

300627

15

24



UNIVERSIDAD LA SALLE

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"ESTUDIO Y APLICACION DE EMULSIFICANTES
Y ESTABILIZANTES PARA PRODUCTOS LACTEOS,
EN LA ELABORACION DE UNA BASE PARA
CREMA TIPO CHANTILLY EN POLVO"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
GUADALUPE IVONNE MORALES MONTES

Director de Tesis: Mariano Llera Fanjul

México, D. F. a 31 de Diciembre de 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Í N D I C E

Introducción	1
Objetivos	5
Capítulo 1 Crema Chantilly	6
1.1 Generalidades de espuma	7
1.2 Crema batida	9
1.3 Definición de crema Chantilly	10
1.4 Aplicaciones de la crema Chantilly	10
1.5 Composición de la crema Chantilly	11
1.6 Propiedades de cada ingrediente	12
1.6.1 Azúcar	12
1.6.2 Grasa vegetal comestible.....	13
1.6.3 Leche entera en polvo	14
1.6.4 Sal yodatada	16
1.6.5 Caseinato de calcio	17
1.6.6 Almidón pregelatinizado	18
1.6.7 Lecitina de soya	19
1.6.8 Carragenina	21
1.6.9 Monoglicéridos destilados	24
1.6.10 Monodiglicéridos	26
1.6.11 Esteres de ácido acético de monoglicéridos	27
1.6.12 Benzoato de sodio	29
1.6.13 Saborizante artificial	30

1.7 Métodos de obtención de espumas	31
Capítulo 2 Generalidades sobre emulsificantes	33
2.1 Emulsiones	34
2.1.1 Definición	34
2.1.2 Tipos de emulsiones	34
2.1.3 Formación de emulsiones	35
2.1.4 Estabilidad de emulsiones	36
2.2 Emulsificantes	43
2.2.1 Definición	43
2.2.2 Tipos de emulsificantes	43
2.2.3 Propiedades	48
2.2.4 Funcionamiento	50
2.2.5 Evaluación	55
2.2.6 Interacción con otros componentes	58
2.2.7 Emulsificantes en la industria alimentaria	60
2.2.8 Otros usos de emulsificantes	69
Capítulo 3 Generalidades sobre estabilizantes	72
3.1 Definición	73
3.2 Estabilización	73
3.3 Factores ambientales que influyen en la formación de espuma y en su estabilidad	76
3.4 Desestabilización de espumas	79
Capítulo 4 Metodología	81
4.1 Obtención del producto	82

4.2	Evaluación sensorial	90
4.2.1	Prueba de orden de rango	90
4.2.2	Prueba dúo-trío	91
4.3	Análisis del producto terminado	91
4.3.1	Microbiológico	91
4.3.2	Fisicoquímico	92
4.3.3	Bromatológico	92
4.4	Análisis de costos	93
Capítulo 5	Resultados	94
5.1	Obtención del producto	95
5.2	Evaluación sensorial	99
5.2.1	Prueba de orden de rango	99
5.2.2	Prueba dúo-trío	101
5.2.3	Prueba preferencial para el sabor	102
5.3	Análisis del producto terminado	104
5.4	Análisis de costos	106
5.5	Empaque	108
Capítulo 6	Conclusiones y recomendaciones	111
6.1	Conclusiones	112
6.2	Recomendaciones	114
Bibliografía	115
Apéndice	119

ÍNDICE DE CUADROS

1. Propiedades fisicoquímicas de la grasa vegetal	14
2. Especificaciones para la leche entera en polvo	15
3. Especificaciones para la sal yodatada	16
4. Especificaciones para el caseinato de calcio	18
5. Especificaciones para lecitina	21
6. Propiedades fisicoquímicas de los monoglicéridos	25
7. Especificaciones para los monodiglicéridos	27
8. Propiedades fisicoquímicas de los ésteres de ácido acético de monoglicéridos	28
9. Especificaciones del benzoato de sodio	30
10. Función de algunos emulsificantes de acuerdo a su valor de HLB	57
11. Emulsificantes de mayor uso en la industria alimentaria	62
12. Principales usos de los emulsificantes alimenticios	64
13. Propiedades fisicoquímicas de algunos emulsificantes	66
14. Emulsificantes y su uso	68
15. Fórmula estándar inicial	82
16. Fórmula estándar en polvo	83
17. Fórmula final	89
18. Efecto sinérgico de los emulsificantes	96
19. Calificaciones de las diferentes cremas	100

