras y otros materiales hidrofóbicos.

1.2.1.2 Desestabilidad De Emulsiones

Como ya se mencionó debido a la gran cantidad de energía libre en la interface, las emulsiones son termodinámicamente inestables que se desestabilizan mediante tres mecanismos:

a) Formación de nata o sedimentación

Producida por la acción de la fuerza de gravedad y diferencia de densidades entre las fases presentes. Este fenómeno recibe su nombre del caso general: la separación de nata en leche no homogeneizada.

Lo que ocurre en este caso es que la nata sube a la superficie, aunque la formación de nata no es deseable, no indica de ningún modo la rotura de la emulsión, aunque es una manifestación de un proceso que puede llevar

eventualmente a la desemulsificación. La velocidad de su formación se rige por la ley de Stokes.^{20, 21}

b) Agregación o floculación.

La adherencia de las gotas produce la floculación de glóbulos que se mueven en conjunto y no individualmente como debe de ser. Lo anterior ocurre cuando las fuerzas atractivas entre gotas exceden a las repulsivas.

La floculación no implica la rotura de la estructura íntegra de la película interfacial que rodea cada glóbulo y por lo tanto no implica cambio en el tamaño de los glóbulos individuales.

La principal causa de la floculación es la carga electrostática en la superficie de las gotas ó porque el tamaño de las partículas no es uniforme.

c) Coalescencia.

Es la tercera forma de desestabilización y la más grave ya que implica la ruptura de la película interfacial. Lo anterior comienza con la agrupación de gotas hasta la formación de otra de mayor tamaño, este es el fenómeno conocido como *coalescencia*. Este agrupamiento de glóbulos provoca la disminución del área interfacial, originada por la reducción del número de gotas en suspensión.

En el caso extremo se presenta una interface plana separando la fase lipídica de la acuosa. La fase previa a la coalescencia es el contacto estrecho entre los glóbulos, la formación de nata, la segregación y/o el movimiento browniano. (fig. 7)

²⁰ Fennema Química De Alimentos. Cap.3. Pág: 135.

²¹ Becher. P., Emulsiones. Teoría y Practica. Pág: 123,124.

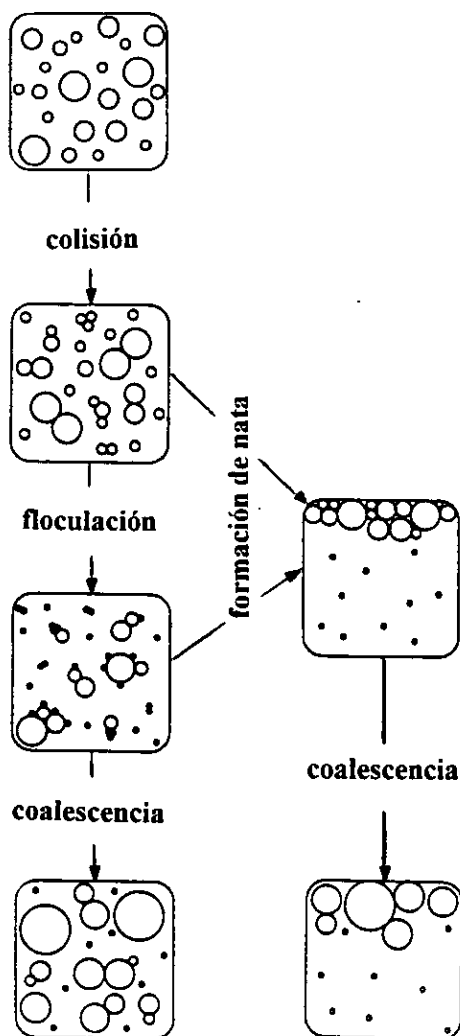


Fig. 7. Pasos De La Rotura De Una Emulsión.

La fase dispersa es móvil en la cual hay colisiones entre las gotas, originando la formación de agregados ó floculos; así las gotas individuales pueden coalescer y tienden a separarse formando una nata. La velocidad de separación depende del tamaño individual de las gotas ó floculos. El desproporcionado crecimiento de las gotas puede llevar a la coalescencia o rotura total de la emulsión.

1.2.2. Formación de suspensiones

En sistemas donde existe material insoluble en forma de partículas sólidas finamente divididas, que se encuentran suspendidas en un medio líquido. Los surfactantes actúan en la interface sólido - líquido con un efecto humedecedor sobre las partículas insolubles.

Generalmente en productos donde la separación puede ocurrir durante el almacenamiento el emulgente contribuye a redispersar los ingredientes insolubles cuando el producto es agitado. Un ejemplo de esta funcionalidad es en suspensiones de chocolate para beber.²²

1.2.3 Aereador y espumante

Las espumas se consideran como burbujas de gas (generalmente aire) en una fase continua que puede ser líquida o semisólida. En este sistema el emulsificante tiene la función de orientar sus grupos hidrófilos hacia el agua y los grupos hidrófobos hacia el aire, además forman una película alrededor de las burbujas gaseosas separándolas por medio de una barrera elástica.

La disminución de tensión interfacial impide la contracción de cada una de las celdas de aire lo que conlleva a la estabilidad de la espuma.

La cantidad y dispersión de aire incorporado es clave de muchos alimentos, puesto que tiene un efecto significativo en sensaciones gustativas como: cuerpo, suavidad, textura, cremosidad y ligereza del producto, además de incrementar el volumen y contribuir a una percepción mayor de aromas.²³

²² Hegenbart S. Op cit. Pág. 88

²³ Multon. J.L. Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. Cap.5 , pág:348.350

1.3 ESTABILIDAD DE EMULSIONES

Como ya se indicó el emulsificante tiene la propiedad de estabilizar y proteger la emulsión; evitando ó retardando fenómenos como la coalescencia o sedimentación. Entre los factores que contribuyen principalmente a la estabilidad de la emulsión son:

- a) Reducción de tensión interfacial.
- b) Repulsión debido a las cargas eléctricas en la superficie de las gotas.
- c) Estabilización por aumento de viscosidad en la fase continua.
- d) Tamaño de partícula dispersa.
- e) Películas Interfaciales.
- f) Factores térmicos

Existen otros factores propios del sistema que influyen en la estabilidad y que se deben tomar en cuenta: La composición de la emulsión, concentración del emulsificante, estado físico y orden de adición de cada componente.^{24, 25}

- a) Estabilidad por reducción de tensión Interfacial.

Como ya se mencionó los emulsificantes son compuestos anfífilos, que se concentran en la interface agua-aceite y la interacción entre la porción hidrofílica del emulsionante con la fase acuosa provoca la significativa reducción de tensión superficial en el agua, además forma una barrera que evita la coalescencia entre las gotas de la fase dispersa. Aunque históricamente se ha observado a la disminución de tensión interfacial como medio para conseguir la estabilidad de la emulsión, hoy se sabe que es solo uno de los varios factores que contribuyen a ello.

- b) Estabilidad por repulsión de cargas eléctricas.

Frecuentemente la estabilidad se atribuye en gran medida a la presencia de fuerzas repulsivas en la superficie de las gotas en suspensión. El efecto

²⁴ Becher Op. Cit. Pág 25-54

²⁵ Brannen, L.A. Food Additives. Cap. 10., pág: 359

repelente que procede es responsable de la estabilidad del sistema puesto que evita el acercamiento extremo de partículas o gotas y la subsiguiente agregación. Con respecto a las emulsiones o/w las cargas electrostáticas que se originan en la superficie de la fase dispersa se debe a la ionización del emulsificante iónico, adsorción de iones desde la fase acuosa sobre las capas de los emulsionantes no iónicos o contacto por fricción entre la superficie de las gotas en el medio acuoso.²⁶

c) Estabilidad por aumento de viscosidad en la fase continua.

Cualquier factor que contribuya a aumentar la viscosidad de la fase continua de la emulsión demora significativamente los procesos de desestabilización. El aumento de viscosidad en la fase continua logra que se bloquee la movilidad de las gotículas, por lo que el incremento de este parámetro retarda la separación de fases, esta viscosidad se manipula de acuerdo a las necesidades que se presenten.

Lo anterior cumple con la ley de Stokes, que establece que la velocidad de separación entre fases inmiscibles es inversa a la viscosidad del sistema.²⁷

$$V = \frac{D^2 g \Delta\rho}{18 \eta}$$

V = velocidad terminal de separación de fases.

D = Diámetro de partícula de la fase dispersa.

g = Fuerza de gravedad.

$\Delta\rho$ = Diferencia de densidad entre las dos fases.

η = Viscosidad de la fase continua.

²⁶ Coultate. T.P. Alimentos: Química De Sus Componentes. Cap. 8; Pág:64

²⁷ Fennema Op. Cit., Pág: 136-137.

Un punto importante a considerar es el papel que desempeñan los cristales líquidos descubiertos recientemente. En una emulsión o/w ó w/o las interacciones entre el agua - emulsificante – aceite dan lugar a multicapas con estructura de cristal líquido alrededor de las gotas, esta barrera produce la reducción de fuerzas de Van der Waals. Posteriormente se confirmó la importancia de tales estructuras al considerar la extremada viscosidad de los cristales líquidos comparada con la del agua.

El tipo de multicapas formadas por los cristales líquidos depende en gran medida de la naturaleza del emulsionante, que determina la organización de las cadenas lipídicas exhibiendo una determinada mesofase.

d) Tamaño de partícula dispersa

El tamaño de partícula o radio de la fase dispersa influye en la estabilidad y propiedades ópticas de la emulsión.²⁸ A medida que el tamaño de partícula de las gotas dispersas son más pequeñas, más estable será el sistema y visualmente se observa más translúcida

Cuadro 3.
Relación de estabilidad y apariencia de la emulsión con el tamaño de partícula

Tamaño de partícula (µm)	Apariencia	Estabilidad
0.05 ó menor	Transparente	Extremadamente estable
0.05 - 0.1	Translúcido	Excelente
0.10 - 1.0	Blanca – azul	Buena
1.00 - 10	Blanco lechoso	Tendencia nata
mayor de 10	Gruesa	Fácil rotura

Fuente: Smith J. 1992

²⁸ Furia T., *Handbook Of Food Additives*, 2da. Ed. Cap.9., pág: 401

e) Películas interfaciales:

Como ya se mencionó los emulgentes forman alrededor de la fase dispersa una barrera física que impide la segregación de partículas, se sabe que esta película adsorbida debe estar en la fase continua además de ser elástica y resistente a la deformación.

La formación de películas interfaciales también se puede lograr con la presencia de partículas sólidas de tamaño muy pequeño comparado con las gotas de aceite dispersas, ya que tienen efecto estabilizante al formar una barrera física que necesita de energía para desalojar dichas partículas sólidas de la interface.

Se considera que la fase que penetre mejor en las partículas sólidas es la fase continua. Si la tensión interfacial entre el sólido y el aceite ($\gamma_{s/ac}$) es mayor que la existente entre el sólido y el agua ($\gamma_{s/ag}$) el ángulo de contacto (θ) del sólido con la fase acuosa es menor de 90° y la mayor parte de las partículas se quedan en la fase acuosa favoreciendo así a una emulsión o/w, e inversamente cuando $\gamma_{s/ag}$ es mayor que $\gamma_{s/ac}$. Obviamente si las partículas permanecen exclusivamente en una de las dos fases no tiene efecto estabilizante.

Por otra parte al preparar emulsiones estabilizadas por partículas sólidas estas se adsorben fuertemente en la interface lo que implícitamente disminuye la tensión entre fases, que como se observa en la ley de Stokes esto favorece la estabilidad de la emulsión.²⁹

²⁹ Fennema Op. Cit. Pág:138-139

f) Factores térmicos.

Otro punto a considerar en cuanto a la disminución de la tensión interfacial es la temperatura ya que al aumentar este parámetro, la energía cinética impartida a las moléculas superficiales sobrepasa las fuerzas de atracción y las fuerzas de cohesión entre moléculas se aproximan a cero llamándose “temperatura crítica” donde desaparece la tensión superficial.

Como ya se mencionó la inversión de fases está en función de la temperatura. Y la temperatura a la cual ocurre la inversión a su vez es sensible a la concentración de emulsificante presente.

La estabilidad de una emulsión con respecto a la temperatura es de gran importancia práctica, ya que algunas emulsiones alimentarias son almacenadas durante periodos largos de tiempo en los cuales pueden estar expuestas a temperaturas extremadamente altas ó bajas. Ya que al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad entre partículas y una posible floculación. Sin embargo en algunos casos es necesario que las emulsiones permanezcan estables a ciclos de congelación–deshielo, en donde ya se involucran directamente factores como pH, estado físico, viscosidad, tamaño de partícula, etc.

LECITINA

2.1 Estructura Química

2.2 Obtención

- 2.2.1 Lecitina refinada
- 2.2.2 Lecitina desengrasada
- 2.2.3 Lecitina fraccionada
- 2.2.4 Lecitina modificada químicamente

2.3 Propiedades Funcionales

2.4 Toxicología

2.5 Aplicaciones en alimentos

- 2.5.1 Productos Horneados
- 2.5.2 Margarina
- 2.5.3 Confitería
- 2.5.4 Alimentos instantáneos
- 2.5.5 Productos lácteos
- 2.5.6 Productos extruidos
- 2.5.7 Productos cárnicos
- 2.5.8 Saborizantes emulsionados

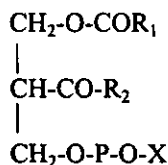
2.6 Discusión

2. LECITINA

La lecitina es un emulsificante que se encuentra de forma natural en alimentos como: huevo, leche, granos, frutos secos y semillas. Esta se define como una mezcla de fosfátidos representados como fracción insoluble en acetona al menos en un 62% y preparada a partir de aceites vegetales, semillas ó materias primas animales. El papel que desempeña es el de formación y estabilización de emulsiones.³⁰

2.1 ESTRUCTURA QUÍMICA:

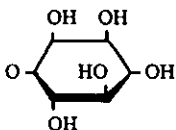
Los componentes más activos de la lecitina son una mezcla de fosfolípidos constituidos por fosfatidil colina, fosfatidil etanolamina y fosfatidil inositol principalmente.



R₁ y R₂ = Acido graso

X = -CH₂CH₂N(CH₃)₃
 - CH₂CH₂NH₂

Fosfatidil Colina (FC)
 Fosfatidil Etanolamina (FE)



Fosfatidil Inositol (FI)

³⁰ FAO/OMS, Compendium of Food Additive Specifications. Addendum 2. 41st. Session February 1993, pág:65

2.2 OBTENCION:

A nivel comercial la lecitina proviene casi en su totalidad del frijol de soya, el cual contiene una porción aproximada de 2 a 3% de fosfolípidos.

Del frijol de soya se extrae el aceite por medio de solventes o prensado. Posteriormente se efectúa el desgomado donde el aceite es mezclado con 1 a 3% de agua y se calienta a 70 °C para hidratar los fosfátidos; estos se hinchan y tienden a formar geles con mayor gravedad específica que el aceite, los cuales gradualmente se aglomeran en partículas floculadas que se separan finalmente por filtración ó centrifugación.

Los lodos que provienen del desgomado contienen de 40 a 50% de humedad, la cual es reducida a menos de 1% en el secado. Este paso es determinante ya que la lecitina es un producto muy sensible al calor y se requieren condiciones exactas para elaborar un producto de buen color y calidad. La composición representativa de fosfátidos en la lecitina proveniente del frijol de soya es de: 17% de FC, 15% de FE y 11% de FI.^{31,32}

La lecitina seca tiene una consistencia plástica a temperatura ambiente, pero también se puede obtener lecitina de consistencia fluida al agregarle de 2 a 5% de ácidos grasos mixtos de soya. La ventaja de la lecitina fluida es que son más fáciles de manipular; se disuelven rápidamente y no sufren descomposición apreciable si se calienta por tiempos prolongados.

La lecitina natural tiene un sabor y olor característico es de color café ó amarillento que varía según las condiciones de elaboración. Es soluble en solventes hidrocarbonados aromáticos ó alifáticos, parcialmente soluble en alcohol etílico. Es insoluble en agua pero se hidrata de un modo típico con hinchamiento formando una emulsión espesa y amarilla. La fracción colina es soluble en etanol y la fracción etanolamina es insoluble en este disolvente.

³¹ Brekke O.L. Obtención del aceite de Soya. Pág: 66-68

³² Brekke O.L. "Desgomado del aceite y la lecitina de soya". Ind. Alimentaria 10(1) pág:15-18

Además la lecitina comercial **no** debe contener más de 3 ppm de arsénico, 10 ppm de plomo y 40 ppm de metales pesados.³³

2.2.1 Lecitina Refinada

La lecitina natural se blanquea con agentes como el peróxido de hidrógeno y benzoilo con el fin de eliminar pigmentos cafés o rojizos. Este tipo de lecitina se emplea principalmente en alimentos donde se requiere alto grado de pureza y calidad. Lecitina refinada también es especial para cápsulas, que sirven como complemento alimenticio en el metabolismo de grasas.³⁴ La lecitina con doble blanqueo se emplea de manera especial en alimentos donde los colores son luminosos o suaves, y la claridad del alimento es primordial.³⁵

De acuerdo a esto la Asociación Nacional de la Industria de Transformación de Soya; determinó las especificaciones para 6 grados comerciales de lecitina:

Cuadro 4
Especificaciones Para La Lecitina De Soya Comercial

GRADO	Humedad % max.	Frac. Insoluble En acetona, % mín	Color Gardner.max	Viscosidad Poises a 25°C
Lecitina Fluida Color natural	1	62	10	150
Lecitina Fluida Blanqueada	1	62	7	150
Lecitina Fluida Doble Blanqueo	1	62	4	150
Lecitina Plástica Color natural	1	65	10	-
Lecitina Plástica Blanqueada	1	65	7	-
Lecitina Plástica Doble Blanqueo	1	65	4	-

³³ FAO/OMS 7° Informe, Op. Cit, pág: 167

³⁴ Brekke., Op. Cit., pág:

³⁵ Lecitins., "For The Baking Industry" *Bakers Digest*. 1988. 30(8)., pág:59

2.2.2 Lecitina Desengrasada

Son granulados obtenidos por extracción con solventes, seguido de secado a vacío. El producto contiene solo de 2-3% de aceite de soya es de color claro soluble en aceite y dispersable en agua.

La remoción de aceite es básicamente para incrementar la concentración de fosfátidos y que dependiendo de las porciones fosfolipídicas actúa como emulsificante aceite-agua ó agua-aceite. Este tipo de productos suele emplearse en alimentos con bajo contenido calórico.

2.2.3 Lecitina Fraccionada.

Las lecitinas fraccionadas en alcohol tienen como finalidad incrementar sus propiedades hidrofílicas ya que se separa en dos fracciones: la alcohol soluble con predominio de fosfatidil colina que presenta excelentes propiedades emulsificantes del tipo aceite en agua, y al ser muy hidrofílica por su alta polaridad favorece el efecto dispersante en soluciones. La fracción alcohol insoluble representada por fosfatidil inositol y que tiene propiedades emulsificantes de sistemas agua en aceite.

2.2.4 Lecitinas Modificadas Químicamente.

La estructura de la lecitina puede ser modificada mediante mecanismos como: hidrogenación, hidroxilación, acetilación, sulfonación, halogenación, ó hidrólisis enzimática. La finalidad de esta modificación química es aumentar la dispersabilidad en soluciones acuosas y reforzar sus propiedades emulsificantes.

- **Lecitina hidroxilada:** Los sitios insaturados de la porción ácido graso se tratan con peróxido de hidrógeno y ácido láctico, el producto es muy estable a pH ácido.

La lecitina hidroxilada es uno de los productos más importantes porque a diferencia de la lecitina natural, esta se dispersa rápida y fácilmente en el agua y en muchos casos tiene propiedades emulsificantes de grasa superiores a las del producto natural. La lecitina hidroxilada por ser soluble en mantecas, aceites y grasas, y rápidamente dispersable en agua se emplea de manera particular en leche en polvo, blanqueadores para café bebidas instantáneas, productos de queso, helados, pastelería, galletería, pudines, y principalmente en panificación.

- **Lecitina hidrolizada.** Se emplean enzimas selectivas para realizar la hidrólisis. La enzima fosfolipasa A es la que se emplea obteniéndose como producto lisolecitinas. Estas tienen fuertes propiedades emulsificantes aceite-agua, además son productos que no presentan sensibilidad a iones como el calcio.

Esta lecitina presenta propiedades hidrofílicas y actúa principalmente como emulsificantes aceite-agua de sistemas alimentarios como: cremas de sopa, panificación y productos instantáneos. Presentan resistencia a la rancidez oxidativa y poseen un sabor neutro.³⁶

- **Lecitina Hidrogenada.** Es producto que presenta excelentes propiedades emulsificantes, muy adecuado en la elaboración de chocolate.

2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES:

La función de la lecitina como emulsificante depende de la composición de fosfolípidos y tipo de ácido graso presente. Estos compuestos presentan una estructura típica anfílica, lo que permite que se concentren en la frontera de las fases inmiscibles y consecuentemente el resultado es la

³⁶ Soya New Circle. *Food Engineering International*. 1997 138(4) pág: 16

disminución de tensión interfacial. La porción no polar o cadena hidrocarbonada tiende a disolverse en el aceite o grasa y la porción polar constituida por el grupo fosfato o amino se disuelve en agua.

También la lecitina posee un carácter anfotérico y su orientación en la interface tiene el efecto de que las gotículas son cargadas eléctricamente en su superficie causando la repulsión entre ellas, acción que permite estabilizar la emulsión.³⁷

La lecitina cruda es un excelente emulgente de tipo agua-aceite y como ya se mencionó se suele modificar dando lugar a diferentes formas comerciales que se ajustan según el sistema alimentario que se posea. Existen otros parámetros que influyen en la función de la lecitina como: pH, tipo de componentes, cantidad de cada ingrediente, contenido de sólidos, grado de pureza, y estado físico de adición, así como la porción de cada una de las fases.

En muchos sistemas alimentarios la lecitina no actúa como emulsificante aislado, sino en combinación con otros emulsificantes debido a que presenta un efecto sinergista. En las mezclas comerciales la lecitina se combina con otros aditivos previamente seleccionados. Generalmente se utilizan en conjunto con mono y diglicéridos, polisorbatos, y estabilizantes con el fin de obtener ventajas funcionales de elaboración, estabilidad y/o características sensoriales del producto.³⁸

En sistemas de dispersión donde partículas sólidas se suspenden en una fase continua; las lecitinas que tienen una doble afinidad tienden a difundirse en la interface sólido/líquido ya que los grupos fosfato son atraídos principalmente por partículas metálicas o sales metálicas. La lecitina tiene el efecto de formar una capa protectora en la superficie de la fase dispersa estabilizando el sistema evitando la aglomeración de partículas.

³⁷ Charalambous G., *Food Emulsifiers Chemistry*. pág:419

³⁸ James G., "Fats, oil, and fat replacers" *Food Technol.* 1996, 50(4), pág:78-83.

Esta funcionalidad es muy empleada en alimentos instantáneos, porque produce el efecto de fácil dispersión ya que disminuye la tensión en la interface sólido-líquido y aumenta la afinidad del sólido por el agua con una tendencia a humectarlo. Las lecitinas apropiadas para este sistema son las hidroxiladas con monoglicéridos acetilados.³⁹

2.4 TOXICOLOGIA

Los fosfolípidos son de gran importancia en la estructura molecular y función bioquímica de membranas biológicas tanto en animales como en plantas.

Estos compuestos participan de forma activa en el organismo humano en procesos como: metabolismo de colesterol, regulación de nivel de lípidos, transporte y absorción de grasas. De acuerdo con los estudios bioquímicos y toxicológicos se ha considerado a las lecitinas como compuestos totalmente inocuos debido a que se conoce bien su metabolismo y no hay evidencia de reacciones adversas si se utiliza correctamente.

El Comité mixto FAO/OMS y la FDA*, han establecido que la Ingesta Diaria Admisible (IDA) para el hombre es "*sin limitar*". Esta denominación se asigna a sustancias de muy baja toxicidad, especialmente aquellas sustancias que son constituyentes naturales de los alimentos o que pueden considerarse como metabolitos normales para el hombre. Así también la FDA reconoce a la lecitina como un aditivo GRAS (Generalmente Reconocido Como Seguro).

³⁹ Charalambous G.Op. cit., pág: 134

* NOTA: Comité Mixto FAO/OMS es un organismo a nivel mundial y se encarga de formular normas alimentarias para proteger la salud del consumidor.

La FDA en Estados Unidos es la organización que se encarga de regular todo lo referente a alimentos.

2.5 APLICACIONES EN ALIMENTOS:

La lecitina como emulsificante se encuentra involucrada en la elaboración de innumerables productos alimentarios. Básicamente su empleo solo se limita al olor y sabor característico que se puede detectar en el producto si no se utiliza adecuadamente. Las compañías productoras de lecitina poseen varios productos con un grado específico par cada aplicación; ya que ha resultado conveniente su combinación con otros emulsificantes sintéticos, porque debido a que su efecto sinergista favorece un requerimiento menor de emulsificante.

2.5.1 Productos Horneados

A) Panadería :

La lecitina participa en forma importante durante todas las fases de elaboración de pan. Inicialmente la lecitina promueve la emulsificación de grasa y facilita la dispersión homogénea de todos los ingredientes. Esto proporciona un efecto mejorante en la masa, manifestándose con una tendencia de mejor elasticidad y extensibilidad facilitando su manipulación.

La harina que origina al gluten al ser mezclado con agua forma una masa chiclosa y con el calor del horno a temperatura mayor a 50 °C hay liberación de agua en el gluten, el almidón sufre aglutinación provocando un fortalecimiento de la estructura de enlaces cruzados que son el principio de la formación del migajón. Mientras más uniforme sea la liberación de agua en el gluten más uniforme será la estructura de los poros y por lo tanto la apariencia del migajón es más fuerte y simétrica.

Como consecuencia del acondicionamiento de la masa con lecitina se manifiestan las siguientes características:

- Distribución homogénea de grasa; y buena incorporación de ingredientes, lo cual aumenta los rendimientos de producción.
- Reduce el tiempo de amasado.
- Facilita la retención de gas durante la fermentación promoviendo un mayor volumen.
- Favorece la retención de agua.
- La emulsificación adecuada de ingredientes origina una masa más seca facilitando su manipulación.
- El producto final tiene una apariencia simétrica, es más suave, tiene mejor textura, miga fina y homogénea; prolonga su vida de anaquel.

Un punto importante es cuando la lecitina promueve la distribución de grasa, ya que se ha encontrado que con el 0.3% de lecitina y 1% de manteca vegetal se guardan propiedades equivalentes en el producto; pero si no se agregara lecitina el efecto complementario sería utilizando 4% de manteca vegetal. Esto se explica porque la lecitina favorece la acción de la manteca vegetal, por lo tanto, ayuda a disminuir los requerimientos de este ingrediente.

En panadería se utiliza de 0.25 – 0.3% de lecitina en base al peso total de ingredientes secos, esta se puede incorporar con la grasa o dispersarse directamente en la harina. También puede utilizarse la lecitina hidroxilada combinada con mono y diglicéridos premezclados antes de su incorporación. Esta mezcla facilita su dispersibilidad. La lecitina hidrolizada se suele emplear porque tiene la facilidad de acomplejarse con la amilosa y retardar el endurecimiento del pan.^{40 41}

Se ha observado la influencia de la harina en la calidad del pan y cuando se utilizan mezclas de harinas cuya calidad es baja, se compensa con la adición de lecitina ya que contribuye a mejorar las propiedades del gluten.⁴²

Muchos trabajos han demostrado el efecto sinergista de la lecitina en combinación principalmente con mono-diglicéridos. Esta combinación estimula la calidad de materias primas, optimiza técnicamente el proceso,

⁴⁰ Alimentos FRAMEX S.A. de C.V. Lucas Meyer Lecitinas.

⁴¹ Charalambous G. *Food Emulsifiers Chemistry, Technol. Functional Properties and Applications*. Pág. 115-123.

⁴² Sitkowsk-T. "Use of improvers during flour milling" *Cereals and Bakery*; 36(2); pág: 6-7.

reduce los requerimientos de grasas vegetales, aumenta su dispersibilidad en solución acuosa y favorece la calidad del producto.

En productos bajos en grasa que actualmente tienen mucha demanda la lecitina en combinación con otros emulsificantes y estabilizantes, actúa como sustituto natural de materia grasa, ya que reemplaza sus funcionalidades reduciendo considerablemente los requerimientos del material graso en la formulación. Existe una mezcla comercial (Simplese^{MR}) hecha a base de lecitina, mono-diglicéridos, concentrados proteicos, carboximetilcelulosa y almidones modificados; en donde los proveedores reportan que actúan reduciendo el contenido graso en el producto hasta del 80% utilizándose a niveles de 1.5 a 3%.⁴³

B) Pastelería:

La incorporación de lecitina en formulaciones para pasteles es básicamente para mejorar la calidad del producto la que se manifiestan en aumento de volumen, mejor textura, estabilidad del sabor y mayor vida de anaquel.

El aspecto importante de la lecitina es que favorece la emulsificación de leche, agua y grasa; así como una rápida humectación de partículas sólidas. Actúa protegiendo la estructura de la espuma resultando un mayor volumen y grano uniforme de miga. Además de impartir carga predominantemente negativa en la superficie de la grasa, lo que permite que se mantengan dispersos y reduciendo su tendencia a la aglutinación. En esta etapa también se reduce el tiempo de mezclado y permite la disminución del nivel de materiales grasos reemplazando parcialmente la utilización de huevo que es un ingrediente relativamente caro.

En pastelería suelen ocuparse diferentes grados de harina por lo que la lecitina permite optimizar las propiedades del gluten, modificándose de acuerdo a las necesidades, permitiendo que se utilice cualquier grado de harina. Así en este tipo de alimentos se emplea en una proporción de 0.25 – 0.3% de lecitina en base al peso total de ingredientes secos.

^{MR} Marca Registrada. The Nutra Sweet Company.

⁴³ Pczezola. Boletín Especial. Food Technol; 48(12); pág:168.

C) Galletería:

En estos productos con larga vida de anaquel; en la fase inicial de producción la lecitina asegura la dispersión uniforme de grasa, lo que produce una masa seca y flexible fácil de manipular. Esto disminuye la pegajosidad de la masa, efecto importante en la manufactura ya que evita su adhesividad en la maquinaria.

Al acelerar la dispersión de grasa e ingredientes como saborizantes liposolubles reduce el tiempo de mezclado, lo que implica ahorro energético. La lecitina se emplea en proporción de 0.25-0.3% del peso total de ingredientes secos. Y en el producto final se obtienen los siguientes beneficios:

- Resistencia al horneado, por lo tanto, mayor rendimiento de producción.
- Galleta menos frágil y más suave.
- Sabor, coloración y dimensiones uniformes.

En formulaciones donde el contenido de mantecas vegetales es alto se reduce muy a menudo con solo adicionar pequeñas cantidades de lecitina, 0.3%.

En cremas y chocolate de relleno para galletas se emplea lecitina al 2% respecto al peso de la grasa. Estas cremas que no son otra cosa que mezclas azúcar-grasa, el efecto emulsionante de la lecitina es importante porque aumenta el contenido de grasa y genera alta consistencia y estabilidad. Como estas cremas se emplean en galletas tipo sandwich, la crema debe ser uniforme a temperatura ambiente y al masticarse debe fundirse liberando azúcar y saborizantes que dan la sensación de sabor a la galleta.⁴⁴

2.5.2 Margarina

La margarina es una emulsión de agua en una fase grasa semisólida, este sistema contiene un 80% de materia grasa para el cual se emplea generalmente lecitina cruda en proporción 0.15 a 0.5% en combinación con mono-diglicéridos, principalmente el monoestearato de glicerilo.

⁴⁴ Duncan J.R; Tecnología de la Industria Galletera. Pág:78

Su efecto es totalmente emulgente y estabilizante ya que impide el “sudado” de la humedad que contiene el producto durante su almacenamiento, también influye en el efecto de reducir salpicaduras al ser freída en algún tipo de proceso. Esto se debe a que cuando la margarina se calienta por arriba de los 100°C la emulsión debe ser estable para evitar la unión de moléculas de agua en grandes gotas, ya que la coalescencia provoca una evaporación explosiva acompañadas de gotas de aceite caliente. Esta coalescencia se evita con la adición de lecitina; la cual actúa envolviendo las partículas de agua con fosfolípidos de tal forma que cuando se calientan las gotas de agua estabilizadas migran a la superficie para sufrir una evaporación lenta.⁴⁵

Durante su elaboración se prepara primero por separado: la fase acuosa formada principalmente por leche (aprox. 20%); y la fase oleosa, formada de aceite vegetal al que se adiciona el emulgente y los colorantes. Las dos porciones se mezclan y se solidifican a bajas temperaturas; el enfriamiento provoca el aumento repentino de viscosidad que estabiliza la emulsión. La lecitina así como el monoglicérido se agregan en 0.3% del peso total de los ingredientes.

En margarinas con alto contenido de sal la lecitina natural es muy efectiva además de ser la más económica. Pero en el caso con bajo contenido ó sin sal los iones calcio provenientes del agua y de la proteína de la leche inactivan algunos fosfolípidos por precipitación (principalmente fosfatidil etanolamina), por lo cual se utiliza un derivado de lecitina menos sensible a estos iones. La lecitina apropiada en este caso es la fracción enriquecida con fosfatidilcolina y/o la parcialmente hidrolizada (lisolecitinas). El efecto final de la lecitina es exaltar las propiedades sensoriales del producto como: intensificar el sabor, mejor untabilidad y textura.

3.5.3 Confitería

A) Caramelos.

La lecitina se utiliza como fijadora de saborizantes volátiles ya que disuelve compuestos como ésteres sintéticos o aceites cítricos, disminuyendo la pérdida de sabor por volatilización.

⁴⁵ Pomeranz Y; Functional Properties of Food Components. Pág: 182

También se utiliza como dispersante de colorantes hidrosolubles en dulces con alto contenido graso. Otra funcionalidad en estos productos es que favorece una buena integración de agua, grasa y azúcar lo que permite controlar la viscosidad de la mezcla y evitar la arenosidad del producto. En la elaboración de caramelos y chiclosos se emplea en una proporción de 1% en base al contenido de grasa. Además se ha visto que la lecitina tiene un efecto lubricante lo que previene la adhesión de la mezcla a maquinaria y moldes.

A) Chocolate

El uso de lecitina líquida ó en hojuelas de 0.25 a 0.35% durante la elaboración de chocolate reduce notablemente la viscosidad, permitiendo su aplicación uniforme en coberturas; además permite disminuir el empleo de la cantidad de manteca de cacao que es muy cara, reduce así mismo el tiempo de mezclado de los diferentes ingredientes, originando un chocolate más estable. El chocolate estabilizado con lecitina tiene mejores características para su manejo y es más resistente a la aparición de grasa o azúcar en la superficie evitando tendencias de granulosidad.⁴⁶

2.5.4 Alimentos Instantáneos

En general los alimentos instantáneos son mezclas multicomponentes de: azúcares, saborizantes, colorantes, vitaminas, sales, materia grasa, etc. Las características humectantes que aporta la lecitina acelera la dispersión de sólidos y grasas lo que permite obtener una mezcla homogénea y casi instantánea al contacto con agua o leche, evitando la aglomeración y adherencia de partículas. La concentración de lecitina en estos productos varía de 0.1 a 3% dependiendo del grado de lecitina que se utilice, así como, de la composición del sistema. Entre los alimentos instantáneos en los cuales se emplea mencionaremos: la leche y crema en polvo, bebidas de cocoa en polvo, aguas frescas, sustitutos de leche, sopas instantáneas, mezclas para pasteles, preparados vitamínicos, etc.⁴⁷

⁴⁶ Brekke O.L.; *Desgomado del aceite y la Lecitina de Soya*. Pág:72

⁴⁷ Brandt. L., "Emulsifiers in baked goods" Food Products design. 46(6). Pág.65

a) Leche y crema en polvo.

La leche entera así como la crema en polvo contienen una porción variable de grasa libre, la leche entera contiene de 0.2 a 0.5% de grasa libre que se distribuye en la superficie formando una película muy fina con acción hidrofóbica y repelente al agua. El empleo de lecitina favorece la dispersión de las partículas lácteas al envolverlas con una capa de fosfolípidos cuyos grupos hidrofílicos se extienden hacia la superficie, con lo cual aumenta la humectabilidad, dispersando la grasa libre y estabilizando el sistema proteico.

Dependiendo del tipo de producto se exigirá un grado de lecitina específico así por ejemplo:

- La lecitina refinada en polvo con doble blanqueo es la que se emplea en leche ó cremas en polvo de alta calidad, ya que no influyen en el color y sabor del producto, su empleo es menor a 3% del total representado en base seca.
- En productos con bajo contenido calórico se emplea la lecitina desengrasada que contiene una fracción de aceite menor al 3%, ya que se requieren materias con un mínimo de grasas ó aceites. En estos productos se emplean para emulsificar y estabilizar vitaminas ó saborizantes oleosolubles.^{48, 49}

a) Bebidas a base de cocoa:

La cocoa en polvo contiene aproximadamente 10 a 25% de manteca de cacao, lo que dificulta su dispersión en agua ó leche a temperaturas por debajo de su punto de fusión.

⁴⁸ Lucas Meyer. Lecitinas

⁴⁹ Op.cit. Charalambous pg:135

Con la adición de lecitina a concentración de 1% calculado en base seca, permite que la parte lipofílica se disuelve en la manteca de cacao mientras que la cadena hidrofílica del fosfolípido se dirige hacia la superficie. La gran afinidad de estos grupos por el agua permite una rápida dispersión y humectación de partículas. Esta propiedad se mantiene durante el almacenamiento, ya que los fosfolípidos previenen la exsudación de grasa evitando los aglomerados de cocoa.

b) Harinas preparadas para pasteles:

La lecitina en polvo se incorpora de 0.5 a 1% del peso total de la harina con la finalidad de promover la emulsificación rápida al mezclarse con el agua ó leche. También disminuye el empleo de otros ingredientes como manteca vegetal, mantequilla, ó huevo. Así que en productos dietéticos la más adecuada es la lecitina desengrasada.

c) Preparados vitamínicos.

El tipo de lecitina que suele emplearse, es la refinada sobre todo en aquellos productos donde se requiera alta claridad de la emulsión formada. Así mismo en preparados vitamínicos especiales, actúan como complementos alimenticios para el metabolismo de grasas.⁵⁰

2.5.5 Productos Lácteos:

A) Mantequilla:

Este producto análogo a la margarina, la lecitina fraccionada con fosfatidil inositol (insoluble en alcohol), se emplea a concentraciones menores de 0.5% con el fin de estabilizar las partículas de agua en la fase oleosa; y tal como ya

⁵⁰ Op cit. Lucas Meyer. Lecitinas

se mencionó también presenta un efecto antisalpicante. En el producto favorece sus propiedades de textura, untabilidad y mayor vida de anaquel debido a que también presenta un efecto sinergista con los antioxidantes.

B) Quesos:

Durante la fabricación de quesos untables naturales ó de imitación. La lecitina líquida de 0.1 a 2% se requiere por la acción emulgente de partículas sólidas y grasa láctea y en aquellos productos que en su formulación incluyen saborizantes ó colorantes favorece su dispersión. El producto terminado evita la sinéresis conservando su calidad hasta el momento de su consumo.⁵¹

C) Helados:

Se emplea lecitina refinada y blanqueada principalmente para: estabilizar grasa, reducir el uso de otros emulsificantes relativamente costosos, mejorar la textura del producto, favorecer la dispersión de saborizantes y prevenir la arenosidad del producto. En helados con bajo contenido calórico el empleo de lecitina desengrasada contribuye favoreciendo la consistencia del producto y de manera general se utiliza en combinación con gomas para reforzar la estabilidad. La concentración empleada es de 0.001 a 0.1%.

2.5.6 Productos Extruidos.

Es este tipo de productos como pastas, hojuelas, ó frituras, las propiedades interfaciales y emulsificantes de la lecitina permiten obtener masas extensibles y lubricadas lo que facilita la operación de extruido.

En pastas también se manifiesta con un efecto posterior; ya que al momento de su cocción mejora la estructura del hidrogel, previniendo la

⁵¹ "Quesos análogos ó de imitación" Una alternativa económica y nutritiva Tec. Alim. 1996; 31(3): 32

2.6 Discusión

La propiedad emulsificante que presenta la lecitina natural se debe a su estructura molecular con carácter anfifílico; su funcionalidad como emulsificante se debe a que su molécula se dispone en capas monomoleculares con la porción ácido graso orientado a la fase oleosa y la parte amino ó fosfórico frente a la superficie del agua. Esta disposición disminuye la tensión interfacial en la frontera de componentes inmiscibles, resultando benéfica la estabilidad y dispersión de componentes.

Entre sus aplicaciones múltiples se habló principalmente de su uso como emulsificante en la elaboración de productos de panificación, margarina, confitería, lácteos y alimentos instantáneos. En el caso de productos de panificación un aspecto importante es que favorece que las mantecas vegetales actúen de manera óptima, reduciendo su empleo y de otros ingredientes como el huevo. También una emulsificación rápida de ingredientes disminuye los tiempos de mezclado. Estos dos puntos son muy importantes porque aumentan los rendimientos de producción y disminuyen los gastos de energía, lo que implica disminución en costos de producción.

Otro punto importante es que actualmente tienen mucha demanda aquellos productos con bajo contenido en calorías, por lo que se han desarrollado mezclas comerciales a base de lecitina desengrasada y purificada que tienen un efecto sinérgico con otros emulsificantes como los monoglicéridos, y en conjunto con otros estabilizantes pueden disminuir el contenido de material graso hasta en un 80%.

La utilización de lecitina no solo facilita operaciones mecánicas; si no que interviene en la calidad final del productos como el de favorecer sus características sensoriales y estabilidad durante su vida de anaquel.

La ventaja más importante que representa la lecitina es que se trata de un aditivo natural y es compatible con otros ingredientes al actuar de forma individual ó combinada con otros componentes permite adaptarse a diversos sistemas, para mejorar y optimizar procesos, calidad y aceptación del producto en el mercado, este punto abarca características sensoriales, facilidad de preparación y costo. También es uno de los emulsificantes más

económicos ya que como aditivo representa del 0.1 al 3% de los costos en la formulación de un producto.

También se indicó que existen diferentes grados comerciales de lecitina por lo que una adecuada selección garantiza buenos resultados. Para lo cual hay que considerar estado físico de adición, color, porción fosfolipídica predominante, que finalmente están en función de las características del sistema al cual se va adicionar. Así que la funcionalidad de la lecitina está estrictamente determinada por el contenido y porción fosfolipídica. De manera que si se modifica física ó químicamente es con el fin de mejorar sus propiedades emulsificantes aceite en agua ó agua en aceite.

Los efectos sinergistas con otros emulsificantes permite que en su mayoría se utilice en combinación con:

- a) Mono y diglicéridos favoreciendo la calidad del producto y disminuyendo costos.
- b) Proteínas y estabilizantes (hidrocoloides ó almidones) Permite la estabilización de sistemas con bajo contenido de material graso.

Finalmente se ha comprobado que la lecitina es un componente natural que participa en la digestión y absorción de grasas en el organismo humano, considerándose como una sustancia totalmente inocua.

En México se encuentra en la lista de aditivos permitidos por la Secretaría de Salud en la elaboración de alimentos y bebidas. Sin embargo, en nuestro país no existe una norma que defina a la lecitina como un aditivo alimenticio, así como, que se establezcan especificaciones de calidad con la cual deba cumplir para someterse a una valoración adecuada.

Otro punto de discusión incluye la necesidad de establecer una denominación adecuada para los diversos productos de lecitina, así como su normalización en nuestro país que determine su especificidad de aplicación en alimentos.

MONO Y DIGLICÉRIDOS DE ACIDOS GRASOS

3.1 ESTRUCTURA QUIMICA.

3.2 OBTENCION.

3.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.

3.3.1 Solubilidad.

3.3.2 Estabilidad.

3.3.3 Emulsificación.

3.4 TOXICOLOGIA.

3.5 APLICACIONES EN ALIMENTOS.

3.5.1 Productos Horneados.

3.5.2 Productos Lácteos.

3.5.3 Confitería.

3.5.4 Margarina y Grasas Emulsionadas.

3.5.5 Mantequilla de cacahuate

3.5.6 Productos Cárnicos.

3.5.7 Salsas Emulsionadas.

3.5.8 Productos Extruidos.

3.5.9 Sustitutos Lácteos.

3.5.10 Saborizantes.

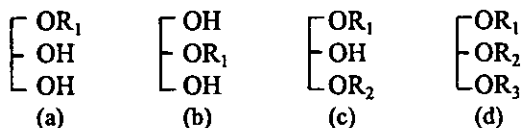
3.5.11 Preparados Vitamínicos.

3.6 DISCUSION.

3. MONO Y DIGLICERIDOS DE ACIDOS GRASOS.

Los mono y diglicéridos pertenecen al grupo de emulsificantes alimentarios más empleados a nivel mundial; Ya que se estima que su consumo constituye el 75% del total de los emulgentes. Estos compuestos consisten en ácidos grasos químicamente combinados con una molécula de glicerol.

3.1 ESTRUCTURA QUIMICA:



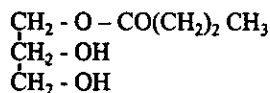
- (a) 1,monoglicérido
- (b) 2,monoglicérido
- (c) Diglicérido
- (d) Triglicérido

R₁, R₂, R₃ = Ácido Graso:

ac. láurico, ac. Mirístico
 ac. palmítico, ac. Oleíco,
 ac. Esteárico, etc.

Como se observa los posibles lugares donde puede haber radical de ácido graso se denomina como posición 1, 2 y 3, o bien, como α , β , γ respectivamente. Cuando se tienen ácidos grasos semejantes en la posición α y β el glicérido se denomina simétrico ó simple; si por el contrario, los ácidos grasos difieren será asimétrico ó mixto. Como estos compuestos son productos de una esterificación los mono y diglicéridos se nombran como ésteres indicando la posición y el tipo de ácido graso que presenta:

Ejemplo.



Monoestearato de Glicerilo

3.2 OBTENCION

Diversos métodos permiten fabricar monoglicéridos de los cuales mencionaremos los más comunes a nivel industrial:

A) Transesterificación:

Las materias primas más comunes para este método de obtención son el tocino, manteca de origen animal, aceites de algodón y girasol.

Como paso previo las materias primas se hidrogenan a fin de saturar los ácidos grasos. Posteriormente la reacción se efectúa al poner en contacto a un triglicérido con la glicerina a alta temperatura (200-250 °C), En presencia de un catalizador alcalino que puede ser hidróxido de sodio, glicerato de sodio, ó carbonato de potasio.^{54,55}

Los productos de la reacción química son una mezcla de:

40 a 60% de monoésteres.(MG)

30 a 40% de diésteres (DG)

10 a 20% de triésteres. (TG)

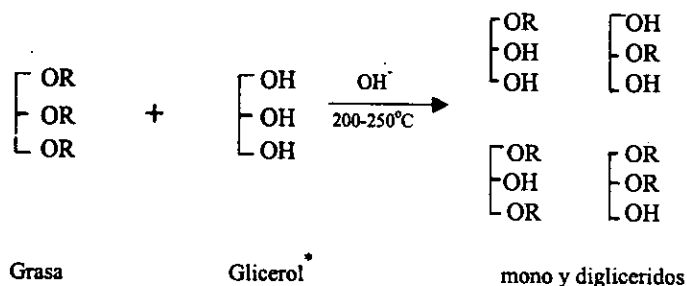
Esta mezcla, además, va acompañada de pequeñas cantidades de glicerol y ácidos grasos libres.

⁵⁴ Ulrich. G. Aditivo e Ingredientes. pág. 63-64

⁵⁵ Charamlambous G. Food Emulsifiers Chemistry. Pág 423

Esta mezcla puede ser comercializada sin otro tratamiento; pero conviene subrayar que los monoglicéridos son los presentan propiedades tensoactivas importantes en relación con los di y triglicérido.

Reacción de Transesterificación:



Se pueden obtener monoglicéridos esterificados en la posición 1, mediante un bloqueador inicial del glicerol con la formación de un acetal en las posiciones 1 y 2.