20. Resultados de la prueba dúo-trío	102
21. Resultados del análisis sensorial para el sabor	103
22. Resultados de los análisis del producto terminado	104
23. Análisis de costos de la crema Chantilly incluyendo leche en polvo	106
24. Análisis de costos de la crema Chantilly incluyendo caseinato de calcio	107

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Estructura de la sacarosa	12
2. Estructura de la lecitina	20
3. Estructura general de las carrageninas	22
4. Estructura de la carragenina k	23
5. Mecanismo de gelificación de la carragenina k	24
6. Fórmula general de los monoglicéridos	25
7. Fórmula general de mono y diglicéridos	26
8. Fórmula general de los ésteres de ácido acético de monoglicéridos	28
9. Formación de una espuma	31
10. Angulos de contacto entre la partícula sólida y las fases agua y aceite	40
11. Surfactante aniónico	45
12. Surfactante catiónico	46
13. Surfactante no iónico	47
14. Orientación de los emulsificantes	49
15. Diferentes tipos de mesofases	54
16. Orientación de las proteínas en una interfase	59

I N T R O D U C C I Ó N

Los aditivos juegan un papel muy importante en la industria alimentaria, ya que de ellos dependen muchas propiedades de los alimentos que son esenciales como: sabor, textura, color, vida de anaquel, etc. (5).

La elaboración de un nuevo producto requiere de investigaciones exhaustivas, en donde cada uno de los aditivos empleados aseguren la salud del consumidor; para determinar esto, existen normas establecidas por las diferentes asociaciones alimentarias que han indicado la toxicidad a largo plazo de los aditivos, aunque esto trae como consecuencia el impedimento en la utilización de productos de este tipo. Existen muchos otros que ya han sido estudiados y que su utilización no representa riesgos y además son adecuados para controlar las propiedades que se desean en los alimentos (8).

Una de éstas es la textura, la cual puede ser modificada de acuerdo a las diferentes necesidades que se tengan para el desarrollo o mejoramiento de un producto.

Dentro de los principales aditivos empleados en el control de las propiedades reológicas de los alimentos, se en-

cuentran los emulsificantes.

Una vez que se consigue la textura deseada, es necesario conservar el equilibrio de ésta para de esta forma mantener dicha propiedad por un espacio de tiempo razonable (vida de anaquel); para este fin se emplean otro tipo de aditivos que son de suma importancia: los estabilizantes.

Los emulsificantes y estabilizantes actúan conjuntamente para hacer de una propiedad reológica, específica de un alimento, una propiedad estable (8,16).

En los últimos años se han estudiado diferentes sustancias que pueden ser empleadas como emulsificantes. La industria alimentaria cuenta ahora con una gran gama de emulsificantes específicos que pueden integrarse en los alimentos para obtener propiedades reológicas deseables.

El estudio de las propiedades de los emulsificantes es indispensable en la elaboración de los nuevos productos y es necesario observar su comportamiento en el alimento que se quiera mejorar.

La investigación hace posible el uso óptimo de los

emulsificantes, a través del análisis de la dosis precisa y elección del emulsificante que mejor interacción tenga con el alimento, también se debe considerar que éste no imparta propiedades indeseables de sabor y el aroma.

Los emulsificantes y estabilizantes vienen en diferentes presentaciones, dependiendo del alimento que se va a preparar (17).

Los productos en polvo han adquirido una enorme importancia dentro de la industria ya que esta presentación posee características especiales que la hacen muy útil; por ejemplo tienen una vida de anaquel más amplia debido a su bajo contenido de humedad; son prácticos en cuanto a su almacenamiento ya que no requieren de refrigeración sino únicamente de un lugar fresco.

Es interesante aprovechar las propiedades emulsificantes de diferentes sustancias empleadas en productos en polvo, ya que se necesita elegir cuidadosamente los componentes de dicho producto para conseguir que la emulsión una vez que el producto sea preparado, tenga las características deseadas y que además sea estable.

Para hacer uso del emulsificante indicado es necesario

tomar en cuenta diferentes aspectos del alimento como: pH, temperatura de preparación y sobre todo la interacción con los demás componentes que es lo que hará que se forme la emulsión que se desea.