Estos bloqueadores que pueden ser la benzalidina o hexadecilidina tienen son de gran valor en la síntesis de monoglicéridos, ya que posteriormente el grupo OH libre reacciona con HCl para formar un éster bloqueado, del cual por hidrólisis ácida se obtiene el 1- monoglicérido.^{56,57}

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

⁵⁶ Op. Cit. Ulrich; pág. 64

⁵⁶ Multon. J.L. Aditivos Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. Cap 6, pág.336-337

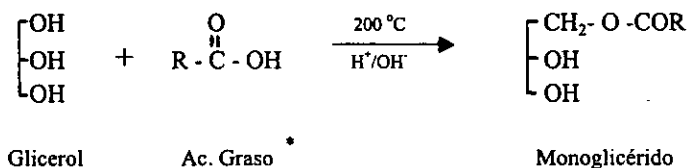
B) Esterificación Directa:

El glicerol junto con un ácido graso se calienta aproximadamente a una temperatura de 200°C, durante 2.5 a 3 hrs. En esta reacción se emplean catalizadores ácidos, bases, metales y óxidos metálicos.⁵⁸

Se ha observado la miscibilidad de los mono y diglicéridos con los productos iniciales puede afectar el curso de la esterificación, por lo que se ha comprobado que el uso de solventes como el fenol ó dioxano, que disuelven al glicerol y los ácidos grasos favorecen la formación de monoglicéridos en mayores proporciones.

Para la obtención de monoglicéridos de composición específica se utilizan mezclas especiales de ácidos grasos purificados, dentro de los que más prevalecen son el linolénico, mirístico, oleico, palmítico y esteárico.⁵⁹

Reacción de esterificación directa:



Purificación y destilación:

Generalmente la mezcla de mono y diglicéridos se somete a una destilación con la finalidad de concentrar la cantidad de monoglicéridos presentes. Este tipo de productos tienen como nombre comercial Destilados de Monoglicéridos.

⁵⁸ Lewis R. *Foods Additives Handbook*. Cap.9 pg-183

⁵⁹ Dziezak J.D. "Emulsifiers: The interfacial key to emulsion stability. 42 (10). pg-178

* Este ácido graso es el que se considera como materia prima importante, de la cual proviene el tipo de monoglicérido forma.

Durante la destilación los monoglicéridos se someten a una temperatura de 200 °C, al vacío de 0.1mm de Hg. Los monoglicéridos que son más volátiles que los di y triglicéridos se evaporan y se recuperan por condensación. El producto obtenido así puede contener hasta el 95% de monoésteres. En donde el 90% está formado de α -MG y el otro 10% restante está constituidos por β - MG. De hecho, por la gran pureza los monoésteres son los más empleados ya que es más fácil controlar el estado físico del emulgente.⁶⁰

Otro método alternativo es la purificación de estos compuestos mediante un blanqueo, tratando a la mezcla con ácido fosfórico (H_3PO_4) y un filtro de arcilla, esto es con el propósito de eliminar compuestos coloreados que son indeseables.

La composición de cada monolicerido depende de varios factores los cuales son:

a) Tipo y cantidad de materias primas:

La composición en ácidos grasos del monoéster obtenido depende en primer lugar de la materia grasa elegida. Ya que si se parten de grasas hidrogenadas, los más comunes son el ácido palmítico y el ácido esteárico.

Si se mezclan en cantidades equimoleculares de los dos principales reactivos proporciona aproximadamente la misma cantidad de formación de MG y DG con menor presencia de glicerol, ácidos grasos libres y triglicéridos.

Cuando se utiliza más glicerol del que normalmente se emplea se obtienen gran cantidad de ésteres parciales, donde el exceso de glicerol favorece su esterificación con ácidos grasos obteniéndose un producto con un 80% aproximadamente de monoglicéridos.

⁶⁰ Op. Cit. Ulrich. Pg. 63.

b) Temperatura y tiempo de reacción:

Se ha determinado que los ésteres parciales se preparan con mayor facilidad a altas temperaturas (superior a 200 °C), ya que se ha observado que en los monoglicéridos el grupo hidroxilo primario se esterifican con mayor facilidad que el secundario. Ya que a bajas temperaturas se favorece la formación de triglicérido. Con respecto al tiempo, si la reacción se somete a altas temperaturas por tiempos prolongados se obtienen diglicéridos predominantemente, por esterificación directa de monoglicéridos.^{61, 62}

3.3 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS:

En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas los monoglicéridos difieren con relación a la serie y posición de ácidos grasos presentes, así como, el grado de esterificación en el glicérido. Esto permite que se tengan varios grados que se eligen de acuerdo a las necesidades.

Con respecto a su aspecto físico se presentan comercialmente en tres formas: hojuelas cerosas, líquido viscoso, ó de consistencia plástica de color blanco – amarillento. Los parámetros que se consideran para determinar son su pureza es el punto de fusión que varía de acuerdo a su composición. (Ver cuadro 5).⁶³

El contenido de humedad la cual varía dependiendo de su estado físico y el contenido de glicerina libre no debe ser mayor de 7%.

Los MG son compuestos no iónicos completamente covalentes presentando un comportamiento muy estable ya que no muestran tendencia a ionizarse lo que hace que sean inmunes a la acción de electrolitos ó pH.

⁶¹ Op. Cit., Multon. Pág. 337.

⁶² Op. Cit. Charalambous; pág. 424.

⁶³ Eastman Food Emulsifiers. Catálogo; pág. 5

Cuadro 5

**Propiedades Fisicoquímicas De Monoglicéridos
Con Diferente Grado Comercial**

Materia prima	Monoésteres (%) mín.	Máximo de glicerol (%)	Forma física	Punto de Fusión °C	HLB
Aceite de cacahuete Refinado	40	7	Semilíquido	20	2.8
Manteca de cerdo refinada	40	3	Hojuelas ó Polvo	59	2.8
Aceite de soja refinado	40	1.2	Plástica sólida	60	2.8
Aceite de palma refinado	66	3	Líquido claro	59	3.2
DMG de aceite de soja hidrogenado.	90	1.2	Hojuelas pequeñas	69	3.8
DMG de manteca de cerdo refinada.	90	1	Hojuelas ó polvo	69	3.8
DMG de aceite de palma hidrogenado	90	1.2	Hojuelas pequeñas	66	3.8
DMG de aceite de algodón hidrogenado.	90	1.2	Hojuelas o polvo	68	3.8
DMG de aceite de palma refinado	90	1.2	Hojuelas	60	3.5
DMG de aceite de algodón	90	1.2	Plástico	46	3.5
DMG de aceite de girasol	90	1.2	Plástica	46	3.5

DMG = Destilado de Monoglicéridos.

FUENTE: ICI. Surfactants
EASTMAM: Food Emulsifiers

3.3.1 Solubilidad:

Los glicéridos que poseen al grupo carboxilo el cual es polar permite que pueda formar puentes de hidrógeno entre sí y con otros tipos de moléculas.

Por lo que la solubilidad en agua se debe a los puentes de hidrógeno entre el grupo carboxilo y el agua. Los Monoglicéridos son capaces de tomar grandes cantidades de agua; los compuestos saturados fijan hasta un 180% de su peso.⁶⁴ Los MG son solubles en compuestos poco polares como el etanol, benceno y cloroformo.

3.3.2 Estabilidad.

Tomando en cuenta que los monoglicéridos son productos derivados de las grasas pueden presentar fenómenos de oxidación y rancidez.

La oxidación de las grasas es un punto importante en cuanto a estabilidad de monoglicéridos se refiere. Esta comienza con al formación de radicales libres que en presencia de oxígeno terminan por formar moléculas inactivas.

Como medidas preventivas para evitar lo anterior, se recomienda:

a) Almacenar a bajas temperaturas.

Punto importante en cuanto a la estabilidad de monoglicéridos y se refiere a la temperatura a la que se someten una vez que se tiene como producto terminado. En general se ha determinado que la temperatura de almacenamiento no debe ser mayor de 35°C, ya que puede perder sus propiedades químicas y físicas dificultando su eficiencia.⁶⁵

⁶⁴ Op. Cit . Ulrich; pág. 64

⁶⁵ Fennema. *Química De Los Alimentos*. Pág. 287

Fuera de esto, los monoglicéridos poseen gran estabilidad y en consecuencia una mayor vida de anaquel aproximadamente de un año, si se toman en cuenta condiciones de temperatura.

- b) Evitar exceso de luz. Durante el almacenamiento debe evitarse la exposición de estos compuestos a los rayos solares.
- c) Disminución de trazas metálicas (durante la elaboración).

El factor pureza de estos compuestos es importante en cuanto a estabilidad de estos se refiere; ya que si se encuentran contaminados con trazas metálicas u otros compuestos altera su punto de fusión y su estabilidad frente a la temperatura se afectará.

- d) Menor disponibilidad de oxígeno. Para esto se debe tomar en cuenta que estos productos no deben almacenarse en atmósferas oxidantes, de manera que se evite la presencia de oxígeno.

3.3.3 Emulsificación.

Propiamente se ha dicho la capacidad emulsionante de estos productos depende de la cantidad de monoésteres presentes. Los diésteres poseen una escasa capacidad emulsionante y los triésteres, prácticamente ninguna. De aquí que se procure obtener productos con alto contenido de monoésteres.

Sus propiedades tensoactivas se debe a que presentan un carácter anfílico, donde la porción hidrófila está representada por los grupos $-OH$ y la porción lipófila por el ácido graso. Esto permite que se adsorban fuertemente en la interface de un sistema con componentes inmiscibles. Esto favorece la formación y estabilidad de la emulsión.⁶⁶

Estos compuestos tienen un HLB que varía de 2.5 - 3.5 por lo que consideran comúnmente como emulsificantes lipófilos favoreciendo las emulsiones agua/aceite como la margarina. Sin embargo, a la fuerte polaridad que presentan los grupos $-OH$, hace que también se sitúen fácilmente en la interface de las emulsiones tipo aceite/agua.

⁶⁶ Op. Cit Charalambous. Pág. 424.

3.4 TOXICOLOGÍA

El hombre consume habitualmente los mono y diglicéridos que contienen toda ración mixta normal; estos compuestos se forman también a partir de triglicéridos durante la digestión y absorción de todo alimento que contienen grasa. Por lo que no se ha asociado ningún efecto perjudicial específico a la ingestión de MG y DG

Estos compuestos se incorporan en el metabolismo normal de las grasas; En el tracto digestivo las grasas de los alimentos se emulsionan con las secreciones digestivas, en donde se encuentra la lipasa pancreática (enzima que hidroliza eficazmente el enlace éster). El glicerol, esteres de glicerol, ácidos grasos y glicéridos se absorben en el intestino y son parcialmente recombinados para formar fosfolípidos que en forma de gotas microscópicas se transportan a la sangre. La mayoría de las grasas se rompen mediante enzimas en metabolitos que se oxidan directamente en los tejidos ó en el hígado hasta dióxido de carbono y agua.⁶⁷

Los MG y DG que más probablemente pueden ocasionar efectos indeseables son aquellos que contienen ácidos grasos saturados de cadena larga. Estos compuestos han sido evaluados en estudios de larga duración en animales, los cuales registraron un aumento de peso en el hígado aquellos individuos que ingirieron gran cantidad de grasas, sin embargo, este aumento no se considera de importancia toxicológica.⁶⁸

Estos estudios proporcionan una útil información complementaria a la amplia experiencia adquirida con los glicéridos en la alimentación normal del hombre. Y de acuerdo con lo anterior que estableció la Ingesta Diaria Admisible para el hombre es Sin Limitar. En México se encuentra dentro del grupo de aditivos aprobados por la Secretaria de Salud y la FDA considera a estos compuestos como aditivos de estatus GRAS.⁶⁹

⁶⁷ Boletín FAO/OMS. Aditivos Alimentarios. Pág 160

⁶⁸ Joseph A.M., Food Additive Toxicologi., pág. 268-269.

⁶⁹ CFR. Title 21 1996.

3.5 APLICACIÓN EN ALIMENTOS

El uso de los MG y DG en la industria de los alimentos es muy amplio, sin embargo, los productos en los que se demandan más son los de: panificación, pastelería, margarina, helados, blanqueadores para café y postres congelados. Estos compuestos frecuentemente se utilizan a lo largo de un sistema en conjunción con otros emulgentes.

3.5.1 Productos Horneados

A) Panificación:

La utilización de MG y DG en estos productos tiene efectos importantes durante todas sus fases de elaboración:

- En la masa:
 - Facilita la dispersión rápida, hidratación e incorporación de ingredientes.
 - Facilita la incorporación y emulsificación de materia grasa.
 - Mejora las propiedades mecánicas de la masa.
 - Compensación de variantes de calidad en la materia prima.
 - Prevé facilidad mecánica de la masa al acomplejarse con el gluten.
 - Aumento de retención de gas, por lo tanto, disminuye los requerimientos de levadura.
 - En la formulación de productos bajos en grasa, reduce la utilización de materiales grasos y aceites.
- En el producto:
 - Firmeza en la corteza del pan, mejora la simetría, miga más suave y reduce la producción de productos deformados. (Aumento de rendimiento).

- Aumento de volumen en el pan.
- Retarda el endurecimiento del producto, aumentando su vida de anaquel.
- Reducción de costos.

Lo anterior se deriva principalmente de dos hechos importantes durante la fabricación de estos productos:

1) Efecto condicionante de masa:

Los MG al ser incorporados contribuyen a mejorar las características reológicas de la masa, lo cuál se refleja en una excelente maxabilidad, retención de agua y fijación gaseosa.

Durante el proceso de amasado se produce el fenómeno de maduración de la masa, que se origina con la hidratación de la harina. Las proteínas experimentan un desenrollamiento de las moléculas y su unión por enlaces cruzados forman una vasta red de proteínas que en total se llama gluten.

La maduración de la masa se da cuando fermenta con manipulación mecánica. Al comenzar la masa es pegajosa, pero según progresa la maduración se torna gomosa y manejable, llamado punto óptimo de maduración, ya que si este no es el adecuado la operación se deteriora y la masa se hace quebradiza, disminuyendo la calidad del pan.

La retención de gas es una propiedad de la proteína de harina: donde el gluten debe ser extensible para permitir que “suba” la pieza, y a la vez ser suficientemente fuerte para evitar que el gas se escape con facilidad, lo que conduciría que la pieza se colapse.

En este punto los Monoglicéridos interactúan con la proteína del gluten beneficiando la viscosidad de este, y formando una red glutínica resistente en la masa favoreciendo la retención de gas, resultado una estructura fina de la miga, incrementando el volumen y un mejor rebanado. Ya que cuando la red glutínica es débil la capacidad de retención de gas es baja, porque el anhídrido carbónico formado en la fermentación tiende a escaparse.⁷⁰

⁷⁰ Quaglia G. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Cap II pág. 83.

2) Efecto Antiendurecedor:

Se sabe que el endurecimiento del pan se debe a la cristalización del almidón, el cual al calentarse en agua tiende a hincharse formando un gel, este al enfriarse se recrystaliza progresivamente. A este fenómeno que se denomina retrogradación del almidón, que es responsable en parte del endurecimiento del pan.

El almidón que esta conformada por amilosa, se sabe que tiene la propiedad de formar complejos de inclusión con los monoglicéridos. Este poder acomplejante esta unido a la posibilidad de presentar la amilosa una conformación helicoidal. La configuración de esta hélice está de manera que en el interior se ordenan los grupos $-CH_2$, por consiguiente, lipófilos; mientras que los grupos hidrófilos $C-OH$ están orientados hacia fuera (fig. 8).⁷¹

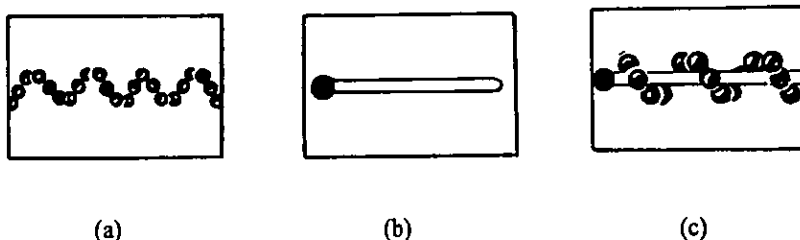


Fig. 8. (a) Molécula de amilosa; (b) Emulsificante; (c) Complejo amilosa-emulsificante.

La incorporación MG tiene por efecto limitar la velocidad de endurecimiento de la miga por la relación existente entre el poder complejante de la amilosa y el efecto antiendurecedor. Se ha establecido que estos emulgentes intervienen en diferentes etapas del proceso de panificación. Durante el amasado los monoglicéridos se reparten en toda la masa y se adsorben en la superficie de los gránulos de almidón. Esta

⁷¹ Roach R; Hosney R.C; "Effect of Certain Surfactans on the Starch in Bread" Cereal Chem.; 1995; 72(6):578-582

adsorción tiene por efecto limitar el hinchamiento de los gránulos de almidón en el curso de la cocción. Es al comienzo de la cocción cuando se forman los complejos de inclusión amilosa-monoglicérido, al enfriarse la amilosa en el interior del gránulo se hace más difícil la reorganización.⁷²

Para los MG, solo la porción hidrófoba puede penetrar en el interior de la hélice, y de estos compuestos los más eficaces son los monoglicéridos destilados hidrogenados, ya que presentan el índice de complejación más alto (85 %); ya que los no hidrogenados son menos eficaces puesto que la porción de ácido graso insaturado y la presencia de dobles enlaces insaturados limitan las posibilidades de inclusión de la cadena grasa en el interior de la hélice.⁷³

Igualmente es posible elaborar productos con mayor contenido de proteína, incorporando concentrados proteícos, de soja por ejemplo. En este caso los monoglicéridos emulgentes intervienen compensando el efecto nefasto, de estas proteínas sobre las características reológicas de la masa y en la calidad del producto.

El nivel sugerido para este tipo de productos es 0.2 a 0.5% en peso total del producto; en general el producto adecuado son los destilados de monoglicéridos y generalmente se emplean en combinación con la lecitina ó algunos derivados orgánicos de este como los MG lactilados, ó también con los polisorbatos tienen un efecto sinérgico. (Los dos últimos emulsificantes mencionados se tratarán con detalle más adelante).⁷⁴ El costo de estos emulsificantes ya sea solos ó en combinación con otros es de 5% máximo del total de la formulación empleada.

B) Pastelería:

Para este tipo de productos el efecto global de los MG es muy complicado debido al número de ingredientes presentes, pero tienen las funciones principales de:

⁷² Brandt. L., "Emulsifiers in Baked Goods" *Food Product Design*, pág. 66-67

⁷³ Op. Cit., Brandt L., pág. 66-68.

⁷⁴ Op. Cit. Eastman. Pág.5

- Distribución e incorporación homogénea de todos los ingredientes presentes. Emulsificando y estabilizando la mezcla.
- Facilita la incorporación de aire. Esta aireación se logra por la formación de burbujas de gas precedentes de las reacciones químicas in situ, precursora de los alveolos de la miga y el volumen del producto.

La propiedad ligada a la eficiencia de retención de gas y acción de materia grasa, así como la complejación con almidón produce un producto esponjoso con apariencia uniforme.

En estos productos se recomienda su empleo a concentración de 0.5% aunque su uso solo se limita a las buenas practicas de manufactura.^{75, 76}

C) Galletería.

En la industria galletera hay un gran espectro de recetas, desde las pobres en grasa hasta las excesivas en material graso. Sin embargo, para cualquier tipo de receta se requiere la incorporación de un emulgente.

El problema que se presenta en aquellas recetas pobres en grasa se relaciona con la formación de gluten, ya que se requiere de mayor trabajo mecánico, además de un deficiente volumen. Se ha encontrado que esto se resuelve al incorporar un destilado de monoglicéridos (monoestearato de glicerol) en proporción 0.3%.⁷⁷

Sin duda en aquellas recetas ricas en grasa la presencia de MG se emplea para facilitar su incorporación total.

En cuanto a las propiedades sensoriales de la galleta los MG actúan mejor en combinación con lecitina, ya que se obtiene una simetría uniforme de miga, mejor textura, y en general la calidad del producto se mejora.⁷⁷

⁷⁵ Op Cit Charalalibous. Pg 428.

⁷⁶ Dziezak. "Emulsifiers: The Key to the Emulsion stability". Food Technol 42(10) Pg. 192

⁷⁷ Vevkateswara. G., "Effect of Sugar Fat and Emulsifiers on Cookies" J.Food Sci. Technol. 33(4), pg 328.

3.5.2 Productos Lácteos

A) Helados:

Este producto se pueden describir como una espuma congelada con 40-50% de aire incorporado. Los MG ayudan a dispersar los glóbulos de grasa y las burbujas de aire, ya que se concentran en la interface de estos con los grupos polares orientados a la fase acuosa. Una vez que se forma la mezcla homogénea de ingredientes se prosigue a la congelación en donde se recurre a una desemulsificación y posteriormente la cristalización.

Estos dos pasos deben ser controlados perfectamente, de tal forma que se asegure una aglomeración de glóbulos de grasa lo suficientemente concretos para asegurar la permanencia del helado, además de producir un efecto de secado en la superficie de los glóbulos de grasa, esto previene su fusión y el goteo de envases.

Como se mencionó el principal efecto que ejercen los MG es el aireante, punto importante en cuanto a las características físicas del producto como lo es la textura y volumen.

En estos productos los MG se utilizan a niveles de 0.1-0.3 % del total de ingredientes. Se recomienda el empleo de destilado de MG, y su porción ácido graso puede ser saturada ó insaturada. En combinación con hidrocoloides como la goma guar, pectinas, o carrageninas aseguran la estabilización del sistema evitando fenómenos como sinéresis o también como reductores de grasa en productos dietéticos.^{78, 79, 80}

3.5.3 Confitería

En productos de confitería o de cobertura afines. Los MG se emplean con el fin de emulsionar grasa o aceites esenciales (saborizantes) en aquellas donde su formulación lo requiera. En el producto terminado tienen los siguientes efectos:

⁷⁸ Mivatex. Eastman Food Emulsifiers.

⁷⁹ Keeney P.G. "Development of frozen Emulsions" *Food Technol.* 36(11). Pág.66-69

⁸⁰ Fritz. T. *Fabricación de Helados.* pág. 48.

a) Caramelos: 0.5% de los MG destilados mejora la calidad al mascar el dulce, por el hecho de disminuir su pegajosidad a envoltura y dientes; así como, favorece una mejor percepción del sabor.

b) Gomas de mascar: En este caso se pueden utilizar productos con MG y DG en porción de 0.5%, que en conjunto con antioxidantes como el BHA, aumentan la calidad general del producto, conservando sus características deseables durante su vida de anaquel.

c) Rellenos: Se adicionan en 0.2% con el saborizante; se pueden emplear mezclas de MG y DG ó destilados de MG. En estos productos se ha observado que su incorporación también controla la cristalización del azúcar al descender la temperatura de cocido.

d) Cubiertas protectoras: En el caso de coberturas de chocolate los MG en concentración de 0.5 % en conjunto con lecitina es suficiente para emulsionar la grasa de cacao. Esto aumenta el punto de fusión del recubrimiento evitando que se derrita el producto durante el almacenamiento.^{81, 82}

3.5.4 Margarina y Grasas emulsionadas:

A) La margarina que como ya se indicó es una emulsión agua en aceite . En este sistema está presente un 80% de fase grasa.

En este sistema los MG dan estabilidad a la emulsión evitando la sinéresis durante su vida de anaquel. En margarinas bajas en calorías el empleo de MG es indispensable para reemplazar efectos de palatabilidad y textura que se pueden perder al disminuir el contenido graso. Su empleo en estos productos es de 0.5%.

⁸¹ ICI. Surfactants. Catalogo. pág.5, 6,17.

⁸² Furia T. Handbook of food Additives. Cap.9. 408, 410

B) Las grasas emulsionadas que son sistemas análogos a la margarina provienen tanto de fuentes vegetales como animales ó bien de la combinación de ambos.

Estas se conocen con el nombre de "shortenings" y que en su manufactura se suelen adicionar emulgentes para obtener efectos: emulsificantes, antisalpicientes aireador y en consecuencia texturizante. De este tipo de grasas se encuentran:

- Las empleadas para la fabricación de productos horneados: Estos productos se elaboran con la adición de emulgentes como lo MG a nivel de 2%. Y generalmente en conjunto con ésteres de polioxietileno de sorbitán.
- Grasas fluidas: Los MG en conjunto con la lecitina se agregan en un contenido menor a 0.5%.
- Aceites para freír: Los moglicéridos, se emplean a niveles de 0.5% en conjunto con la lecitina.

3.5.5 Mantequilla de cacahuete

Este producto que contiene 50% de aceite de cacahuete en conjunto con otros ingredientes como: sal, azúcar, aceites vegetales y azúcar. El empleo de un emulsificante como los MG beneficia la estabilización de la emulsión, evitado la separación de fases y facilitando las operaciones mecánicas durante el mezclado.

Con lo anterior se mejoran las propiedades de untabilidad cremosidad y brillo en el producto. Durante su etapa de anaquel previene la pérdida de agua.

Para este caso se emplean Monoglicéridos destilados (90% mín. de monoésteres) de 0.5 a 1.5% del total; se puede emplear lecitina para disminuir la utilización de estos.⁸³

⁸³ Smith, J. Food Additive User's Handbook. Cap. 8, pág. 175.

3.5.6 Productos Cárnicos

Las emulsiones cárnicas constituyen un sistema de dos fases, la fase dispersa está formada por partículas de grasa sólida o líquida y la continua por agua que contiene disueltas y suspendidas sales y proteínas. Por lo que pueden clasificarse como emulsiones oleosas en agua. Muchas de las partículas de grasa de las emulsiones cárnicas comerciales tienen un diámetro mayor de $5\mu\text{m}$, por lo que no se ajustan muy bien a una de las exigencias de las emulsiones clásicas.

Las emulsiones son generalmente inestables, salvo que se incorpore un agente emulsificante, cuando la grasa contacta con el agua existe una gran tensión interfacial entre ambas fases. Los monoglicéridos actúan reduciendo la tensión de esta interfase y permitiendo por lo tanto la formación de una emulsión con menor energía interna, así como, aumentando su estabilidad total.

Una característica importante es que si existe cantidad suficiente de agente emulsionante, tenderá formar una capa continua sobre la fase dispersa. Sin duda la adición mono y diglicéridos es con el fin de facilitar la incorporación de grasa y de ligar el agua libre.

Las emulsiones cárnicas están formadas por una matriz de fibras de tejido muscular y conectivo, suspendidos en un medio acuoso que contienen las proteínas solubles y otros compuestos musculares solubles. Las partículas de grasa esféricas, recubiertas con proteínas solubles están dispersas en la matriz. En embutidos las proteínas propias de la carne actúan también como emulgentes recubriendo todas las superficies de las partículas de grasa dispersas.

Entre los factores que hay que considerar para elegir la cantidad y tipo de MG a emplear son: porción de grasa que se incorpora de manera estable, tamaño de partícula de grasa, cantidad de proteína soluble y viscosidad de la emulsión. Durante la trituración y emulsificación la temperatura de la emulsión aumenta como consecuencia de la fricción en el picador, este paso es importante ya que si la temperatura excede lo permitido la emulsión se puede romper durante el tratamiento térmico subsiguiente

El efecto térmico puede originar que las proteínas se desnaturalicen, además de la disminución de viscosidad en la emulsión, por tanto, la estabilidad decrece. Esto obedece a que las partículas de grasa dispersas que son menos densas tienden a flotar a la superficie y coalescer. El empleo de MG aseguran en cierta forma a evitar una posible ruptura de la emulsión al perder las proteínas su capacidad de emulsificante.

Durante la cocción las partículas de grasa se funden y en estado líquido presentan una mayor tendencia a la coalescencia. Los MG que actúan recubriendo a estas hace más difícil que se reagrupen. Otros objetivos que se alcanzan con la adición de MG son los de reemplazar proteína cárnica para aumentar rendimientos. Así mismo, dispersar uniformemente saborizantes o especias.

Finalmente en el producto terminado se disminuye la pérdida de humedad. Los MG empleados para embutido se recomienda sean los que tengan ácido estearico, ya que de forma general las emulsiones conseguidas con MG de ácidos grasos insaturados poseen menor estabilidad que las preparadas con ácidos grasos saturados. La concentración sugerida para estos compuestos puede ser de 0.3 - 0.5%, sobre la base del peso de carne presente. Ya que a concentraciones superiores confieren a un sabor peculiar.^{84, 85}

3.5.7 Salsas Emulsionadas

Estos tipos de productos son mezclas complejas; la fase continua contiene una gran variedad de sustancias como: proteínas, azúcares, polisacaridos, acidulantes, saborizantes, sales minerales y especias. La presencia en el medio de fosfolípidos y eventualmente de hidrocoloides, son suficiente para estabilizar la emulsión, especialmente la mayonesa, por lo que la incorporación de un emulgente corresponde frecuentemente a motivos económicos ó dietéticos para disminuir la cantidad de huevo incorporado.

⁸⁴ Macrae E.R. *Enciclopedia of food Science*. Vol. 11, pág 1560-15561.

⁸⁵ Girard. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Cap. 6.

Los Monoglicéridos destilados en concentración de 0.3% solo ó en conjunto con lecitina se adsorben en la inteface aceite/agua y evita la coalescencia entre gotas de aceite. Ya se ha indicado precedentemente el papel predominante que juega, por sus características reológicas la película en la inteface en la limitación de la velocidad de coalescencia. Los monoglicéridos que tienen un HLB teóricamente débil revelan una eficacia de formar diversas capas líquido cristalina que contribuye a la estabilidad total del producto.⁸⁶

3.5.8 Productos Extruidos:

Los alimentos Extruidos como: las hojuelas de cereales, pastas, y botanas, los destilados de monoglicéridos son los que se emplean a concentración de 2.4% en cereales y 1% es pastas con el fin de facilitar el amasado de la mezcla y al incorporar perfectamente el agua, además, tiene un efecto antiadherente.⁸⁷

3.5.9 Sustitutos lácteos:

Estos productos que abarcan principalmente a las cremas de imitación para café, y quesos en polvo. Son elaborados con grasas de origen animal y vegetal que al aplicarse a algún alimento deben tener los efectos de:

- Dispersar y emulsificar los saborizantes, aromatizantes y colorantes en forma fina (en el café). Ya sea en líquidos fríos ó calientes, evitando la formación de grumos.

⁸⁶ Op. Cit. ICL , pág 18.

⁸⁷ Op. Cit. Myvatex.

- Estabilidad del sistema según evitando una separación visible de fases.

Los Monoglicéridos empleados son los que se encuentran en estado sólido en forma de polvo fino. Y se incorpora en la mezcla de ingrediente a 0.5% máximo. Generalmente se emplea en conjunto de con el Span 60 y Polisorbato 60 que tiene un efecto fuerte disperasante. El caseinato de sodio también contribuye a la estabilidad de la emulsión.⁸⁸

3.5.10 Saborizantes

Los destilados de Monoglicéridos en 2.5% se incorporan a estos productos con el fin de emulsionar los aceites saborizantes, además de estabilizarlos durante su almacenamiento.

3.5.11 Preparados vitamínicos:

El propósito de incorporar destilados de monoglicéridos principalmente en polvo es con el fin de que las vitaminas oleosas se dispersen fácilmente al agregarse en agua ó leche.

⁸⁸ Op. Cit. Eastman , Pág. 25.

3.6 DISCUSIÓN

En general se pueden definir a estos compuestos como una mezcla de monoésteres y diésteres glicéricos de los ácidos grasos de cadena larga saturados ó insaturados. La forma 1-monoglicerido es la más activa en término de funcionalidad emulgente, que se debe a que la presencia de dos grupos hidroxilos libres conformando una molécula perfectamente anfifílica.

Los MG pertenecen al grupo de emulgentes alimentarios más empleados en la industria. Ya que sé molécula es de carácter anfifílico que se sitúa fácilmente entre la frontera de las fases inmiscibles, lo que lleva a disminuir la tensión interfacial, por lo tanto contribuyen a la formación y estabilidad de la emulsión. Además, por ser compuestos no iónicos presentan gran estabilidad, de tal forma que el pH no es condicionante para su aplicación, ni tampoco, la presencia de electrolitos afectan de manera importante su funcionalidad.

Comercialmente existe una extensa gama de productos basados en el principio MG fabricados con el propósito de ajustarse adecuadamente a las necesidades que se presentan en un sistema alimentario dado.

Como se observa las características fisicoquímicas de estos compuestos esta dado por las condiciones de elaboración. Como primer punto la clase de ácido graso en la molécula depende prácticamente del material de partida, de aquí que se realice una hidrogenación previa a la materia prima (grasa de origen animal ó vegetal), Así en producto presenta predominantemente ácido esteárico y palmítico. Al mismo tiempo que se permite obtener productos con una composición lo más uniformemente posible.

Otro punto de importante son las condiciones físicas de la reacción química: tiempo – temperatura, ya que estas variables son determinantes en la composición de mezcla, con más ó menos cantidad de MG, DG y TG.

Sabiendo que la propiedad emulgente de estos compuestos es en virtud de porcentaje de MG, se ha adoptado como practica común a nivel industrial la destilación de MG que lleva a productos con alto contenido de MG (más de 90%), sin embargo, es importante citar que hay otros caminos, aunque menos

efectivos, para obtener un producto con elevado contenido de MG. El empleo de un bloqueador químico, exceso de glicerina, y condicionando la reacción a altas temperaturas (mayor a 200 °C), llevan favorecen los rendimientos de reacción ya que estos se miden en función de la cantidad de MG presentes.

En cuanto a su aplicación en la industria en donde son más requeridos los MG es en la de panificación, y productos horneados. De manera que su utilización lleva a obtener varios beneficios como una incorporación rápida de todos los ingredientes sobre todo el material graso emulsionado con el agua, esto lleva directamente a una reducción de tiempo en el mezclado, y por lo tanto, hay ahorro de energía. Además en cuanto a costos en una formulación su utilización no sobrepasa el 5% por su empleo como aditivo.

Otro punto importante a subrayar es la interacción que presentan los MG con otras sustancias como las proteínas y el almidón, que se manifiesta en un producto con mayor volumen y retardando su tendencia a endurecerse. Implícitamente se favorecen otras características de producto como el de textura, suavidad y simetría.

En otros productos como helados, salsas emulsionadas, productos de imitación de leche, productos cárnicos, etc. Su acción es totalmente el de emulsificar las fases que se presenten en cada sistema y obviamente dependiendo de sus características es el tipo de MG que se emplea.

Un punto importante a mencionar es que en la mayoría de los alimentos, se emplean en concentración máxima de 0.5%. Esto se debe a que a pesar de que se consideran como productos totalmente inocuos, su restricción se debe al sabor característico que puede impartir.

Como comentario, los estudios toxicológicos referentes a los MG hasta el momento no existen evidencia de que tengan un efecto perjudicial en el hombre, de aquí que la FDA los considere como aditivos con denominación GRAS. En México se encuentran dentro del grupo de emulgentes autorizados por la Secretaría de Salubridad, sin embargo, no presenta especificaciones para los productos comercializados.

DERIVADOS ACIDOS DE MONO Y DIGLICERIDOS

- 4.1 Gliceridos De Acido acético.
 - 4.1.1 Estructura química
 - 4.1.2 Obtención
 - 4.1.3 Propiedades fisicoquímicas
 - 4.1.4 Toxicología
 - 4.1.5 Aplicación en alimentos

- 4.2 Glicéridos De Acido citrico.
 - 4.2.1 Estructura química
 - 4.2.2 Obtención
 - 4.2.3 Propiedades fisicoquímicas
 - 4.2.4 Toxicología
 - 4.2.5 Aplicación en alimentos

- 4.3 Glicéridos De Acido Lactico
 - 4.3.1 Estructura química
 - 4.3.2 Obtención
 - 4.3.3 Propiedades fisicoquímicas
 - 4.3.4 Toxicología
 - 4.3.5 Aplicación en alimentos

- 4.4 Glicéridos De Acido diacetiltartárico
 - 4.4.1 Estructura química
 - 4.4.2 Obtención
 - 4.4.3 Propiedades fisicoquímicas
 - 4.4.4 Toxicología
 - 4.4.5 Aplicación en alimentos

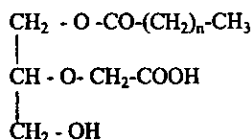
- 4.5 Discusión.

4. DERIVADOS ACIDOS DE MONO Y DIGLICERIDOS.

De emulsificantes como los mono y diglicéridos es posible obtener compuestos derivados de ácidos orgánicos como: el ácido láctico, cítrico, acético, y diacetiltartárico. Por la modificación que sufre en su molécula estos derivados ácidos de monoglicéridos presentan propiedades más hidrófilas, que los monoglicéridos originales.

4.1 GLICERIDOS DE ACIDO ACETICO. (Acetoglicéridos).

4.1.1 Estructura Química:



Ester Acético De Monoglicérido.

4.1.2 Obtención

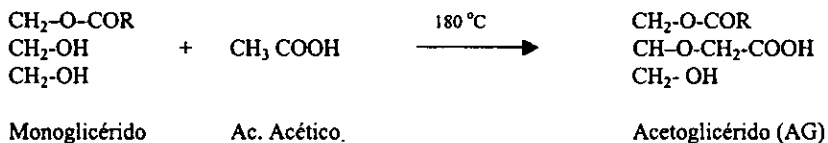
A) Esterificación Directa:

Los acetoglicéridos se preparan mediante esterificación directa de la mezcla de mono y diglicéridos con ácido acético anhídrido en condiciones de vacío, a una temperatura de 150 – 180 °C. La esterificación con ácido acético se realiza en la porción hidroxilo libre y el tipo de ácido graso presente depende de la materia prima previamente empleada para la obtención de mono y diglicéridos.^{89, 90}

⁸⁹ Myvacet. EASTMAN. Food Emulsifiers. Catalogo pág. 13-15.

⁹⁰ Krog N; "Function of Emulsifiers in Food Systems" J.Oil Chem Soc; 54(4):124

Esterificación Directa:



B) Interesterificación:

Otro método para obtener estos compuestos es por interesterificación; que se realiza al reaccionar glicéridos parciales o triglicéridos, con triacetina (Triacetilglicerol) a condiciones específicas de temperatura 110°C . Como productos de esta reacción se obtienen una mezcla de mono y diglicéridos acetilados, esta a su vez se destila con la finalidad de eliminar subproductos como triglicéridos y glicerina.

4.1.3 Propiedades Fisicoquímicas

En general las características fisicoquímicas de los acetoglicéridos dependen directamente de factores como: tipo de ácido graso presente en la molécula y grado de acetilación. Así que los acetoglicéridos se pueden presentar físicamente en varias formas comerciales como la cristalina polimórfica, líquida (con un contenido máximo de glicerol de 1.5%). O bien en forma de masas oleosas de consistencia plástica.

Independientemente del método elegido para obtener estos compuestos, si se acetila el 50% de los grupos -OH , se denomina grado de acetilación de 0.5; y dicho grado se eleva a 1 cuando se esterifica con el ácido orgánico ambos grupos -OH . El punto de fusión de estos compuestos; está relacionado con el grado de acetilación; ya que cuanto mayor sea el grado de acetilación más bajo es el punto de fusión del producto. Así por ejemplo para compuestos como monoestearato acetilado, con grado de acetilación 1; El punto de fusión es de 44.5°C . Y con grado de acetilación 0.5 el punto de fusión es de 46.5°C aprox.

Emulsificación:

Estos emulsificantes tienen la propiedad de interactuar en la interface de un sistema y favoreciendo su reducción interfacial. El valor de su HLB es de 2.5-3.5⁹¹, por la que son predominantemente lipófilos, pero debido a la porción acética y el grupo -OH libre hace que estos compuestos sean más dispersables en agua. También actúan en la formación y estabilidad de espumas, efecto que se emplea en productos como cremas pasteleras, merengues, pudines y postres similares.

Otra propiedad adicional que presentan estos compuestos es de formar películas flexibles, extensibles, e impermeable a vapores y gases; estas tienden a formar un revestimiento continuo en el producto, lo que impide una alteración del producto alimentario. Evitando que este sea susceptible al enranciamiento ó pérdida humedad, durante su vida de anaquel. Permitiendo que los alimentos conserven su frescura por más tiempo.

4.1.4 Toxicología

Estos compuestos derivados de ácidos orgánicos se hidrolizan vía metabólica, en el tracto intestinal y se comportan dentro del cuerpo como otros glicéridos. Se ha estimado que estos compuestos presentan un coeficiente de digestibilidad entre 95 y 99%. Los estudios bioquímicos indican que este tipo de emulsificantes no presenta efectos nocivos, en el organismo humano si se emplean a dosis adecuadas.

Por lo anterior la Secretaría de Salud considera a los acetoglicéridos dentro del grupo de emulgentes alimentarios permitidos en nuestro país. La IDA para estos compuestos se especifica como "No Limitada".

⁹¹ Smith H., Food Additive User's Handbook. Pág.179

4.1.5 Aplicación En Alimentos

Una de las aplicaciones más importantes de los acetoglicéridos es en la industria de embutidos, ya que se aplican como una cubierta protectora al producto alimenticio, impidiendo que el artículo se contamine con gérmenes. Esta película protectora también permite que el producto exhiba un aspecto natural fresco e inalterado, al evitar que las características organolépticas (como color, olor y sabor) se vean disminuidas; mientras que sin el revestimiento se desecan y adquieren una textura correosa.

Recientes estudios han evaluado a los embutidos recubiertos con AG; determinando que un embutido de hígado "fresco", sometido a condiciones normales de un frigorífico casero con una temperatura próxima de 3°C, y con una humedad relativa ambiental de 85%. El embutido dotado, de una película protectora con acetoglicéridos, no perdió prácticamente nada de peso en 3 días. Esta evaluación hecha durante el plazo de 10 días; se detectó que el embutido de hígado sin revestimiento perdió el 19% de peso, mientras que el provisto con la capa protectora de AG perdió solo del 2%.⁹²

En quesos de textura similar a los embutidos se emplean con la finalidad de mantener la calidad del producto durante toda su vida de anaquel. Por lo generalmente se emplean como recubrimiento del producto. La película transparente; evita la pérdida de humedad o enranciamiento del producto.

En caramelos y gomas de mascar es muy frecuente el empleo de AG de consistencia líquida, ya que contribuyen a la dispersión de saborizantes oleosos. Al igual por sus propiedades antiadherentes facilita las operaciones de manufactura, sobre todo porque actúan como agentes desmoldantes. En el producto se obtiene mejor palatabilidad sobre todo en aquellos de tipo chicloso o gomas de mascar.

El nivel sugerido en estos productos es del 1-2% del total de materia grasa presente. Es importante mencionar que los AG en productos como goma de mascar son compatibles con otros compuestos que son materia prima base de estos productos; ya que tienen la propiedad de disolverse con otros plastificantes como poliestireno, ésteres de celulosa, poliamidas, etc.⁹³

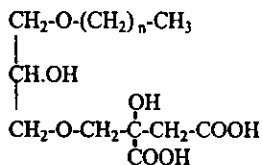
⁹² Adams W; Nau-F; "Emulsifiers for use in sausage and meat products" Food Marketing and Technol; 6(3):18-20

⁹³ Myvacet. EASTMAN. , Food Emulsifiers.

En productos de panificación y horneados se adiciona en conjunto con los MG en porción 0.4-0.5%. Esta mezcla actúa benéficamente, porque promueve la emulsificación rápida de los ingredientes; además que los AG aportan a la masa propiedades antiadherentes y plastificantes lo que facilita su manipulación durante el moldeado del pan.

4.2 GLICERIDOS DE ACIDO CITRICO (Citroglicéridos)

4.2.1 Estructura Química:



Ester Cítrico De monoglicérido

4.2.2 Obtención

Los citroglicéridos (CG) se obtienen principalmente por esterificación de monoglicéridos con el ácido cítrico. Obteniéndose a su vez en una sola molécula el resto de ácido cítrico, con un alcohol graso.

4.2.3 Propiedades Fisicoquímicas

Comercialmente se presentan en forma de escamas blancas, ó masa plástica ligeramente parda. El éster del ácido cítrico tiene un punto de fusión que varía de acuerdo al grado de esterificación y tipo de ácido graso presente, ya que este puede ser de 58-62°C.

Los CG son compuestos muy hidrófilos; su HLB es 10 - 12, por lo que son excelentes emulsificantes o/w. Son compuestos fácilmente dispersables en medios acuosos.

4.2.4 Toxicología

En general estos compuestos se hidrolizan metabólicamente para dar unidades simples de ácidos por los que están compuestos, ésteres de glicerol y ácidos grasos. También se ha confirmado que existe un metabolismo completo hasta CO_2 y excreción por orina. Los estudios a corta y larga duración no muestran efectos nocivos para el hombre. Su IDA es "No Limitada".⁹⁴

4.2.5 Aplicación en alimentos

En Panificación los CG por presentar el grupo carboxilo libre interactúa fácilmente con las proteínas del gluten durante la formación de masa, contribuyendo a fortalecer la red glutínica, de aquí su utilidad para retener las burbujas de aire, lo que se manifiesta en un producto más esponjado y con mayor volumen. Sus buenas propiedades emulgentes los hace muy útiles como aditivos sinergistas con otros emulsificantes, como mono y diglicéridos. En general estos compuestos pueden venir integrados en las grasas líquidas (a concentración de 2.5-3%), las cuales se emplean como materia prima de estos productos.

En productos cárnicos el éster de ácido cítrico estabiliza la pasta para embutir evitando la coalescencia de la fase grasa. Por lo general el efecto óptimo se consigue con una cantidad que oscila entre 0.3 -0.5% del peso final del producto.

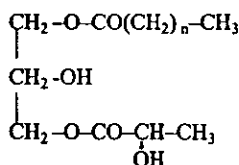
Adams evaluó en salchichas tipo frankfurt a los CG en conjunto con MG. Observando que a niveles de 0.5%, evitan la separación de agua además de favorecer sabor y olor, ya que permiten incorporar perfectamente saborizantes y aromatizantes liposolubles; además, se detectó que en producto terminado se percibe una textura más suave. Esta propiedad sensorial se evaluó durante un periodo de 12 días observándose que en este lapso mantenía casi constante.⁹⁵ Estos productos presentan efecto sinergista con compuestos antioxidantes de grasas, lo que permite emplear en menor cantidad conservadores y permitir una vida de anaquel más prolongada.

⁹⁴ Smith. Op. Cit. Pág:186

⁹⁵ Adams. Op. Cit. Pág:14, 16

4.3 GLICERIDOS DE ACIDO LACTICO. (Lactoglicéridos)

4.3.1 Estructura Química:

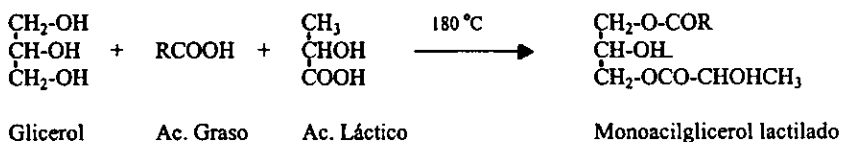


Ester láctico de monoglicérido

4.3.2 Obtención

Se preparan a partir de esterificación directa del glicerol, ácido láctico y ácidos grasos, a vacío a temperatura de 160-180 °C. También se puede esterificar por reacción de mezclas de mono y diglicéridos con el ácido láctico. Esta reacción produce una mezcla de monoglicéridos láctilados y dilactilados.

Reacción de esterificación:



4.3.3 Propiedades Fisicoquímicas

Estos se presentan generalmente en forma de hojuelas de consistencia plástica, producto obtenido cuya porción ácido graso es el esteárico presenta un punto de fusión de 58°C. Estos compuestos son emulsificantes neutros con características lipofílicas, su HLB oscila de 3-4. Se utilizan principalmente como emulgentes y por tener un fuerte poder para acomplejarse con la amilosa son muy útiles en productos de panificación, Además estos compuestos tienen la propiedad de favorecer la formación de espumas ya que se concentran adecuadamente en la interface líquido-aire.

4.3.4 Toxicología

En especial se ha estudiado su hidrólisis en presencia de lipasa pancreática de cual se encontró que actúa en el rompimiento de la unión éster originando: glicerol, ácido láctico y ácido graso. Que posteriormente sufren una degradación completa hasta expeler CO_2 . Los estudios hasta la fecha hechos a corta y larga duración no muestran efectos tóxicos si se emplean en cantidades normales.⁹⁶

Su Ingesta Diaria Admisible (IDA) No está limitada

4.3.5 APLICACIÓN EN ALIMENTOS

Los lactoglicéridos se utilizan principalmente en panificación a bajos niveles de adición. Generalmente de 0.125 % a 0.25% del peso total de la harina. Contribuyendo principalmente a la obtención de un producto con miga suave y de calidad.