Los emulsificantes se usan con gran frecuencia en la industria alimentaria en la preparación de múltiples productos como: aderezos, chocolates, margarinas, postres, betunes, cremas, derivados lácteos, etc. (18,21).

La utilización de emulsificantes en productos en polvo es de suma importancia ya que la emulsión se forma en la preparación del producto; comportamiento de las mismas relevante puesto que los productos que se obtienen a partir de este principio tienen más cualidades que los que no son en polvo.

La industria requiere de una mayor investigación para poder aprovechar al máximo las propiedades tan especiales que poseen ciertos tipos de aditivos como es el caso de emulsificantes y estabilizantes.

OBJETIVOS:

1. Aplicar el uso de emulsificantes y estabilizantes para productos lácteos en la obtención de una base en polvo para preparar crema batida tipo Chantilly.
2. Obtener un producto de bajo costo y fácil preparación a nivel industrial a partir de ingredientes en polvo.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

CREMA CHANTILLY

1.1 GENERALIDADES

Desde el punto de vista científico, un batido tipo crema no es otra cosa más que una emulsión grasa o aceite en una fase acuosa continua. Por el alto contenido de aire, el batido también puede describirse como una espuma.

Las espumas en alimentos, son usualmente dispersiones de burbujas de gas en una fase continua líquida o semisólida y además contienen un agente surfactante soluble. Existe una gran variedad con texturas diferentes, tales como merengues, pasteles, malvaviscos, crema batida, helados, soufflés, mousses y pan. En muchas ocasiones el gas es aire, ocasionalmente dióxido de carbono; la fase continua es una solución acuosa o una suspensión conteniendo proteínas. Algunas espumas en alimentos son sistemas coloidales muy complejos (11).

El helado, por ejemplo, contiene una emulsión (o suspensión) de glóbulos de grasa dispersos, un gel de polisacáridos, una solución concentrada de azúcar y proteínas, y burbujas de aire (7).

En espumas, existe una fase continua de capas líquidas delgadas, llamada laminar, que separa las burbujas de aire.

Es necesaria la presencia de surfactantes para prevenir a la interfase de la coalescencia de las burbujas de gas, producida por la energía mecánica. Estos agentes disminuyen la tensión interfacial y forman una barrera elástica protectora atrapando así a las burbujas de aire. Algunas proteínas son capaces de formar una capa protectora adsorbiéndose en la interfase gas/líquido; en este caso, la capa laminar entre dos burbujas adyacentes consiste en dos películas de proteína adsorbidas, separadas por una pequeña capa líquida.

Las burbujas en una espuma pueden variar considerablemente en su tamaño, con un diámetro desde 1 μm hasta varios centímetros; dependiendo de varios factores, tales como la tensión superficial y viscosidad de la fase líquida. Una distribución uniforme de burbujas finas, imparte cuerpo, suavidad, y ligereza al alimento, y aumenta la dispersión y percepción de sabores (32).

1.2 CREMA BATIDA

La crema batida es un caso especial de espuma de leche. La estabilidad y alta viscosidad de la crema batida se deben a la estructura impartida a las burbujas que es consecuencia de la desnaturalización de las proteínas adsorbidas y también a una cantidad de grasa de leche parcialmente solidificada. La capacidad de batido de una crema se mejora con el tiempo, el contenido de grasa, y también con el incremento de sólidos no grasos. El tiempo promueve el agrupamiento de proteínas, factor que aumenta la viscosidad y la capacidad de batido. La homogeneización de la crema reduce la capacidad de batido. Aunque la tensión superficial de la leche y crema no se puede definir siempre en relación a las propiedades de batido, una disminución de ésta va asociada usualmente con un mejoramiento en las propiedades de batido.

La duración del batido influye en el volumen de la crema aumentando rápidamente al máximo en un periodo aproximado de tres minutos. La mayor estabilidad ocurre después de un largo periodo de batido (47).

1.3 DEFINICION DE CREMA CHANTILLY

La crema Chantilly es una emulsión de grasa en una fase acuosa, de consistencia muy ligera y que a diferencia de la crema batida, contiene además azúcar; ingrediente que la hace adecuada para su uso en repostería y pastelería (12).

1.4 APLICACIONES DE LA CREMA CHANTILLY

La crema Chantilly encuentra su principal aplicación en repostería y panadería, su empleo como betún de pasteles es frecuente, también en helados y postres variados. Proporciona un aspecto agradable y un sabor delicado y dulce muy apreciado en los productos alimenticios de este tipo.