En productos de chocolate y coberturas los LG se emplean para controlar la transición polimórfica de los cristales de cocoa causando la separación de la fase grasa. Los LG que interactúan directamente con la manteca de cacao y previene este efecto que es indeseable ya que también el punto de fusión del producto se ve aumentado, lo que provoca que no funda al contacto con la boca. Conjuntamente se obtiene beneficios en cuanto apariencia resultando un producto mayor brillo, y palatabilidad.⁹⁷

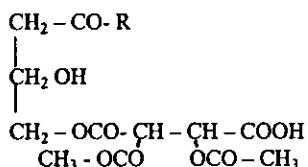
En productos aireados como pudines ó cremas pasteleras, helados, merengues o similares; estos compuestos se emplean de manera especial ya que contribuyen en conjunto con MG a situarse en la interface agua-aire estabilizando el sistema. Estos compuestos pueden contener hasta un 12% de monoglicéridos. Donde los LG se emplean a concentraciones 0.3% referente al peso total de materia grasa.

⁹⁶ Toxicología y Seguridad De Los Alimentos. Pág 224.

⁹⁷ Garti, N., Schlicter, C. "Effect of food emulsifiers on polymorphic transitions of cocoa butter" J. Am. Oil Chem. Soc. 63(2): 330.

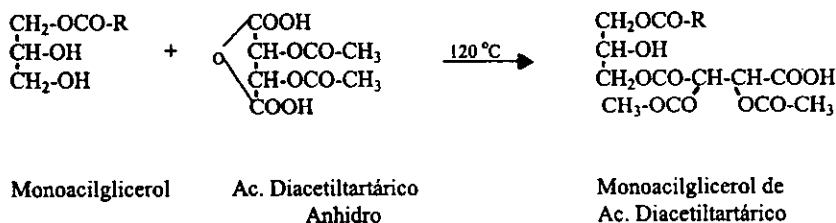
4.4 GLICÉRIDOS DE ACIDO DIACETIL TARTÁRICO

4.4.1 Estructura Química:



4.4.2 Obtención

Se obtiene por la reacción de un monoglicérido (preferentemente los destilados) con el ácido diacetil tartárico anhídrido, a una temperatura de 110-120 °C.



4.4.3 Propiedades Fisicoquímicas

Comercialmente los ésteres de diacetiltartárico (DATA) se presentan en forma de hojuelas cereosas, ó de consistencia líquida. Son compuestos muy higroscópicos y forman cristales líquidos laminares cuya capacidad de hinchamiento en agua es limitada. El punto de fusión de estos compuestos varía de 30-40 °C. Son compuestos hidrofílicos no iónico con un HLB de 8-10; así que presentan propiedades emulsificantes en sistemas aceite/agua.

4.4.4 Toxicología

En estos productos se ha observado que los ésteres se metabolizan en su totalidad alrededor del 90% hasta CO_2 y excreción por orina. También se ha demostrado que estos compuestos en medios acuoso originan MG, DG y ácido tartárico acetilado. En estudios hechos en animales se observó que existe una tolerancia de hasta 30 mg/Kg de peso corporal sin efectos tóxicos. Estableciendo de acuerdo a los estudios a corto y largo plazo que no hay efectos nocivos para el hombre. La FDA los denomina como aditivo GRAS; y la IDA = 0-50 mg/kg. de peso corporal.

4.4.5 APLICACIÓN EN ALIMENTOS

Se ha observado que en los procesos de panificación y galletera, se obtienen buenos resultados a concentración de 0.5%. Aunque su nivel de uso se especifica como Buenas Prácticas de Fabricación. Estos se añaden además de cómo emulsificante, como excelentes condicionantes de masa y como agente de control de la textura en el producto.

Investigaciones efectuadas con el ácido diacetil tartárico han demostrado que cuando se adicionan a las masas les otorgan un elevado hinchamiento que después corresponderá con el volumen del pan.

Se acepta la hipótesis de que este efecto es la consecuencia de una interacción más fuerte con el gluten. Se ha estudiado la interacción de proteína-emulgente midiendo la distribución de lípidos libres y combinados mediante la extracción de éstos con disolventes de distinta polaridad; por otra parte, también se ha determinado que el efecto de la cantidad de ésteres de acetil tartárico sobre la velocidad de extracción. De esto se concluyó, que los tensoactivos reemplazan a los lípidos que están asociados naturalmente con el gluten formando enlaces más fuertes.

Esta propiedad es la causa de la acción de maduración y mejora sobre las masas de fermentación bilógica. El efecto positivo puede comprobarse con la elasticidad y viscosidad del gluten, lo que permite de este modo conseguir un pan de mayor volumen y con mejor estructura que el de aquellos panes en los cuales no se ha efectuado se adición. Se ha podido demostrar que también esta interacción con las proteínas de la harina produce alteraciones en las propiedades viscoelásticas del gluten; mejorando las propiedades de la masa para el amasado y maquinado.

Se ha estudiado con éxito que en algunos tipos de galletas se puede conseguir una reducción de grasa de hasta 15-18% mediante el empleo del éster diacetil tartárico. A razón de 0.75% del peso en grasa. Donde este éster es agregado con la grasa. También se ha observado que la mezcla de ésteres DATA, Citroglicéridos y Estearoil Lactilato de Sodio, influyen en la textura de las galletas favoreciendo una textura suave y firme. Utilizando preferentemente los ésteres DATA y Estearil lactilato de Na, directamente en la masa y los citroglicéridos vía agua en el amasado.⁹⁸

También se ha demostrado que los ésteres DATA, permiten cierta tolerancia cuando se emplean grados de calidad diferente en las harinas para galletas. Ya que actúan compensando la deficiencia del gluten, asegurando un aceptable volumen en las galletas tipo saladas y semidulces.⁹⁹

Los esterres de diacetiltartárico en concentración de 1%, también presentan excelentes propiedades dispersantes en donde se emplean aquellos con forma física sólida, estos permiten que compuestos como saborizantes, colorantes, ó vitaminas, se dispersen rápidamente en agua, ó leche.¹⁰⁰

⁹⁸ Hutchinson, P. E., "Effect of emulsifiers on texture of cookies" Journal Food Sci. 42(2), , pág 58.

⁹⁹ Duncan, J. R., Tecnología de la industria galletera. Pág. 86.

¹⁰⁰ Myvacet. Eastman. Food Emulsifiers., pág. 19

4.5 DISCUSION:

Como se observa claramente estos derivados de los mono y diglicéridos se obtienen de manera similar por medio de una esterificación directa de monoglicéridos preferentemente destilados con el ácido orgánico. Las características fisicoquímicas y sus propiedades emulgentes dependen directamente del tipo de materia prima empleada previamente a la obtención de monoglicéridos. Ya que el tipo de ácido graso y el grado de esterificación en la molécula determina su empleo en un sistema determinado. De esta forma el carácter hidrofóbico que tienen por naturaleza los monoglicéridos puede intensificarse o disminuirse según se requiera. Así por ejemplo tenemos emulgentes muy hidrofóbicos como los acetoglicéridos o muy hidrofílicos como los derivados del ácido diacetil tartárico.

Se observa claramente que estos compuestos se utilizan principalmente en combinación con los monoglicéridos debido a que en algunos casos se obtienen propiedades especiales adecuadas para un sistema alimentario específico, así por ejemplo en conjunto con acetoglicéridos facilitan la formación de emulsiones con alto contenido de materia grasa; como en panificación ó en productos embutidos en donde en estos últimos además tienen un efecto importante de protección del producto evitando el deterioro de su calidad durante su vida de anaquel al ser productos perecederos.

Los MG en conjunto con citroglicérido que son muy hidrofílicos, permiten su rápida dispersión en emulsiones de tipo o/w, además de obtenerse otros beneficios implícitos en ciertos productos; como la complejación con proteína y almidón que sin duda se manifiestan en la calidad final de productos como los de panificación, embutidos y grasas emulsionadas principalmente. Aunque cabe mencionar que además los citroglicéridos tienen efecto sinérgico como antioxidante y como secuestrante de trazas metálicas.

Los lactoglicéridos tienen excelentes propiedades como condicionantes de las masas por el alto grado de formación de complejos con la amilosa y su incorporación en productos de panificación industrial tienen por efecto limitar la velocidad de endurecimiento de la miga. Otra fuente importante de aplicación de estos compuestos es en los sistemas aireados ya que facilitan la formación y estabilización de espumas, como las cremas pasteleras y helados contribuyendo en el volumen y textura del producto.

Los Monoglicéridos también forman una buena combinación con los esteres de diacetiltartárico, ya que son excelentes emulsificantes o/w. Su efecto condicionante de masas es similar a los ya descritos, sin embargo, su empleo permite tolerar y controlar las propiedades del gluten, cuando se emplean harinas de calidad heterogénea, al igual que ayudan a la disminución de materiales grasos, compensando los efectos de estos en alimentos dietéticos.

Sin duda la característica importante de esteres de diacetiltartárico es que presentan fuertes propiedades emulsificantes; así que también son muy empleados como agentes dispersantes en productos como blanqueadores de café y bebidas vitamínicas. Del costo total de un producto el empleo de estos en una formulación varía de 0.1 al 5%, lo cual se compensa con los beneficios obtenidos en la elaboración y obtención del producto.

Todos estos compuestos son permitidos como aditivos alimentarios en nuestro país, aunque sin especificar el nivel permitido para caso. La Ingesta Diaria Admisible no está limitada, para los acetoglicéridos, citroglicéridos y lactoglicéridos, excepto para los derivados de ácido diacetiltartárico debido a que se pueden presentar algunas intolerancias, pero solo en el caso de ingerir dosis altas. Así que FDA los reconoce como BPF (Buenas Prácticas de Fabricación), denominación que se les asigna aquellos aditivos que no están limitados en cuanto a su cantidad o aplicación.

EMULSIFICANTES MISCELÁNEOS

5.1 ESTERES DE SACAROSA

- 5.1.1 Obtención
- 5.1.2 Propiedades Físicoquímicas
- 5.1.3 Toxicología

- 5.1.4 Acetato Isobutirato de Sacarosa
 - 5.1.4.1 Estructura Química
 - 5.1.4.2 Obtención
 - 5.1.4.3 Propiedades físicoquímicas
 - 5.1.4.4 Toxicología

- 5.1.5 Aplicación en alimentos
- 5.1.6 Discusión

5.2 ESTEARIL LACTATOS

- 5.2.1 Obtención
- 5.2.2 Propiedades físicoquímicas
- 5.2.3 Toxicología
- 5.2.4 Aplicación en alimentos
- 5.2.5 Discusión

5.3 ESTERES DE SORBITÁN

- 5.3.1 Estructura Química
- 5.3.2 Obtención
- 5.3.3 Propiedades físicoquímicas
- 5.3.4 Toxicología

- 5.3.5 Esteres De Polioxietileno de Sorbitán
 - 5.3.5.1 Estructura Química
 - 5.3.5.2 Obtención
 - 5.3.5.3 Propiedades físicoquímicas
 - 5.3.5.4 Toxicología

- 5.3.6 Aplicación en Alimentos
- 5.3.7 Discusión

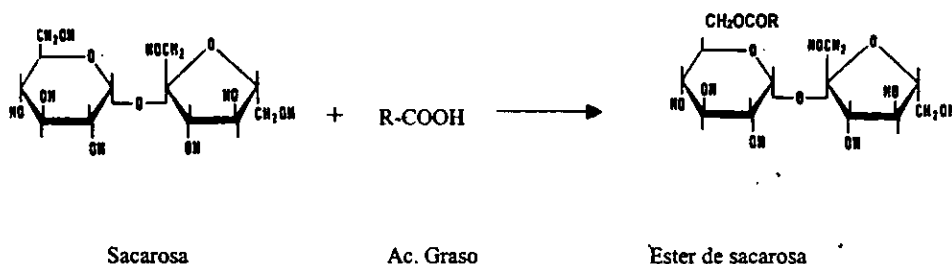
5.1 ESTERES DE SACAROSA

Las moléculas que presentan grupos $-OH$ libres como la sacarosa pueden esterificarse con ácidos grasos; originando así compuestos con propiedades emulsificantes llamados sacaroésteres.

5.1.1 Obtención:

El proceso de interestificación libre de solventes es el que se emplea para obtener ésteres de sacarosa grado alimentario. El método establece que el azúcar es fundido en presencia de ácidos grasos a temperatura entre 170 y 180 °C y antes de que comience a descomponerse la temperatura se disminuye a 164 °C. Posteriormente se adiciona glicerol (ó éster metílico de ácido graso) esta reacción se realiza en presencia de un álcali como hidróxido de sodio, ó potasio a niveles relativamente bajos de 25% del total basado en el peso del azúcar y manteniendo la temperatura constante durante una hora. Una vez terminada la reacción, el exceso de álcali se neutraliza con ácido cítrico.

De manera general se emplean los ácidos grasos provenientes del aceite de algodón; ya que en este aceite predominan en mayor cantidad el ácido palmítico y esteárico; debido a que el tipo de ácido graso presente es uno de los factores que influyen directamente en los rendimientos de los ésteres de sacarosa.¹⁰¹



¹⁰¹ Charalambous G., Doxastokis G., *Food Emulsifiers Chemistry, Technology Functional properties and Applications*. Pág.411

5.1.2 Propiedades fisicoquímicas:

Son compuestos incoloros insípidos y de aspecto cristalino, algunos productos comerciales son débilmente amarillos; como consecuencia de la presencia de azúcar tiene un sabor algo dulce. En productos impuros es evidente que se encuentren acompañados con ácidos grasos, ésteres y otros alcoholes. El punto de fusión de estos productos es alrededor de 70 °C. Si se calientan a temperaturas mayores de 80 °C puede advertir un olor a caramelo.

Se caracterizan por ser emulsificantes neutros y cuanto mayor sea el porcentaje de monoésteres presentes el producto es más hidrófilo, en cambio, cuantos más diésteres y triésteres hay presentes, más marcado es el carácter lipófilo. Por lo que estos compuestos presentan un amplio rango de HLB que puede ser de 1-15, son solubles en agua y permiten la estabilización de emulsiones o/w ó w/o.^{102, 103}

% Monoéster	HLB
<5	1
10	2
35	6
50	11
>70	15

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

¹⁰² Buck J.S., Walker J.S., "Evaluation of Sucrose Esters in Ice Cream" Journal of Food Science. 51(2): 489-493

¹⁰³ Food News Extra. "FAD Approves Ryoto^{MR} Sugar Esters" Food Tech. 50(9): 4-5

5.1.3 Toxicología

Los estudios bioquímicos arrojan a que la acción pancreática ó las enzimas intestinales hidrolizan con mucha dificultad la unión éster ya que es una forma no existente en la naturaleza, pero al desdoblarse en los monosacáridos respectivos y ácido graso resultan compuestos totalmente admisibles.

Los estudios hechos a corta duración en ratas indican que suministrándoles concentraciones de 0-25% de palmitato de sacarosa durante 100 días, Se observó que a concentraciones de 2-3% hubo reducción de peso corporal, en concentraciones de 5% hubo diarrea y murieron algunas ratas; y con concentraciones de 10 a 25% no sobrevivieron la primera semana. En el caso de monooleato de sacarosa en concentración de 20% suministrado como en caso anterior se observó un retraso en crecimiento.

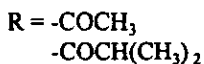
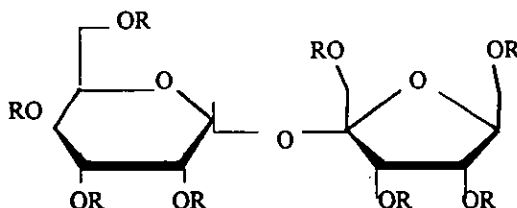
En los estudios hechos a larga duración en ratas se observó que a concentraciones de 0.3-3% solo se detectó la disminución en peso y en sus generaciones posteriores no se detectaron efectos significativos. Actualmente los estudios de toxicología nutricional han confirmado la relativa inocuidad de estos compuestos a dosis bajas, inferiores al 3% de la dieta.¹⁰⁴

La IDA determinada para estos compuestos es de 0-25 mg/kg. De peso corporal.

¹⁰⁴ Op. Cit. Derache. , pág. 224

5.1.4 ACETATO ISOBUTIRATO DE SACAROSA

5.1.4.1 Estructura Química



5.1.4.2 Obtención

El acetato isobutirato de sacarosa se conoce comercialmente con el sinónimo de SAIB. Este es una mezcla de los productos de reacción formados por la esterificación de la sacarosa grado alimentario con ácido acético anhidro y ácido isobutírico anhidro, seguida por un proceso de destilación. La mezcla contiene todas las posibles combinaciones de ésteres en la cual la cantidad de acetato a butirato es aproximadamente de 2 a 6.¹⁰⁵

5.1.4.3 Propiedades Físicoquímicas.

El producto es un líquido viscoso de color amarillo paja translúcido, libre de sedimentos; es inodoro e insaboro. Además debe de contener como un mínimo de 98.8% de SAIB, es un compuesto insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos como grasas, aceites y etanol.

Tiene una gravedad específica de 1.15 g/ml. El producto no debe contener más de 5 mg/kg de metales pesados y se puede calentar antes de adicionar algún aceite y así aumenta su viscosidad.¹⁰⁶

¹⁰⁵ FAO/OMS; Compendium of Food Additive Specifications. 41^a. Session February 1993. Pág: 125

¹⁰⁶ EASTMAN. Food Emulsifiers, 1998.

5.1.4.4 Toxicología.

Según los estudios hechos recientemente indican que este compuesto se metaboliza en azúcar, ácido acético y ácido isobutírico. En Europa es un aditivo que recientemente se aprobó, así como también en países como Japón Brasil, Colombia su empleo está totalmente autorizado; Sin embargo, en México y Estados Unidos todavía está pendiente la aprobación de su uso.

5.1.5 Aplicación En Alimentos

A) HELADOS

En la manufactura de helados durante la preparación de la mezcla antes del congelado los ésteres de sacarosa como emulsificante contribuyen a estabilizar la emulsión dispersando finamente los componentes de la fase continua en la que se encuentran sustancias como: azúcares, proteínas, saborizantes, y materia grasa.

Posteriormente la acción de los ésteres de sacarosa es incrementar la agregación de partículas de grasa y parcialmente desestabilizar la emulsión, la cual es perfectamente controlada, porque es la responsable de características como: sequedad, resistencia a la fusión, y textura fina con derretido lento y uniforme del producto.

Ya que estos compuestos se concentran en la interface líquido-aire estabilizan la espuma congelada. Se han evaluado los ésteres de sacarosa con un HLB de 6, 12 y 15 tomándose como parámetro la velocidad de fusión a temperatura ambiente; comparado con una mezcla estándar de PS 80(80%) y MG (20%). De lo cuál se observó que no existe una marcada diferencia si se emplea un sacaroéster con HLB de 6, 12 ó 15; a una concentración de 0.25% sobre la velocidad de derretido en el producto.

De igual forma se observó que la calidad sensorial de estos productos se favorece, ya que parámetros como: apariencia, textura cremosidad y sabor son más homogéneos y estables durante la vida de anaquel del producto.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Buck J.S., Walker J.S., "Evaluation of Sucrose Esteres in Ice Cream" Journal of Food Science. 51(2): 489-493

B) PANIFICACION

En productos de panificación se ha evaluado el efecto que tienen los ésteres de sacarosa con distinto HLB sobre el volumen del pan. De lo anterior se ha observado que aquellos con HLB mayor de 6 influyen directamente en el incremento de volumen en el producto, así para los ésteres de sacarosa en concentración de 0.5% y HLB de 15 hay un incremento de volumen hasta del 20% comparado con un control que no tiene ningún tipo de emulsificante.

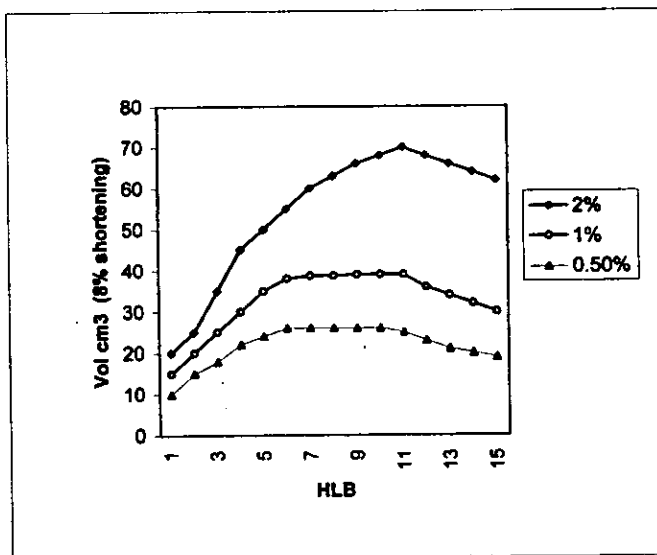
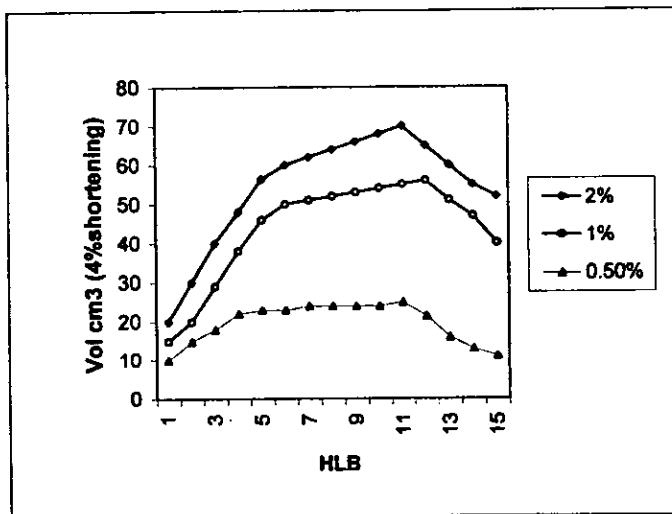
Como alargador de vida de anaquel se ha evaluado la textura del pan durante varios días a temperatura ambiente observándose que los productos que contienen ésteres de sacarosa tienen una velocidad de endurecimiento menor que aquellos productos sin emulsificante, además a concentraciones de 0.4 - 0.5% la textura evaluada casi no se altera en un lapso de 40 hrs.

De igual forma se ha encontrado que existe una interacción entre las mantecas vegetales y los ésteres de sacarosa esterificados con ácido esteárico y palmítico a distintos niveles de concentración. Estos estudios arrojaron a la conclusión de que a concentración de 2% de ésteres de sacarosa con un HLB de 11 pueden reemplazar y disminuir el empleo de shortening en un 50%. Además de observarse un incremento de volumen en el pan de hasta un 20%, lo que permite que se empleen en productos con bajo poder calórico. En la Gráfica 1 se observa como al reducir la cantidad de manteca vegetal de 8% a 4%, no afecta significativamente en el volumen del pan.¹⁰⁸

Se ha evaluado de manera similar como el emulsificantes interactúa con el shortening en aquellas harinas que no son de trigo como la del maíz. En estos productos se observó que los ésteres de sacarosa que tienen HLB mayor de 11 tienen mejor efecto sobre el volumen y suavidad del pan, además, los rendimientos son más altos al disminuir la cantidad de shortening requerido y por lo tanto, implícitamente se reducen costos de producción.

¹⁰⁸ Breyer L.M.; Walker C.E; "Comparative Effects of various Sucrose-fatty acid upon bread and cookies"
J. Food Sci; 8(3):30-35

GRAFICA 1

INTERACCION SACAROESTER-SHORTENING
SOBRE EL VOLUMEN DEL PAN

C) GALLETERÍA

En evaluaciones hechas a galletas complementadas con harinas de sorgo y maíz se ha detectado que controla su endurecimiento durante el almacenamiento. También se observó que al mezclar diferentes grados de harina la fragilidad del producto es mayor; así que con la adición de ésteres de sacarosa tienen aparentemente más fuerza y el tamaño de miga es más simétrica, donde se encuentra dispersado homogéneamente el sabor. Así factores como fácil fragmentación y resquebrajamiento del producto durante su manipulación pueden ser disminuidos, con estos compuestos empleandolos a concentraciones de 1%.¹⁰⁹

Se ha detectado que el método de incorporación es un punto importante a considerar en cuanto a la forma de actuar de un emulsificante. Observándose que para este tipo de productos los ésteres de sacarosa tienen un efecto óptimo si son previamente derretidos y mezclados con el shortening e incorporarse a la harina antes de agregar los demás ingredientes.

D) Productos Instantáneos:

Los alimentos en polvo que presentan materiales oleosos, como ya se mencionó pueden generar problemas, ya que los glóbulos de grasa presentes en la superficie pueden repeler el agua. Los sacaroésteres que se presentan en forma de polvo se pueden emplear en estos productos a concentraciones de 1-1.5% del peso total en base seca. Estos actúan en la interface sólido-líquido, permitiendo una rápida humectación de sólidos y emulsificando las partículas de grasa, saborizantes o vitaminas oleosas de manera casi instantánea; asegurando la fina dispersión del producto.¹¹⁰

E) BEBIDAS

En bebidas de sabores cítricos, carbonatadas y no carbonatadas, ponche de frutas, bebidas deportivas y en jugos se puede emplear el SAIB.

¹⁰⁹ Breyer L.M., Walker C.E., "Comparative Effects of various Sucrose-fatty acid upon bread and cookies" *J. Food Sci.* 8(3): 30-35.

¹¹⁰ *Foods News Extra* "FDA Approves RyotoSM Sugar Esters" Circle 149 *Food Technol.* 50(9):4-5

Una bebida típica está formulada principalmente de agua, edulcorantes, acidulantes, saborizantes oleosos y agentes de peso como el aceite vegetal brominado, por lo que se requiere de un emulgente que contribuya a dispersar finamente la fase oleosa. El SAIB contribuye en la estabilización del sistema ya que al agregarlo en concentraciones de 5% antes de combinarse con el jarabe; logra aumentar la estabilidad de la bebida. Además este compuesto contribuye al mismo tiempo como agente enturbiante y como agente ajustador de densidad en bebidas.

También existen otros productos comerciales que tienen como principio al SAIB, pero con características específicas de acuerdo al tipo de bebida que se tenga. Por ejemplo el producto comercial SAIB-CO^{MR} es de uso exclusivo para sabores cítricos y el SAIB-ET^{MR} se emplea en bebidas alcohólicas. También puede emplearse en combinación de monoglicéridos en proporción 1:1 y/o en combinación del aceite vegetal brominado en proporción 2:1.

5.1.6 DISCUSION:

Los ésteres de sacarosa presentan la estructura típica de un emulsificante; una porción polar y otra apolar en la misma molécula. Y como presentan ocho posibles sitios para ser esterificados con ácidos grasos, el producto final puede ofrecer un amplio rango de HLB que puede ir desde 1 a 15, lo que permite que se utilicen tanto en sistemas emulsificables aceite en agua o agua en aceite, teniendo características únicas que otros emulgentes no presentan.

Particularmente los mono y diésteres de sacarosa son potencialmente muy valiosos como emulsificantes ya que ofrecen ventajas únicas; ya que no son tóxicos, incoloros e inodoros, no irritables y fácilmente digeribles bajo condiciones aeróbicas y anaerobias. Normalmente se presenta en forma sólida por lo que son muy empleados en polvo en aquellos productos instantáneos.

^{MR} Eastman. Food Emulsifiers.

Sin embargo, uno de los campos donde más se emplean es en la industria del helado cuya funcionalidad además de contribuir a emulsificar la mezcla previa de ingredientes, es la de controlar la aglomeración de glóbulos de grasa que finalmente contribuyen a la calidad del producto final.

En la industria de panificación se observa que tiene un marcado efecto, favoreciendo el incremento de volumen, retardando el endurecimiento del pan durante su vida de anaquel y favoreciendo el efecto del shortening lo que lleva a una menor utilización de este y por lo tanto, disminuyendo costos de producción.

En la Industria galletera también juegan un papel importante sobre todo en aquellas formulaciones que se enriquecen con harinas diferentes a la de trigo; las cuales se incorporan con el fin de incrementar el valor nutricional y disminuir costos. Así que resulta conveniente la incorporación de sacaroésteres, ya que contrarrestan el mal efecto que causan estas harinas sobre la calidad del producto. Se observa que los ésteres de sacarosa con un HLB mayor a 6 son los que mejor se adecuan para estos tipos de productos; a concentraciones pequeñas que van de 0.5 a 1% del total de la harina empleada.

Cabe mencionar que los ésteres de sacarosa son emulsificantes autorizados en México sin ninguna restricción en alimentos y bebidas (excepto el SAIB) ya que se consideran como compuestos totalmente inocuos para el organismo humano.

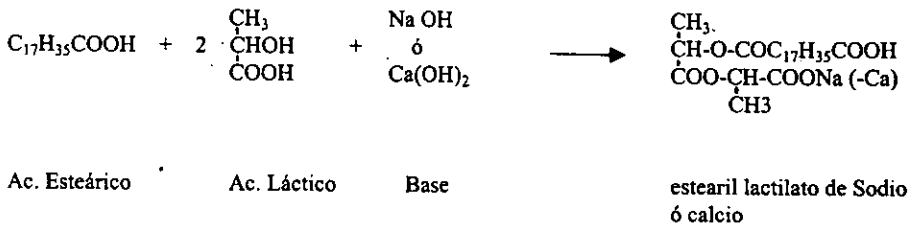
Un compuesto que es relativamente recientemente en el ámbito con características emulsificantes es el Acetato Isobutirato de Sacarosa, el cual se emplea especialmente en el área de todo tipo de bebidas ya que contribuye a estabilizar el sistema aceite en agua. Además presenta propiedades enturbiantes y contribuye con características físicas propias de una bebida como lo es la densidad. Aunque actualmente se encuentra pendiente la aprobación de este compuesto en nuestro país, seguramente se reglamentará la utilización de SAIB en alimentos al actualizar la lista vigente de aditivos permitidos.

5.2 ESTEARIL LACTILATOS

Son agentes emulsionantes iónicos, y activos superficialmente con gran carácter hidrofílico capaces de formar fases cristalinas líquidas estables entre gotas de aceite y agua, por lo que se utilizan para estabilizar las emulsiones aceite en agua.

5.2.1 Obtención

Se obtienen por acción de ácido esteárico con dos moléculas de ácido láctico grado comestible de esta reacción se obtiene la sal por neutralización con una base como el NaOH ó $\text{Ca}(\text{OH})_2$; obteniéndose el estearil lactilato de Sodio y de calcio respectivamente.



5.2.2 Propiedades Fisicoquímicas

Comercialmente se presenta en polvo de color crema con una humedad máxima de 1.5%, es muy higroscópico y el punto de fusión para el estearoil lactilato de sodio es de 48-49 °C; y para el estearoil lactilato de calcio es de 50-51 °C. El estearoil lactilato de sodio es uno de los emulsificantes más hidrófilos presenta un HLB de 20.

Estos tienen la virtud de actuar en la interface de la emulsión, y reducen la tensión del agua y el aceite solo con la adición de 0.01% de estearoil lactilato de sodio y de esta manera logra que las dos fases se estabilicen. Estos compuestos por su naturaleza iónica tienden a ser muy reactivos, sin embargo, bajo el influjo de los iones se produce la formación de una doble capa eléctrica que evita la agregación de gotículas de aceite.

5.2.3 Toxicología

Las pruebas bioquímicas hechas con estos productos indican que se desdoblan en ácido esteárico y ácido láctico. En cuanto a estudios de corta duración se han hecho varios experimentos con ratas observando que hay excreción de trazas lactato en heces con utilización del ácido esteárico y calcio. Otros experimentos hechos con compuestos marcados con C^{14} , se observó que durante las primeras 24 hrs se excreta el 58% de C^{14} como CO_2 . Una observación importante que se detectó durante el empleo de dosis de 12% de lactilato de sodio o calcio; fue el de un aumento relativo en el peso del hígado, sin embargo, el efecto de nivel de grasa en la dieta contribuye al peso relativo normal del hígado. También estudios hechos con canes, a los que se suministró estearoil lactilato de calcio por 2 años; no se detectaron anomalías comparadas con los animales control. Así los estudios han mostrado que en niveles menores del 2% en la dieta no tiene efectos en el crecimiento o el peso del hígado.

De lo anterior la IDA determinada para estos compuestos es de 0-2 mg/Kg de peso corporal.^{111, 112} La FDA comprende a estos compuestos con un estatus regulado; lo que indica que dependiendo del alimento al cual se agregue estas sustancias esta estrictamente limitado.

Con respecto a toxicidad aguda todavía no se han detectado efectos dañinos y actualmente se continúan los estudios con respecto al metabolismo de estos compuestos en el organismo humano.

5.2.4 APLICACION EN ALIMENTOS

Estos compuestos se utilizan con mayor frecuencia en panadería y bollería debido a su gran capacidad de formar complejos con almidón, lo que permite mejorar las características reológicas de la masa, la textura de la miga, el volumen del pan y prolongar el tiempo de frescura. Su empleo es de 0.1-0.5% basado sobre el peso de la harina.

¹¹¹ Informe. FAO/OMS

¹¹² Derache. R. *Toxicología y seguridad de los Alimentos*. Ed. Omega pg: 224.

El almidón ya mencionado repetidas veces al mezclarse con agua y calentarse forma un gel que al enfriarse se recristaliza fenómeno que se conoce como retrogradación; que es parcialmente responsable del endurecimiento del pan.

Los esteroil lactatos con una sola cadena saturada de ácido graso forman estructuras helicoidales con la amilosa; de esta manera la retrogradación de la amilosa se puede impedir por complejación con estos compuestos. En este contexto se sitúa la acción de estos emulgentes, que al formar complejos de inclusión estables con la amilosa actúan como sustancias contra el endurecimiento.

Para determinar la influencia que estos emulsionantes tienen sobre las características de una pasta se han hecho numerosos estudios. Estos describen que en pan elaborado con almidón puro y pequeñas cantidades de azúcar y levadura presentan grandes alveolos en la miga que se endurecía inmediatamente después de enfriarse; y si a la misma cantidad de masa se añade este emulsionante de 0.025 a 0.5% , la miga presenta una configuración más fina. Esta observación lleva a la conclusión de que los emulsionantes interaccionan con el almidón formando con los restos de glucosa unos compuestos denominados clartratos que tienen estructura helicoidal y que impiden que el almidón sufra este cambio, haciendo que el endurecimiento se presente en un lapso de tiempo más prolongado.¹¹³ Ahora si se añade el esteroil lactato a una masa hecha con harina de trigo, se han observado otros fenómenos como el aumento de porcentaje de agua absorbida, reducción de concentración de agua en el almidón amorfo y aumento de la capacidad de retención de gas. Estas observaciones además de ratificar la influencia de los emulsionantes sobre el almidón confirman su interacción con el gluten lo que permite una mayor impermeabilización a la fuga de gas carbónico.

Con respecto a productos esponjados químicamente como las galletas o pasteles, conviene distinguir los elaborados poca cantidad de materia grasa y los que llevan adicionadas la materia grasa. En el primer caso se busca el efecto de contribuir al crecimiento de masa. la forma física más eficaz se revela es la forma cristalina que revelan estearil lactatos.¹¹⁴

¹¹³ Birnbaum H; "Surfactants and Shortening in Cakemaking" Bakers Digest; 52(1); pág:28-29

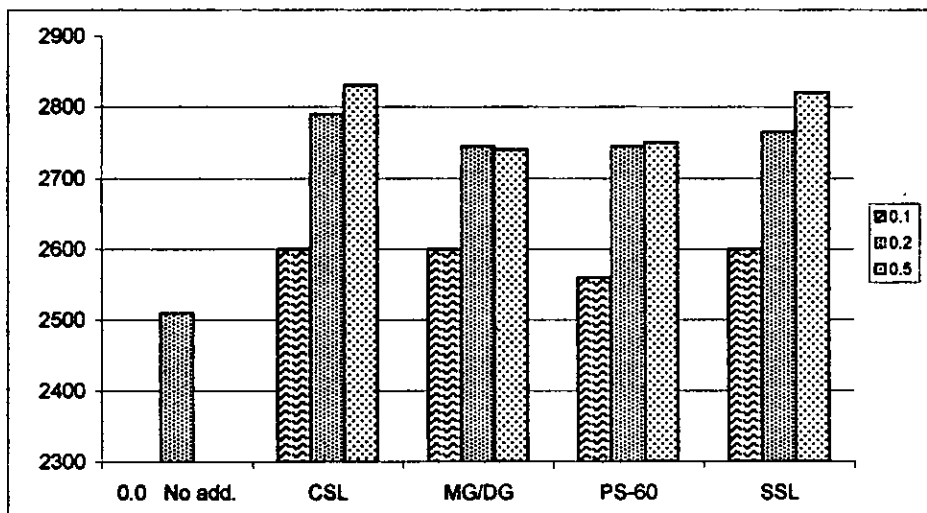
¹¹⁴ Birnbaum H; "Surfactants and Shortening in Cakemaking" Bakers Digest; 52(1); pág:28-29

Los productos con alto contenido de materia grasa el efecto global del emulgente es más complicado debido al gran número de ingredientes presentes. Las proteínas procedentes de la harina, huevo y leche, construyen el retículo tridimensional responsable del hinchamiento del postre durante la cocción, el almidón procedente también de la harina después de la gelatinización pasa a sostener el retículo proteico. La materia grasa perfectamente incorporada interviene en el ámbito de apariencia, volumen y de la textura del producto acabado. La interacción con el gluten da como resultado una estructura fina de la miga, incrementando el volumen y una mejor rebanado.¹¹⁵

Por su alto poder hidrofílico los estearoil lactatos suelen emplearse también en productos como instantáneos como los sustitutos de crema para café en polvo ó líquido en una concentración de 0.2% referente al peso total.

GRAFICA 2

Efecto comparativo del volumen del pan (cc),
producido por el uso de emulsificantes



No Add= Control;
PS = Polisorbato 60;

CSL = Estearoil Lactilato de Calcio;
SSL = Estearoil Lactilato de Sodio.

MG/MD = Mono y diglicérido;

¹¹⁵ Ralph J. Tenney; "The Surfactants Used in Breadmaking" Dough Conditioners/Bread Softeners; The Bakers Digest; pág.24.24

5.2.5 DISCUSIÓN

Estos emulsificantes de grado alimenticio con amplio rango tienen excelentes funciones en sistemas con proteínas, almidones y grasas. Sus principales aplicaciones se encuentran en la industria de panificación, galletera y en la industria de mantecas emulsionadas y margarina.

Entre los emulsificantes ya descritos son los que tienen mejores propiedades hidrofílicas, así que se emplean preferentemente en la formación de emulsiones tipo aceite/agua.

Los complejos formados entre el estearoil lactato y el almidón y/o macromoléculas proteicas constituye una de las bases esenciales del empleo de estos emulgentes como agentes antiendurecedores ó condicionantes de masas en los productos de cocción.

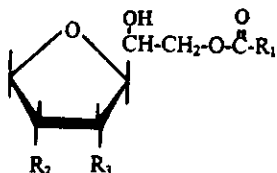
El efecto mejorante que ejercen sobre las características reológicas de la masa es evidente, ya que la incorporación de estos compuestos tiene diversos efectos durante el acondicionamiento de la masa mejorando su maxabilidad, retención de agua y fijación gaseosa, beneficios que se reflejan en la calidad del producto.

Después de los monoglicéridos saturados, los estearoil lactatos son los compuestos que presentan mayor índice de complejación con el almidón; de aquí que su utilidad sea principalmente en el área de productos de panificación.

Con respecto a su legislación en México se autorizan en todo tipo de alimentos y bebidas, sin delimitar las especificaciones o grado alimentario con las cuales deba cumplir. Aunque toxicológicamente se ha demostrado que no tienen efectos dañinos en el hombre si se emplea a bajas concentraciones, otras organizaciones como la FDA delimita su empleo solo para ciertos casos y a concentraciones perfectamente especificadas.

5.3 ESTERES DE SORBITAN

5.3.1 Estructura Química



Si:

R_1 = Ac. graso

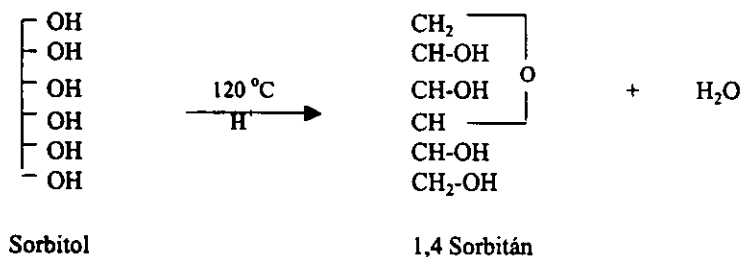
R_2 y R_3 = -OH: Monoéster de sorbitán

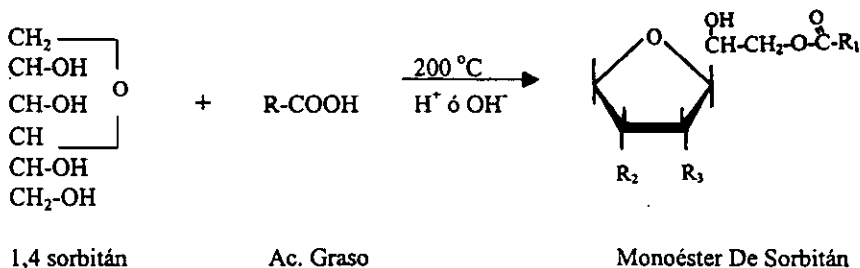
Ac graso: Triéster de sorbitán

5.3.2 Obtención

El Sorbitano es un derivado del sorbitol obtenido por la formación de un puente oxidico entre los carbonos C_3 y C_6 . El sorbitol se somete a temperatura de $120\text{ }^\circ\text{C}$ y catálisis ácida, la pérdida de una molécula de agua origina la formación de 1,4 sorbitán. Este compuesto se esterifica con el ácido esteárico ó con el ácido oleico; en presencia de NaOH ó H_2SO_4 y se calienta a $180 - 220\text{ }^\circ\text{C}$; como producto principal se obtienen los ésteres de sorbitán.

Formación Del Sorbitán:





Si:

R₁ = Ac. estearico = Monoestearato de Sorbitán (Span 60)
 Ac. Oleico = Monooleato de Sorbitán (Span 80)

5.3.3 Propiedades Fisicoquímicas

Son compuestos con apariencia de hojuelas cerosas color crema ó también se presentan en estado líquido color ámbar. Estos compuestos forman mesofases de tipo laminar en agua. Son emulsificantes no iónicos, con características lipofílicas. El HLB para el Monoestearato de sobitán es 4.7 y para el Monooleato de sorbitán 80 el HLB es de 4.3. Su punto de fusión es de 53 °C y 54.5 °C respectivamente. Facilitan de manera primordial las emulsiones aceite en agua, y su estabilización debido a que forman capas monomoleculares alrededor de las gotas en dispersión.¹¹⁶

5.3.4 Toxicología

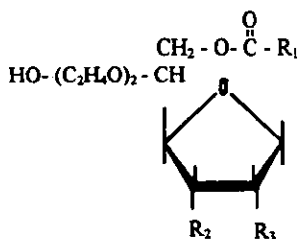
Los estudios bioquímicos hechos con C¹⁴ indican que estos compuestos se hidrolizan hasta ácido esteárico y anhídridos de sorbitán los cuales vía metabólica son excretados. Los experimentos hechos a largo y corto plazo en animales y en el hombre mostraron que no tienen efectos notables si se emplean en concentraciones adecuadas. Se ha estimado que un adulto puede ingerir hasta 0.5 g por día de derivados de sorbitán; sin causar algún efecto nocivo. La IDA determinada para los ésteres de sorbitán es 0-0.25 mg/kg. de peso corporal.

¹¹⁶ Branen L.A; Davidson S; Food additives. Cap.8, pág:65-66

5.3.5 Esteres De Polioxietileno De Sorbitán

Este tipo de emulsificantes están conformados por la integración de ésteres de sorbitán con grupos de Polioxietileno, por lo que estos derivados poseen propiedades más hidrofílicas. Los ésteres de polioxietileno son conocidos comercialmente con el nombre polisorbatos.

5.3.5.1 Estructura Química:



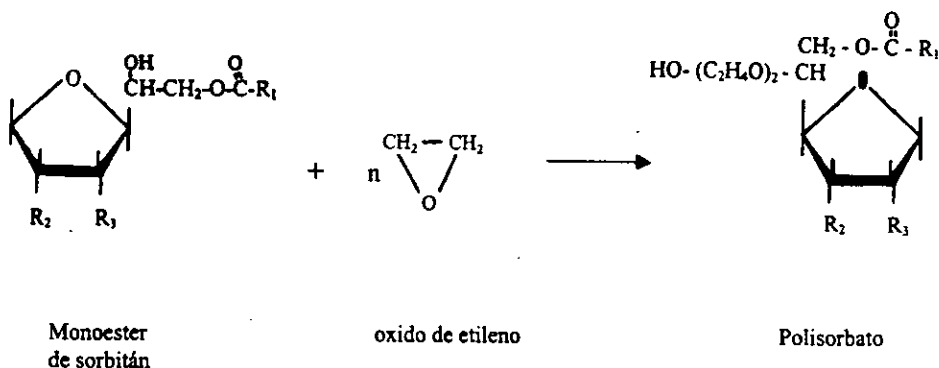
R_1 = Acido Graso.
 R_2 = $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_x \text{OH}$
 R_3 = $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_y \text{OH}$
 $x+y+2 = 20$

5.3.5.2 Obtención

Los ésteres de sorbitano pueden reaccionar con varias moléculas de óxido de etileno. De tal forma que la cadena de polioxietileno se unen a los grupos hidroxílicos a través de la unión éster. El número regular de moles de polioxietileno es de 20 por cada mol de Sorbitán. De esta forma se obtiene los derivados polioxietilenados llamados Polisorbato 60 ó polisorbato 80; si se emplea como materia prima el Monoestearato de sorbitán y el Monooleato de sorbitán respectivamente. ¹¹⁷

¹¹⁷ Charalambous G., Doxastokis., Food Emulsifiers Chemistry, Technology Functional properties and applications.

Reacción:



5.3.5.3 Propiedades Fisicoquímicas

Son compuestos que se venden comercialmente en forma líquida color amarillo, ó sólido ceroso. Son compuestos solubles tanto en agua como en medios oleosos a temperatura ambiente (24°C)¹¹⁸; En general estos compuestos forman cristales líquidos de estructura hexagonal I. Son emulgentes de tipo no iónico con características hidrófilas. Poseen un HLB mayor a 10. El Monooleato de sorbitán (polisorbato 80) tiene un HLB de 15 y el Monoestearato de sorbitán (polisorbato 60) tiene un HLB de 14.5 Así que funcionalmente actúan como emulsificantes de tipo o/w.¹¹⁹

Existen mezclas comerciales de polisorbato con MG y DG. Estos productos son muy eficientes, que presentan un HLB de 7.5 lo que da como resultado una mezcla perfectamente dispersables tanto en medios acuosos, como en oleosos.

¹¹⁸ ICI. Surfactants., Pág 14

¹¹⁹ Polisorbac. "Esteres de sorbitan etoxilados" Arancia comercial S.A. de C.V.

5.3.5.4 Toxicología

El coeficiente de digestibilidad estimado para estos compuestos oscila de 90 a 100% degradados hasta CO₂, y eliminación vía orina y heces. Se puede considerar que estos compuestos tienen la misma vía de degradación y eliminación.

Estudios realizados en animales (hámsters) a los cuales se les administró dosis de 15% de polisorbato se encontraron casos de diarrea crónica hasta la muerte. Se ha determinado que a concentraciones extremadamente altas de 19 g / Kg de peso corporal durante dos días sucesivos tiene acción purgante.

Estudios recientes evaluaron la digestibilidad de estos compuestos cuando forman complejos de inclusión con el almidón. Estos análisis se hicieron midiendo la digestibilidad del complejo en presencia de la enzima α -amilasa, comparado con un control, de lo cual se informó que los polisorbatos en cuya composición predominan ácidos grasos con más de 18 carbonos hay un decremento de digestibilidad del almidón de 15%, comprobándose de igual forma que aquellos compuestos en cuya composición se encontraban en su mayoría ácidos grasos con una cadena hidrocarbonada menor de 18:C el decremento de digestibilidad disminuye hasta en un 2%.¹²⁰

En el caso del hombre los estudios realizados han determinado que solo a concentraciones relativamente altas de hasta 25%, solo se presenta diarrea. Sin embargo, a concentraciones bajas los estudios realizados a largo plazo, comprendiendo aspectos de gestación, fecundidad y mortalidad no se han encontrado efectos nocivos.