Debido a su consistencia es fácilmente dullable por lo que se emplea mucho en la decoración de pasteles, tartas y pays. Se emplea también acompañando gelatinas, frutas y para la preparación de algunos tipos especiales de cafés como son el irlandés y el vienés.

1.5 COMPOSICION DE LA CREMA CHANTILLY

En el mercado existen muchos tipos de cremas batidas que se denominan como Chantilly, es por esto que existe una diversidad muy grande en cuanto a la composición general de las mismas. Los rangos de composición de cada uno de los constituyentes de estas cremas es muy amplio y por esto se tienen diferentes consistencias que van desde la crema casi líquida hasta cremas muy espesas empleadas principalmente en la decoración de postres diversos.

A pesar de la diversidad de composición de las cremas existentes, se han establecido ciertos rangos en los componentes principales que forman este tipo de emulsión alimenticia y son los siguientes:

La cantidad de grasa no debe ser menor al 8% ni sobrepasar el 37% ya que en este intervalo se obtienen emulsiones adecuadas en las que varía su textura dependiendo de las cantidades empleadas. Al usar porcentajes menores al 8% la grasa no es suficiente para que las proteínas existentes constituyan una buena emulsión por interacción; en cambio si se sobrepasa el 37%, se afectan las propiedades reológicas del producto, obteniendo una crema demasiado grasosa, no agradable para el consumidor,

además de elevarse considerablemente su costo.

La cantidad de proteína debe estar en relación con la cantidad de grasa y con la textura que se le quiera proporcionar a la crema; puede ser desde el 1% para una crema casi líquida y no existe un máximo establecido considerando que nutricionalmente es muy valiosa, sin embargo en este caso no se emplea como nutriente sino solamente para impartir cualidades reológicas específicas a la emulsión (28).

1.6 PROPIEDADES DE CADA INGREDIENTE

A continuación se enlistan los ingredientes usados en la elaboración de la crema Chantilly y sus propiedades.

1.6.1 AZUCAR

La sacarosa o azúcar común es un disacárido no reductor, compuesto de D-(+)-glucosa y D-(-)-fructosa, cuya estructura se muestra a continuación:

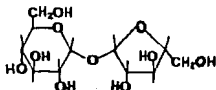


Fig. 1 Estructura de la sacarosa

Se emplea principalmente para proporcionar sabor dulce a los alimentos, ayuda a la dispersión adecuada de gomas tales como carragenina y carboximetilcelulosa, también controla el grado de hidratación del almidón al competir con éste por el agua, lo que ayuda a controlar la viscosidad e impartir una textura adecuada (26). Participa también como bacteriostático, inhibiendo el crecimiento de microorganismos mediante la gran presión osmótica que ocasiona (13).

El azúcar empleado en la elaboración de alimentos debe carecer de microorganismos patógenos, toxinas microbiológicas, inhibidores microbianos, materia extraña (insectos, pelos, excretas de roedores, etc.), y contaminantes químicos en cantidades peligrosas. Su humedad no debe rebasar al 0.04%, debe ser de color blanco, inodora y de sabor dulce característico (36).

1.6.2 GRASA VEGETAL

La grasa o fase lipídica desempeña un papel muy importante en la estabilidad de los productos lácteos. Es primordial ya que su interacción con las proteínas es la culpable de la adecuada formación de la emulsión (29).

La grasa que se prefiere para este tipo de productos es una grasa vegetal no láurica, obtenida a partir de aceite de palma parcialmente hidrogenada y que tiene las características mostradas en el cuadro 1.

CUADRO 1. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA GRASA VEGETAL

Humedad	1.0%
Proteína (N x 6.38)	6.5%
Grasa vegetal	77.2%
Carbohidratos	15.0%
Cenizas	0.3%
pH (20 °C, 10%)	6.6
Índice de yodo	14-24
Índice de saponificación	245-255
Punto de fusión	44 °C

Referencia: Grinsted (22).

1.6.3 LECHE ENTERA EN POLVO

La leche en su composición tiene materia grasa, azúcares, proteínas (caseínas, lactoalbúminas, lactoglobulinas),

todos estos componentes son esenciales en la formación de emulsiones, de hecho la leche tiene en su estado líquido una parte emulsificada, otra en suspensión y una solución verdadera (2,25).