Así la IDA determinada para los productos de polisorbatos es de 0 – 25 mg/ Kg de peso corporal. Esta ingestión se expresa en términos de ingestión de polioxi-etileno.¹²¹

¹²⁰ Harmeet G., Ranji., "Effect of rice starch-lipid complexes on vitro digestibility" Cereal Chem. 74(5): 561-565

¹²¹ Smith J. Food Additive User's Handbook. Pág. 139.

5.3.6 APLICACIÓN EN ALIMENTOS

5.3.6.1 Helados

Los polisorbatos ayudan a controlar las etapas de manufactura de helado:

1. durante la formación de mezcla:

- Dispersan homogéneamente los ingredientes.
- Favorece la incorporación de aire.
- Reducción de tiempo de batido.
- Reducción de materias primas, como el huevo.

1. Durante la congelación:

- Controla la desémulsificación.
- Controla la cristalización de grasa.
- Resistencia al choque térmico.

1. En el producto.

- El efecto texturizante y apariencia cremosa.
- Mejor palatabilidad.
- Resistencia a la fusión.
- Produce el efecto de sequedad evitando el goteo por fusión en los envases durante su vida de anaquel.

Como primer punto durante la formación de la mezcla el objetivo es dispersar al máximo los glóbulos de grasa y las burbujas de aire para llegar a una homogeneidad completa. En el momento de la congelación se asiste a la desémulsificación y a la aglomeración de la materia grasa. Esta juega un papel importante en la textura del producto acabado. Los polisorbatos se concentran en la superficie de los glóbulos de grasa, estableciendo enlaces con el agua, leche y la grasa.

De forma particular en conjunto con los monoglicéridos conducen a formar una película monomolecular en la superficie de los glóbulos de grasa.^{122 123}

En segundo plano los emulgentes con HLB elevado como los polisorbatos permiten asegurar una desemulsificación. La adsorción de las moléculas es en efecto muy débil para que los glóbulos de grasa formen agregados y se reúnan formando una masa de grasa lo suficientemente concreta para asegurar la permanencia de la crema congelada; adquiriéndose un efecto de sequedad. En este caso son muy eficaces los emulsificantes fuertemente hidrófilos como el polisorbato 80.

El punto de desemulsificación es importante porque determina la textura del producto acabado, y su comportamiento en la fusión.¹²⁴ (En la gráfica 3, se observa claramente como el polisorbato 80 presenta el mejor efecto de secado a concentraciones relativamente bajas).

Los polisorbatos pueden emplearse solos ó en conjunto con monoglicéridos con los que tienen un óptimo efecto sinergista, en proporción de: 20% de polisorbato, 80% de monoglicérido, donde a concentración de polisorbatos es normalmente del 0.1% max. Si se añaden cantidades excesivas de polisorbato (0.25%) como se observa en la gráfica no es necesario, ya que su efecto máximo es a concentración de 0.1%, y por el contrario si existe un exceso de emulsificante, de la grasa contenida en el helado puede resultar batida o separarse durante su almacenamiento.¹²⁵

Los Polisorbatos, se emplean prácticamente en combinación con hidrocoloides como Carboximetilcelulosa, pectinas, goma guar, ó carrageninas que actúan en conjunto como agentes protectores de la emulsión, estabilizante y permiten la reducción de grasa sobre todo en aquellos productos bajos en calorías ó dietéticos.

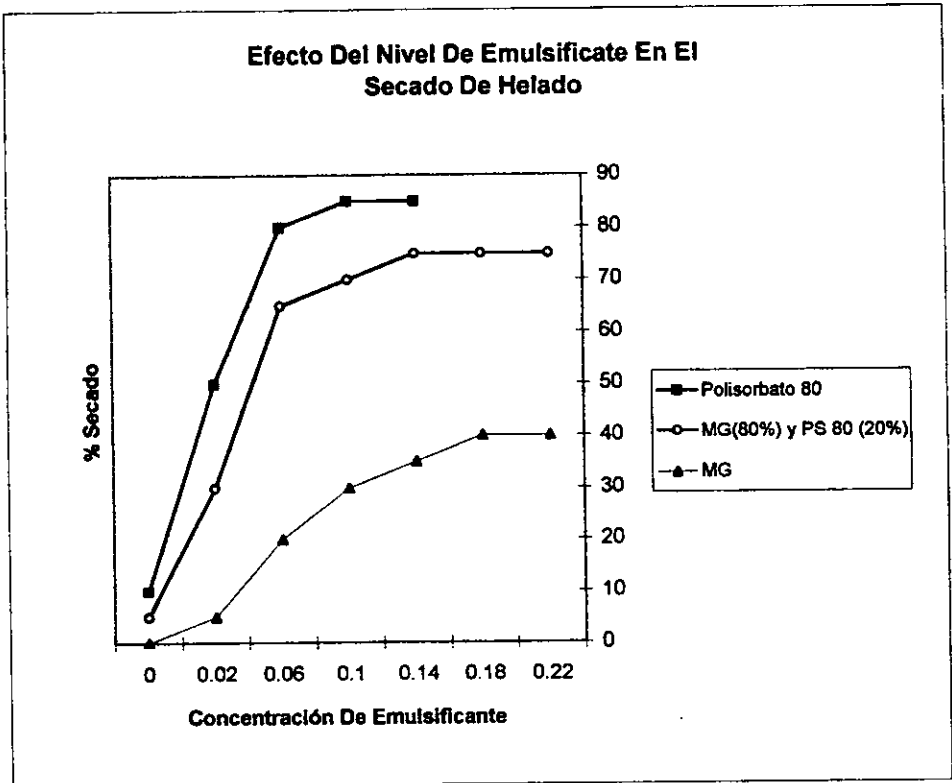
¹²² Keeney P.G., "Development of frozen emulsions" Food Technol. 36(11):69

¹²³ Furia t.E., *Handbook of food additives*. pg.419

¹²⁴ ICI Surfactants

¹²⁵ Fritz, T., *Fabricación de helados*. Ed. Acribia. Pg: 49.

GRAFICA 3



5.3.6.2 Chocolate

En la elaboración de chocolate estos compuestos tienen un efecto importante ya que además de actuar como emulgentes, se ha observado que la manteca de cacao presenta un caso especial de polimorfismo que origina cristales con puntos de fusión que va desde 17-35 °C. Por lo que su incorporación ayuda a controlar estos cambios polimorfos, de tal forma que se obtiene la forma cristalina más adecuada que tenga el punto de fusión más cercano al del cuerpo humano con el objeto que se disuelva al contacto con la boca.

La formación de estos cristales indeseables se presenta como una eflorescencia de materia grasa que comúnmente se denomina como “*bloom*”, físicamente se manifiesta con la aparición de cristales blancos o grises en la superficie del chocolate, provocando un aspecto indeseable para el consumidor.

El bloom que ocasiona esta decoloración es precedida por la pérdida de lustre. Este fenómeno se presenta cuando la cubierta empieza a fundirse y parte de la grasa migra a la superficie. Las fibras de cacao que imparten el color característico quedan atrapadas bajo la cubierta la cual al enfriarse solidifica y en la superficie hay formación de manchas, acompañada por la decoloración debido a la destrucción de cristales finos de grasa.

La adición de polisorbatos inhiben la migración de grasa retardando el “bloom”. Esto es debido gracias al poder de atrapar la grasa por adsorción e la superficie de sólidas formando una monocapa con las fibras de cacao impidiendo la migración de grasa.¹²⁶

Este efecto se manifiesta en el producto favoreciendo una apariencia de brillo y mejorando la palatabilidad del chocolate. Su empleo es de 1% máximo, en base el contenido de manteca de cacao.¹²⁷

¹²⁶ Garty, N., Schieter “Effect of food emulsifiers on polymorphic transition of cocoa butter” J. Am. Oil Chem. Soc. 63(2): 330.

¹²⁷ Pomeranz Y. Functional properties of food components. Cap 9 Pág 366.

5.3.6.3 Mayonesa y Salsas emulsionadas

Las emulsiones de mayonesa o salsas que se preparan con Polisorbato 60 a concentración de 0.5% en base al peso final del producto. Se realiza con adición del emulgente dispersado previamente en agua que posteriormente se agrega a la fase oleosa. Una vez formada la emulsión se hace pasar por un homogenizador cuya finalidad es disminuir el tamaño de los glóbulos de aceite y dispersarlos total y homogéneamente todos los ingredientes. Esta emulsión también permite el uso de saborizantes hidrosolubles en este sistema con alto contenido graso.¹²⁸

5.3.6.4 Cremas Batidas:

En este tipo de alimentos controlan la formación de espuma que son glóbulos de aire dispersos en un medio líquido, la homogeneidad del aire disperso y su estabilidad influye directamente en la apariencia del producto. El Monoestearato de Sorbitán ó Polisorbato 60 son emulgente comúnmente incluidos en este tipo de productos a concentración de 0.1%.

También se obtienen buenos resultados si se emplean combinados el Monoestearato de sorbitán con el Polisorbato 60 en proporción 75/25 respectivamente, ya que por su efecto sinergista se emplean concentraciones más bajas hasta de 0.05%. En realidad la combinación exacta y nivel depende prácticamente de la composición y de las propiedades que se desean obtener en el producto.¹²⁹

¹²⁸ ICI Surfactants

¹²⁹ ICI., Surfactant., Pág. 4

5.3.6.5 Micelaneos.

Los ésteres de sorbitán y polisorbatos actúan de forma general emulsificando productos como:

Sustitutos lácteos como blanqueadores para café, ó cremas. Estos productos que contienen grasas de origen animal y vegetal la acción emulsificante debe ser eficiente al incorporarse en sistemas acuosos fríos o calientes evitando la formación de grumos, sin separación visible de fases. La mezcla monoestearato de sorbitán/Polisorbato 60 se emplea de 0.4-0.5% del peso total en base seca.¹³⁰

En aceites saborizantes ó colorantes solubles en aceite se emplean con el fin de dispersarlos y en el caso de productos en polvo facilitan su humectación para incorporarse rápidamente en un sistema alimentario. Los ésteres de sorbitán y el Polisorbato 60 se emplean a concentraciones de 0.05% en base al peso total.¹³¹

En coberturas de caramelo o chocolate controla la cristalización del azúcar y palatabilidad del producto se favorece. Los niveles de empleo es de 0.8-1% de Ester de sorbitán 60; ó en combinación con polisorbato 60 se emplean en proporción 60/40 a niveles de 0.8%

En las formulaciones de suplementos vitamínicos se involucran vitaminas oleosas, preparadas en forma de polvo seco, las cuales se combinan estos emulsificantes para permitir solubilizarse en medios acuosos el Polisorbato 80 se adiciona en concentración de 300mg, calculada para una preparación de consumo diario.

En Margarinas o grasas emulsionadas ejercen varias funciones como: emulsificar el sistema, evitar la sinéresis, favorecer la incorporación de antioxidantes solubles en aceites y grasas, además de favorecer las características de textura y palatabilidad. Su empleo generalmente es menor de 0.5% referente al peso final del producto.¹³²

¹³⁰ Smith J., *Food Additive User's handbook*. Pág.193.

¹³¹ Macrae R., Robinson R.K., *Encyclopedia of Food Science, Technology and Nutrition*. Vol. III. Pág.1588.

¹³² Op. Cit Smith. pág 192.

5.3.7 DISCUSIÓN

Desde el punto de vista comercial los Esteres de Sorbitán y los Polisorbatos se emplean frecuentemente combinados debido al efecto sinergista que presentan. Como se mencionó la esterificación del azúcar deriva una molécula anfifílica donde los grupos hidroxilo representan la parte polar del emulgente y la porción ácido graso tiene propiedades hidrofóbicas. Esto permite que tengan propiedades interfaciales en la formación de emulsiones.

De acuerdo a su HLB los Esteres de sorbitán y los polisorbatos facilitan la formación de emulsiones aceite en agua, sin embargo pueden ajustarse en combinación con los Esteres de Sorbitán con bajo HLB para incrementar características hidrófobas.

Es evidente que en emulsiones alimentarias presentan una compleja funcionalidad, que va desde la emulsificación de componentes, hasta el favorecimiento de otras características como el de facilitar operaciones de proceso, mejorar las características sensoriales de producto y en muchas ocasiones lo más importante reducir los costos de manufactura, ya que su incorporación permite reemplazar a otros ingredientes sin que decrezca la calidad de alimento; de igual manera al facilitar algunas operaciones mecánicas como disminución de tiempos de mezclado implica menos gastos de energía que a la postre se reflejan en el costo final del producto. Este último punto es importante ya que representan del 3 al 6% del costo total de un producto; ya que entre la gama de emulsificante ya descritos estos compuestos son relativamente caros ya que generalmente se venden en combinación con otros emulsificantes estrictamente seleccionados para obtener beneficios específicos.

En cuanto a las evidencias toxicológicas que hasta el momento se tienen, se entiende que son compuestos totalmente digeribles por el humano si se emplean adecuadamente y tomando en cuenta el dato referente a su Ingesta Diaria Admisable.

CONCLUSIONES

- Los emulsificantes son compuestos con naturaleza anfifílica que permite se sitúen en la interface de los componentes inmiscibles de tal forma que hay una reducción de tensión interfacial, que es el principio fundamental en la formación y estabilidad de emulsiones alimentarias.
- Una emulsión se crea cuando un líquido inmiscible se dispersa en forma de pequeñas gotas en otro líquido, la cual para mantenerse en suspensión requiere de una molécula que sea afín a ambos líquidos como es el caso de los emulsificantes.
- Los emulsificantes se sitúan en la interface con la porción hidrófila formada por moléculas polares que se orientan a la fase acuosa; y la porción lipófila constituida por ácidos grasos comestibles se ponen en contacto con la fase grasa; lo que ocasiona la formación de barreras físicas contra la coalescencia; de esta forma estabiliza el sistema durante toda su vida de anaquel.
- La funcionalidad de un emulsificante está directamente relacionada por el tamaño y naturaleza de las fracciones polares y no polares, solubilidad; Temperatura de inversión de fase, tipo de mesofase que origina al interactuar con agua, concentración del emulsificante, relación de volumen entre la fase acuosa y la oleosa, temperatura, estado físico, componentes y condiciones tecnológicas específicas durante la elaboración de una emulsión alimentaria.
- La solubilidad de un emulsificantes es uno de los parámetros a considerar durante la elección de un compuesto; ya que mediante el cálculo Balance Hidrofílo-lipófilo se conoce de forma aproximada sus afinidades por el agua ó por el aceite; lo cual permite aplicarlos a una emulsión agua- aceite ó aceite en agua.
- La estabilidad de una emulsión depende directamente de factores como: reducción de tensión interfacial, formación de películas interfaciales, repulsión debido a cargas eléctricas en la superficie de la fase interna, tamaño de partícula dispersa y temperatura a la cual se forma y se mantiene la emulsión.
- Los emulsificantes proporcionan al mismo tiempo otras propiedades funcionales de gran utilidad en la industria alimentaria como: texturizantes y lubricantes debido a su naturaleza lipídica. El efecto antiendurecedor que se debe por sus propiedades acomplejantes con macromoléculas como el almidón y las proteínas, lo que contribuye con una apariencia suave y fresca del producto. El efecto

humectante favorece la incorporación de partículas sólidas en el sistema, especialmente cuando se trata de productos instantáneos. Como agentes aireantes ó espumantes contribuyen a la incorporación de aire en la fase continua, puesto que la cantidad de aire incorporado es clave en muchos alimentos, ya que tiene un significado sobre las sensaciones gustativas como: cuerpo, suavidad, ligereza, textura y aumento en la percibibilidad de aromas y volumen.

Los emulsificantes se emplean en alimentos en porcentajes pequeños y muchas veces en mezcla con otros similares para obtener un resultado determinado a un nivel de concentración óptima. El uso como aditivo lleva a que su costo sea máximo del 6% del total, dependiendo del tipo de emulsificante que se utilice. Destacan sus aplicaciones en la preparación de emulsiones aceite en agua ó agua en aceite tales como: margarinas, shortenings, productos de panadería, confitería, pastelería bollería, repostería en general, helados, quesos, alimentos en polvo, salsas, precocinados, chocolates y derivados, pastas, alimentos dietéticos, saborizantes, preparados vitamínicos, derivados cárnicos, alimentos enlatados, etc.

- En panadería y productos análogos facilitan la incorporación de materia grasa, acondicionan la masa ó pasta, facilitando su trabajo, disminuyendo costos de materia prima y producción. En el producto dan una mejor y más uniforme textura retrasando su endurecimiento debido a la acción sobre la amilopectina evitando su cristalización y la pérdida de humedad. Al mismo tiempo que favorecen la retención de aire aumentando su volumen y haciéndolos más esponjosos.
- En productos cuyo componente principal es el almidón como alimentos deshidratados, pastas y macarrones evitan la pegajosidad durante su cocido y facilita su posterior mezcla con salsas.
- En la preparación de helados, merengues, batidos o semejantes favorecen la incorporación de grasa y material oleoso como saborizantes, resinas y vitaminas, así como facilitan y estabilizan la incorporación de gas en el líquido, mejorando su conservación y resistencia al calor, evitando la aglomeración de componentes y promoviendo un exceso de volumen.
- En alimentos en polvo como leche, cacao, blanqueadores de café y demás bebidas instantáneas la adición de emulsificante favorece su humectación en la rehidratación y solubilización de componentes sólidos, esencias aromáticas, vitaminas, saborizantes oleosos y antioxidantes.

- En confitería como caramelos duros, blandos, gomas de mascar y coberturas facilitan las operaciones mecánicas durante su elaboración, por la incorporación de materia grasa da un efecto lubricante favoreciendo un brillo superficial, por la formación de una fina capa de cristales de grasa, evitando al mismo tiempo la salida y formación de agregados de grasa en la superficie, sus propiedades lubricantes evitan su pegajosidad al corte, en las envolturas y al masticar.
- Los emulsificantes añadidos a las, margarina, mantequilla, aceites o grasa de fritura evitan el salpicado y aumentan su estabilidad durante su vida de anaquel.
- Algunos emulsificantes además de tener propiedades interfaciales presentan propiedades plastificantes y su capacidad de formar películas flexibles y extensibles lo cual conjuntamente se aprovecha para preparar envolturas y revestimientos de alimentos como pescados, carnes, embutidos, quesos.
- En productos bajos en grasa o contenido calórico que actualmente tienen mucha demanda los emulsificantes forman parte primordial de esta tecnología; ya que en un sistema con bajo contenido graso sustituyen los efectos fisicoquímicos y sensoriales que aporta en sí los materiales grasos, principalmente participando en la reducción de grasa, aumentando la retención de agua, así como la estabilidad y conservación de propiedades sensoriales como suavidad y frescura en el alimento.
- La utilidad de un emulsificante se basa considerando los siguientes factores:
 - a) Tener un beneficio específico, como mantener la calidad y valor nutritivo del alimento.
 - b) Capacidad para funcionar efectivamente a bajas concentraciones.
 - c) Mejorar la estabilidad y durabilidad de un sistema.
 - d) Mejorar el aprovechamiento del alimento (rendimiento)
 - e) Mayor atractivo para el consumidor.
 - f) Ausencia de olor, color, sabor y toxicidad.
 - g) Económico y disminuir costos para no incrementar el precio del producto.
- Algunos emulsificantes participan en el proceso digestivo natural de lípidos y grasas alimentarias como es el caso de la lecitina. Los mono y diglicéridos junto con sus derivados ácidos orgánicos se transforman en sustancias propias del cuerpo humano por lo que se les especifica como Ingesta Diaria Admisible “Sin Limitar” que habla de la inocuidad de estos productos.

- En condiciones sensiblemente distintas, varios estudios experimentales han evidenciado la carencia de efectos nocivos de los emulsificantes en la fisiología digestiva si se emplean a bajas concentraciones. Así los emulsificantes sintéticos por mencionar a los polisorbatos incluso se utilizan en preparaciones farmacéuticas para incrementar la absorción de grasas, e incluso la presencia de lecitina en el tubo digestivo favorece la absorción de lípidos.

El Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos regula la salubridad en el territorio nacional. La última versión publicada en 1984 desprende el reglamento para aditivos alimentarios dentro del cual establece la lista de emulsificantes autorizados para la elaboración de alimentos y bebidas de los cuales solo se comprendieron aquellos de mayor uso comercial. En este sentido es necesario depurar y actualizar las leyes mexicanas en cuanto a la formulación de normas nacionales que contemplen especificaciones de pureza, calidad, con las cuales deban cumplir los diferentes emulsificantes alimentarios autorizados oficialmente.

- Se establece la necesidad de emprender investigaciones referentes al tema en cuestión, que aporten bases analíticas y actualizadas debido a que los emulsificantes tiene una participación importante en el desarrollo y variedad de nuevos productos.
- Este estudio expone la gran diversidad de posibilidades prácticas en el empleo de agentes emulsificantes; al igual que aporta información útil para el químico de alimentos que desea incursionar en el campo de aditivos alimentarios.

BIBLIOGRAFIA

1. Badui Dergal Salvador, Química de los Alimentos., 2da. Reimpresión, Ed. Alhambra, México 1995 Cap 6,7 No. pág; 648.
2. Becher, P., Emulsions, Theory and Practice. Ed Reinhold N.YorK. Págs. 647.
3. Beckett S. T, Fabricación y Utilización Industrial del Chocolate. Ed. Acribia, España 1992. Pág. 168. _
4. Belitz H.D, Química de los Alimentos. Ed Acribia., España 1988. Pág.372.
5. Bernard W. And Minitie P.L., Chocolates, Cocoa and Confectionary Science and Technology. 3ª Edición, Ed. AVI Book N. York 1989. Cap 4 pág. 111-117.
6. Branen L.A., Davidson S., Food Additives. Ed.Marcel Dekker. 1990, Cap 10. Pág 347-385.
7. Brekke O.L; desgomado del aceite y la lecitina de Soya. Pag 65-73
8. CFR. Code of Federal Regulations. Food and Drugs 21 1996. National Archives and Records Administration.
9. Codex Alimentarius. Vol. XIV; 1991; Aditivos Alimentarios; Requisitos Generales.
10. Clyde E. Stauffer, Functional Additives For Bakery Food., Ed. An AVI. N. York 1991.
11. Codigo Alimentario; Boletín Oficial del Estado; Colección Textos Legales, Madrid 1988 5ª Ed; Depto. De Programación Editorial del BOE. Cap XXXI. Aditivos e Impurezas de los Alimentos
12. Coultate T. P., Alimentos: Química de sus componentes. Ed. Acribia, España 1986. Pág.62.

13. Charalambous G. And Doxastokis G., Food Emulsifiers Chemistry, Technology Functional Propierties and Aplicacions. Ed. Elsevier 1989. Pag.110-143, 418-443.
14. Charley H. Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la preparación de Alimentos. Ed. Limusa. México 1987. Cap.16. pág 355.
15. Derache R. Toxicología y Seguridad de los Alimentos. Ed. Omega, barcelona 1990. Pag. 477.
16. Desorier norman W. Elementos de Tecnología de Alimentos. Ed Continental 1987., pág 520-535.
17. Drew Myer, Surfaces Interfaces and Colloids. Principles and Aplicacions. Ed. VCH Publisher 1992. Pág. 429.
18. Duncan J.R., Tecnología de la Industria Galletera. (Galletas, Cracker y otros Horneados), Ed. Acribia, España 1990. Cap. 6. Pág 77.
19. FAO/OMS, 7º Informe De Reuniones Del Comité Mixto. Normas de Identidad y Pureza para Aditivos Alimentarios y Evaluación de Toxicidad de Emulsificantes. Roma 1963.
20. Fenema. Química de los Alimentos. 2da. Edición Pág 187.
21. Forrest, Fundamentos De Ciencia De La Carne. Ed. Acribia Zaragoza España. Pg 170.
22. Fritz Timm, Fabricación de Helados. Ed Acribia S.A. España 1984, Cap II. Pág.48.
23. Furia Thomas E. Handbook of Food Additives. 2ª Edición CRC Press, N.York 1975. Cap 9. 397-428.
24. Girard J.P. Tecnología de la Carne y de los productos cárnicos. Ed Acribia S.A. España 1991, Cap VII.
25. Hoffmann G. Food Science and Technology. The Chemistry and

- Technology of edible Oils and Fats and high fat products. Ed. Academic Press 1989; Pág. 119.
26. Lewis Richard J. Food Additives Handbook. Ed. DeVan Nostrand Reinhold. N. York 1991.
27. Macrae E.R., Robinson D.K, Sadles M.J., Enciclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Academic Press Oxford, 1993. Vol II. Pág. 1547.
28. Matz Samuel, Bakery Technology and Engineering. 3ª Edición., Ed. AVI Book, N. York 1992, pág.90.
29. Miller J., Jones P. Food Safety. 2ª Impresión, Ed. Eagan Press., U.S.A. 1994, Cap I.
30. Multon J.L, Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. Ed. Acribia S.A. España 1990, Cap 5,6. Pág.335-357.
31. Pomeranz Y., Functional Properties of Food Components. 1994, Cap II. Pág. 339-379.
32. Quaglia G, Ciencia y Tecnología de la Panificación. Ed. Acribia S.A. España 1991, Cap II. Pág.170.
33. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. 1988; pág75-76.
34. Smith J. Food Additive User's Handbook. Ed. Blackie and London Published AVI, N. York 1991, Cap 8. Pág. 169-200.
35. Ulrich Gerhardt, Aditivos e Ingredientes. Ed Acribia S.A. España 1990, Cap I, pág.52-71
36. Valle Vega P; Toxicología de Alimentos; Organización Panamericana de la Salud; OMS; México 1986. Cap. II pág.80.

HEMEROGRAFIA

1. Brandt Laura, "Emulsifiers in Baked Goods" Food Product Design, (1996) February. Pg 64-67.
2. Berland L. "Rheological Properties of Wheat Flour Doughs in Stady and Dinamics Shear" Cereal Chem. 1995; 72(1); pág. 41-51.
3. Birnbaum H. " Surfactants and Shortening in Cakemaking "Bakers Digest 1988; 52(1); pág 28-29.
4. Brekke O.L. "Desgomado De Aceite De Soya y Obtención de Lecitina" Ind. Alim. 1987. 10(1). 13-20.
5. Breyer L.M; Walker C.E; "Comparative Effects of various Sucrose-Fatty Acid Esters Upon Bread and Cookies" J. Food Sc. 1983; 48(3) pág.955,956.
6. Buck J.S. Walker C.E. "Evaluation of Sucrose Esters in Ice Cream" J. Food Sc. 1986; 51(2); pág. 489-483.
7. Donald E, Pszezola "Blends Reduce Fat in Bakery Products" Food Technol. (1994), 48(6), 168-170.
8. Dziezak J.D, "Emulsifiers: The Interfacial Key to Emulsion Stability" Food Technol.(1988), 42(10), 172, 174, 192-196.
9. "Embutidos Hoy y Siempre" Ind Alimenticia; 1997; 8(1); pág.47.
10. "FDA Aproves Ryoto[®] Sugar Esters" Circle 149; Food News Extra; Fod Technol. 1996. 50(9); pág. 4-5.
11. Gaytan J.J. "Uso de Estabilizadores Emulsivos en Sustitutos de Leche" Ind Alim., ITAL Reporte, pág. 8-12.
12. Giese James; "Fats, Oils, and Fat Replacers" Special Report; Food Technol. 1996; 50(4), pág. 78-83.

13. Gurayas Harmeet; Ranjt S; "Effect of Rice Starch-Lipid Complexes on Vitro Digestibility" *Cereal Chem.* 1997; 74(5), pág.561-565.
14. Hegenbart Scott, "Emulsifier Applications The Right Chemistry". *Food Product Design* (1995). October. 79-90.
15. Hosney R.C; Roach R; " Effect of Certain Sufactans on the Starch in Bread" *Cereal Chem* 1995; 72(6); pág.578-582.
16. *Ingredients News*; "Citric Acid Ester Replaces Lecithins" *Food Manufacture* 1997; 72(3); pág.14.
17. Joseph G. Ponte Jr. "Short time dough. Simplify bread procesing" *Bakers Digest*; 59(1); pag.24-25.
18. Keeney P.G, "Development of Frozen Emulsion" *Food Technol.* (1982), 36(1). 65-67.
19. "Los Productos bajos en grasa siguen siendo noticia" Sección Ingredientes al día. *Ind. Alimenticia* 1996; 7(2), pág. 34,36
20. "Los Quesos Análogos ó Imitación: Una Alternativa Económica y Nutritiva" *Tecnol. Alim.* 1996. 31(3). Pág.28-32.
21. Madrid Vicente A; "Los Helados un alimento nutritivo" *Industria Alimenticia* 1992; 3(1); pág.32-34.
22. Mann E. "Ice Cream" *Diary Industries International.* 1992. 57(7). 14-15.
23. Molina Eduardo, "Quesos Procesados (Quesos análogos) " *Ind. Alim.* 1993; 15(1); pag. 6-8.
24. Morales Josefina. "Agentes de Tensión Superficial". *Tecnología Alimentaria*, Edición extraordinaria.(1975), pág. 11-14.
25. Nau F; Adams W; "Emulsifers for use in sausage and meat products". *Food Marketing and Technology*, 1992; 6(3). Pág.13-14,16-20.

26. Ralph J. Tenney, "The Surfactants Used in Breadmaking" Dough Conditioners/Bread Softeners., The Bakers Digest, August 1993. 24-27.
27. Riego Martín, Gomez Herrera C. "Química Física Interfacial de Emulsificantes Alimentarios. Parte I. Solubilidad e Interacción con medios acuosos" Grasas y Aceites 1988. 39(1). 44-51.
28. Rogers D.E; Hosney R.C. "Bread Making Properties of DATEM " Bakers Digest 1993 57(5):pág 12-15.
29. Sarajit S. "Forever Blowing" Food Manufacture. 1996; 71(6); pág. 32-33.
30. Stuchell Yvonne. Krochta J. M; "Edible Coating on frozen king salmon: Effect of whey protein isolate and Acetylated Monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation" J. Food Sc. 1995, 60(1); pág. 36-38.
31. Sitkowski-T, "Use of Improvers during flour milling" 1992. Cereal Products 36(2-3). 6,7.
32. Soya New Circle 138; Food Engineering International; April 1997; pág.16.
33. Walker C.E. Ryu G.H. "Emulsifier effects on pasting properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening". Starch 1993. 45(2) pág.65-70.
34. Arancia Comercial. Catálogo de Productos.
35. Durkee Industrial Foods. Emulsifiers for Bakery Products. Información Publicitaria. Bakers Digest 1993.
36. EASTMAN; Food Emulsifiers; Catálogo de Productos 1998. No. pág. 30.
37. ICI Surfactants, Products For Foods, Catálogo de Productos 1996; No. de páginas 10.

ANEXO 1

APLICACIÓN DE EMULSIFICANTES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

EMULSIFICANTE	HLB	APLICACIÓN	DOSIS RECOMENDADA %	EFECTOS FUNCIONALES	
Lecitina	3-4	Panadería y pastelería	0.2 a 0.3	b	Emulgente, acondicionador de masa, humectante favorece la acción de las mantecas vegetales.
		Galletería	0.2 a 0.3	b	Emulsificante en cremas y chocolate de relleno, resistencia al homeado, disminución de fragilidad
		Margarina	0.15 a 0.5	a	Promueve la emulsificación, antisalpicante.
		Chocolates	0.1 a 0.4	c	Controla la viscosidad, dispersante, aumento de palatabilidad, retarda la volatilización de agua.
		Confitería	0.8 - 1	c	Emulsionante de saborizantes, lubricante evita la adhesión a maquinaria, moldes, envolturas, etc.
		Helado	0.5 a 3	c	Emulsificante, previene arenosidad, dispersión de saborizantes.
		Prod. Instantáneos	0.5 a 3	d	Emulsificante, humectante, dispersante.
		Quesos (imitación)	0.1 a 2	a	Emulsificante, texturizante, dispersante.
		Saborizante	1-3	c	Emulsificante.
		Preparados vitamínicos	BPF		Complemento emulsionante de grasas.
		Mantequilla cacahuete	1-2	a	Emulsificante, favorece las prop. Sensoriales.
		Salsas emulsionadas.	BPF		Emulsificante y dispersante.
		Preparados vitamínicos	1-3	d	Emulsificante, dispersante.
Mono - Diglicéridos (40% de monoéster)	2.8	Panadería	BPF		Condicionante de masas, emulgente, antiendurecedor.
		Saborizantes	3	c	Emulsificante.
Mono - diglicéridos	3.8	Panificación	0.2 a 0.5	b	Emulsificante, dispersante, acondicionante de masas, texturizante, prolonga la vida de anaquel.
		Margarina	0.5	a	Estabilizante, emulgente, texturizante.

EMULSIFICANTE	HLB	APLICACIÓN	DOSIS RECOMENDADA %	EFFECTOS FUNCIONALES
Mono - diglicéridos	3.8	Quesos de imitación	0.2-0.5	Emulgente, estabilizante, texturizante.
		Helados	0.1 a 0.3	Emulgente, aireante, estabilizante, sequedad, textura. Lubrificante, antiadherente, emulsionante.
		Caramelos/goma de mascar	0.5	Emulsificante.
		Chocolate y cubiertas	0.5	Emulsificante y estabilizante, previene sinéresis
		Mantequilla cacahuete	0.5 a 1.5	Lubricante, complejación con almidón, antiadherente.
Esteres de ác. Acético	2-3	Pastas	1	Lubricante, facilita su extrusión, reduce grumos
		Cereales y botanas	2	Facilita extrusión, reduce fractura, mejora forma.
		Sabonizados	2.5	Emulsificante y estabilizante.
Esteres de ác. Cítrico	10-12	Embutidos	1 a 2	Emulsificante, cubierta protectora.
		Caramelo/goma de mascar.	1 a 2	Dispersión de materia oleosa.
Esteres de ác. Cítrico	10-12	Panificación	0.5	Condicionante de masa, fortalece la red glutínica, mejorador de volumen en producto. Se usa en combinación con MG.
		Mantecas vegetales	2.5 a 3	Emulsificante.
		Margarinas	0.3	Emulsificante.
		Embutidos	0.3 a 0.5	Protector de la emulsión cármica, ligador de agua, solubilizante de saborizantes oleosolubles.
Esteres de ác. Láctico	3-4	Panificación	0.1 a 0.25	Aporta firmeza al gluten, y la miga es más suave.
		Chocolate y coberturas	0.1-0.25	Control de transición polimorfa de manteca de cacao, aporta brillo y palatabilidad en el producto.
		Crema pasteleras/pudines	0.3	Aireador y estabilizante.
Esteres de ácido diacetil tartárico	9.2-10	Panadería	0.5	Antiendurecedor, reducción de materia grasa.
		Galletería	0.75	Condicionante de masa, reductor de materia grasa.
		Alimentos en polvo: saborizantes, vitaminas, colorantes	1	Dispersante, emulsificante.

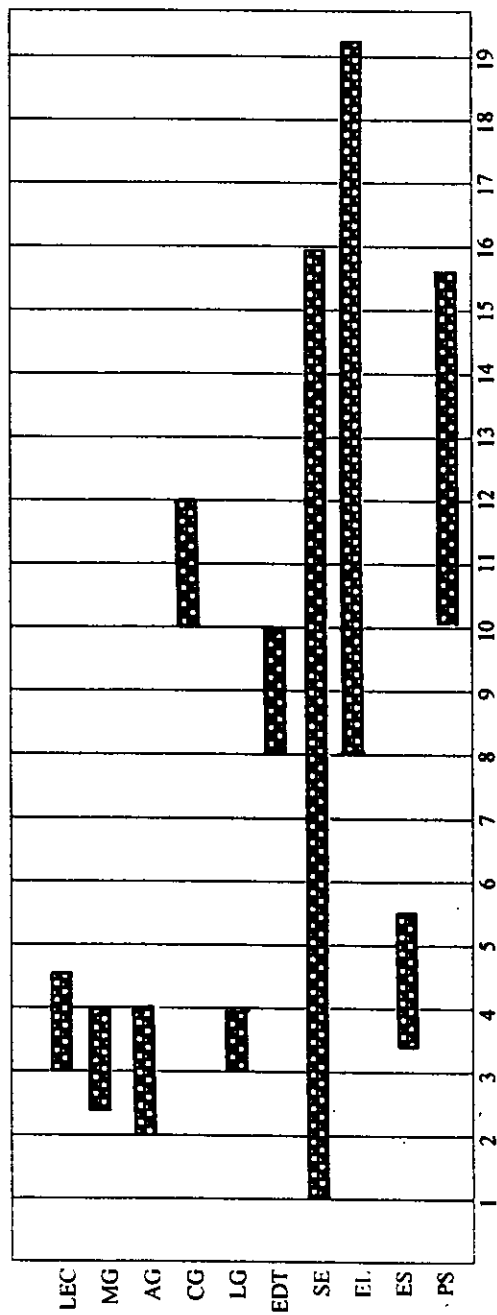
EMULSIFICANTE	HLB	APLICACIÓN	DOSIS RECOMENDADA %	EFECTOS FUNCIONALES
Sacaroésteres	1-16	Panadería	0.5	a Condicionante de masa, aumento de volumen en el producto, texturizante.
		Hielados	0.25	a Emulsionante, control de desemulsificación, dispersante, resistencia a la fusión, Texturizante.
		Galletería Prod. instantáneos	1 1 a 1.5	c d Antiendurecedor, emulsificante. Emulsificación, humectante.
Acetato Isobutirato de Sacarosa (SAIB)		Bebidas carbonatadas, jugos carbonatados, jugos	3-5	a Estabilizante, emulgente, enturbiantes, agente de peso.
Estearoil lactilato de sodio	18-20	Panadería	0.1 a 0.5	a Acondicionamientos de masa, antiendurecedor, aumenta volumen, ablanda la corteza.
		Crema para café (polvo ó líquidas)	0.5 a 0.8	d Emulsificante, dispersante.
		Crema pasteleras	0.15 a 0.2	a Emulsificantes, estabilizante, aireante.
Estearoil lactilato de calcio	6	Panificación	0.5	a Emulsificante, acondicionador, antiendurecedor,
		Galletería	0.2 a 0.5	a Lubricante, favorece el efecto de mantecas vegetales
		Mezclas para pasteles	0.2	d Emulgente, acomplejante, texturizante, mejorador de la funcionalidad de materia grasa.
Monoestearato de sorbitán (Span 60)	4.5	Mantecas emulsionadas	1	c Emulgente, antisalpicante
		Panificación	0.5	a Emulsificante, antiendurecedor.
		Chocolate y coberturas	0.2 a 0.8	c Antibloom
		Blanqueadores de café	0.2 a 0.5	d Emulsificante y dispersante.
		Saborizantes	0.5 a 1	c Solubilizante se usa en combinación con polisorbato 80 ó Span 60.
Polisorbato 60	15	Margarina	0.5	a Impide el sudado del producto.
		Mantecas vegetales	0.9	a Aporta palatabilidad y es antisalpicante se usa en combinación con MG y polisorbatos.
		Panadería	1-2	c Aumento de volumen, firmeza a la masa, texturizante. Se usa en combinación con MG.

EMULSIFICANTE	HLB	APLICACIÓN	DOSIS RECOMENDADA %	EFECTOS FUNCIONALES
Polisorbato 60	15	Chocolate	0.8	a Emulsificante y antibloom.
		Coberturas	0.8 - 1	a Controla la viscosidad durante su elaboración.
		Blanqueadores de café	0.5	d Aumenta su dispersibilidad en líquidos.
		Donas	0.25 - 0.5	d Aumenta su vida de anaquel y provee volumen.
		Mantecas vegetales	0.9	a Aporta palatabilidad y antisalpicante se usa en combinación con MG.
		Saborizantes	0.05	c Emulsificación y estabilidad.
		Ensaladas	0.3	a Estabilidad a la emulsión.
		Panadería	0.3-0.4	a Aumenta el volumen y textura del producto se usa combinado con MG y Span 60.
		Helados	0.05-0.25	a Emulsificante, control de desemulsificación, control de cristalización, aireante, resistencia a la fusión del producto (aparencia seca), efecto sinergista con MG.
		Chocolate	1	c Emulsificante, antibloom, aporta brillo y palatabilidad en el producto. Si se usa mezclado con Span 60 la mezcla es 40/60.
Polisorbato 80	14-15	Saborizantes	1-3	a Emulsificante, dispersante
		Salsas emulsionadas	0.5	a Emulsificante, estabilizante.
		Crema batidas	0.1	a Estabilizante, aireante.
		Mezclas de bebidas no alc.	0.05	a Solubilización de aceites.
		Encurtidos	0.3	a Solubilizante de aceites.
		Aderezos	0.2-0.4	a Emulsificante.
		Levadura	4ppm	a Dispersante
		Preparados Vitamínicos	300mg máx. en una dosis diaria	Emulsificante de vitaminas oleosas y dispersante en medios acuosos.

(a) En base al peso total del producto. (b) En base al peso total de harina. (c) En base al peso total de materia grasa.

(d) En base al peso total de ingredientes secos. BPF=Buenas Prácticas De Fabricación

Anexo 2
Guía De Valores BHL
En Emulsificantes Con Mayor Uso Comercial En La Industria De Alimentos.



LEC=Lecitina; MG= Monoglicéridos; AG=Acetoglicéridos; CG=Citroglicéridos; LG=Lactoglicéridos; EDT=Esteres de Diacetiltartárico; SE=Esteres de Sacarosa; EL=Estearil Lactatos; ES=Esteres de Sorbitán; PS=Polisorbatos.

Anexo 3

EMULSIFICATES COMERCIALES Y PROVEEDORES EN MEXICO

NOMBRE	PROVEEDOR	DESIGNACION QUIMICA	FORMA FISICA	HLB
ASOL	Alim. Framex	Lecitina fluida	Líquido amarillo	3
CAPCITHIN	Alim. Framex	Lecitina refinada	Líquido transparente	3.5
EMULBESTO	Alim. Framex	Lecitina fluida	Líquido amarillo osc.	3.5
EMULFLUID A	Alim. Framex	Lecitina con acidos grasos	Líquido amarillo	3.5
EMULFLUID E	Alim. Framex	Lecitina hidrolizada	Líquido amarillento	3.5
EMULMETIK	Alim. Framex	Lecitina sin refinar	Líquida y polvo	3
EPIKURON	Alim. Framex	Lecitina con 95% de FI	Granulos	3.5
LECIWET	Alim. Framex	Lecitina muy hidrofílica	Líquido amarillo	3.5
MC THIN AF1	Alim. Framex	Lecitina natural estandarizada	Cosist. Plástica	3
Glice-Pol 160-163	Arancia	Monoestearato de glicerilo de origen animal con 40% MG min.	Hojuelas cerosas bco.	2.8
Glice-Pol 165-180	Arancia	Monoestearato de glicerilo de origen vegetal con 40% de MG min.	Hojuelas cereosas Bco.	2.8
Emulquim 50	Quimic	Monoestearato de Glicerilo 40%MG min	Polvo y escamas bco.	2.8
Atmul M	ICI	MG y DG con 40- 44% de MG; hidratado	Consist. Plástica blanco	3.5
Atmul 80	ICI	MG y DG con 40-52% de MG	Sólido plástico, crema	2.8
Atmos 300	ICI / Arancia	MG Y DG con ác. Grasos y 60% de MG	Líquido ambar ,claro	2.8
Atmos 150	ICI	MG y DG con 61-66% de MG	Hojuelas sólidas	3.2
Atsurf 586 k	ICI	MG Y DG con 61-66% de MG	Líquido ambar	2.8
Amul 651 K	ICI	MG Y DG con 65-69% de MG	Consist. Plástica blanco	3.5
Miverol 18-04k	Eastman	Destilado De MG con 90% min. de aceite de palma hidrogenado.	Hojuelas semiplásticas	3.5
Myvacet 5-07k	Eastman	Destilado acetilado de MG. De aceite veg.	Cera sólida	3
Myvacet 9-40	Eastman	Destilado acetilado de MG de origen anim	Líquido	3
Myvacet 9-08k	Eastman	DMG proveniente de aceite de coco	Líquido	2.8
Myvaplex	Eastman	Monoestearato de glicerol concentrado con 90% de MG min.	Polvo	3
Myvatem	Eastman	Ester ac. de diacetiltartárico (DMG)	Semisólida	4
Mivetex M. Soft	Nutriquim	DMG	Polvo blanco	4
Myvatex 7-85k	East/Nutriquim	DMG con 30% de aceite de algodón	Consist. plástica	3
Myvatex 8-06k	East./Nutriquim	DMG con 20% de aceite de soya	Plástica cereosa	3
Monogrol	Gardhal	Monoestearato de glicerilo	Sólido granular blanco	2-3

NOMBRE	PROVEEDOR	DESIGNACION QUIMICA	FORMA FISICA	HLB
Myvatex 3-50k	Nutriquim	DMG con propilenglicol	Hojuelas cereosas	3
Myvatex 40-06Sk	Nutriquim	DMG con ésteres lácticos, de ac. Estearico, agua y sorbato de potasio	Hojuelas suaves cereosas	7
Myvatex MSPSK	Nutriquim	DMG con 5% de polisorbato 80	Hojuelas cereosas	8
Myvatex SSH k	Nutriquim	DMG con lecitina, agua y ac. propionico	Consis. Plástica suave	3
Myvatex Texture L.	Eastman	DMG con monoestearato de propilen glicol y ELS	Polvo blanco	2-3
Emulquim 50	Quimic	Monoestearato de glicerol	Polvo ó escamas	3
Lacti-pol S	Arancia	Estearoil 2-lactilato de sodio	Polvo amaillo tenue	15
Lacti-pol C	Arancia	Estearoil 2-lactilato de calcio	Polvo amarillo tenue	14
Atlas SSL	ICI	Estearoil 2- lactilato de sodio	Granulos color crema	15
Emulflex	Quimic	Estearoil 2-lactilato de sodio	Polvo blanco	15
Atsurf 456k	ICI	Esteres de poliglicerol	Liuido ambar	6.9
MYRJ	ICI	Estearatos de Polioxietileno	Cera solida blanca	11.1
Span 60	ICI	Monoestearato de sorbitán	Hojelas amarillo-café	4.7
Span 65	ICI	Triestearato de sorbitan	Hojelas amarillo-café	2.1
Sorbac 60	Arancia	Monoestearato de sorbitán	Líquido amarillo	4.7
Sorbac 80	Arancia	Monooleato de sorbitán	Líquido amarillo	4.3
Sorbac 85	Arancia/Probaind	Trioleato de sorbitán	Líquido ambar	4
Polisorbac 60	Arancia	Monoestearato de Polioxiet. de sorbitán	Hojuelas cereosas crema	15
Polisorbac 80	Arancia	Monooleato Polioxiet. de sorbitán	Líquido ambar	15
Polisorbac 85	Arancia	Trioleato de polioxiet. de sorbitan	Líquido ambar	13
Tween 20	ICI	Monolaurato de polioxiet. de sorbitán	Líquido ambar	16.7
Tween 60	ICI	Monoestearatode polioxiet. de sorbitán	Líquido amarillo	14.9
Tween 65	ICI	Triestearato de polioxiet. de sorbitán	Hojuelas sólidas	10.5
Tween 80	ICI	Monooleato de polioxietileno de sorbitán	Líquido amarillo	15
Tandem 22H	ICI	DMG con polisorbatos	Sólido plástico blanco	7.2
Tandem 497	ICI	DMG con polisorbatos	Líquido ambar	8.1
Tandem 552	ICI	DMG con polisorbatos	Líquido ambar claro	8.2
Atlas MDA	ICI	Mezcla especial de emulsificantes	Polvo blanco	-
Atlas A	ICI	Mezcla especial de emulsificantes	Plovo marfil hidratado	-
Tween-Mos 100k	ICI	Mezcla especial de emulsificantes	Hojuelas blancas	-
Istemul 801	Arancia	Mezcla de emulsificantes	Polvo blanco	-
Istemul 820	Arancia	Mezcla de emulsificantes	Líquido ambar	-

DMG = Destilado de Monoglicéridos