Existen dos tipos de leche entera en polvo para consumo, la tipo A o de consumo humano directo y la tipo B que es materia prima para la industria alimentaria. La que se emplea para la fabricación de las cremas es de tipo B y debe cumplir con las especificaciones presentadas en el cuadro 2.

CUADRO 2. ESPECIFICACIONES PARA LA LECHE ENTERA EN POLVO

	Mínimo	Máximo
Grasa butírica (%)	25.8	
Humedad (%)		3.2
Acidez como ácido láctico	0.1	0.2
Cuenta de mesofílicos aerobios		10 000 col/g
Coliformes (número más probable)		10
Salmonella		negativo en 25g
E. coli		negativo en 0.1g
S. aureus		negativo
color - blanco amarillento		
olor y sabor - característicos		

Referencia: NOM-F-26-86 (38).

1.6.4 SAL YODATADA

Gooding y Melnick, (31) descubrieron que la sal tiene un marcado sinergismo con el benzoato de sodio, actuando como fungistáticos y que la misma relación existe con el azúcar en soluciones concentradas; asimismo tiene un poder sinérgico con la carragenina ya que al formarse las redes de la goma, quedan atrapadas sales, partículas pequeñas y agua, la sal al ser atrapada junto con el agua la absorbe y de esta manera evita que se produzca la sinéresis (26).

La sal empleada en alimentos debe cumplir con las especificaciones mostradas en el cuadro 3.

CUADRO 3. ESPECIFICACIONES PARA LA SAL YODATADA

Humedad (%)	0.2 máximo
Cloruros como NaCl (%)	98.5 mínimo
Sulfatos de Mg y Ca (%)	0.2 máximo
Materia insoluble en agua (%)	0.2 máximo
Microorganismos patógenos	negativo

El peso de los cristales retenidos en el tamiz No.5 M y el de los que pasen por el tamiz No.40 M sumados no será mayor al 10% de la muestra (37).

1.6.5 CASEINATO DE CALCIO

Las caseínas tienen una excelente solubilidad y estabilidad al calor arriba de pH 6. Debido a su estructura, poseen también buenas características emulsificantes.

Los caseinatos son mejores emulsificantes que la caseína ya que poseen además de su gran solubilidad, una estructura disociada naturalmente desdoblada, y una relativamente alta hidrofobicidad. Están separados además en regiones altamente hidrofóbicas y altamente hidrofílicas en la cadena polipeptídica (2,20).

Los caseinatos se preparan neutralizando caseína ácida con el álcali apropiado, previo un secado. Para la elaboración de productos como la crema Chantilly, el caseinato más empleado es el de calcio, ya que éste ión calcio forma puentes entre sí que favorecen la formación de la emulsión.

En el siguiente cuadro se muestran las especificaciones que debe cumplir el caseinato empleado en alimentos.

CUADRO 4. ESPECIFICACIONES PARA CASEINATO DE CALCIO

Humedad	6.0% máximo
Proteína (N x 6.38)	88.0% mínimo
Grasa	1.5% máximo
Lactosa	0.3% máximo
Cenizas	4.5% máximo
pH (20 °C, 10%)	7.0
Cobre mg/kg	4 máximo
Plomo mg/kg	1 máximo
Hierro mg/kg	15 máximo
Arsénico mg/kg	1 máximo

Referencia: Arancia (4).

1.6.6 ALMIDON PREGELATINIZADO

El almidón es un carbohidrato compuesto de amilosa y amilopectina, puede ser modificado químicamente, físicamente o enzimáticamente.

La amilosa y la amilopectina son polímeros de glucosa que varían en el tipo de distribución y en sus enlaces $\alpha(1,4)$ o $\alpha(1,6)$. La amilosa es una cadena lineal y la amilopectina forma

ramificaciones en los enlaces α -D-(1,6).

Los almidones pregelatinizados se obtienen por tratamiento de calor humedad, son solubles en agua fría, proporcionan viscosidad, sus preparaciones son lisas, estables a la congelación-descongelación soportando aproximadamente doce ciclos y ayudan a evitar la sinéresis (43).

El almidón más empleado para la elaboración de cremas es un almidón pregelatinizado físicamente con un precocido, éste proviene de la tapioca y origina geles muy transparentes y de sabor dulce y delicado muy apreciado.

El almidón de tapioca tiene una temperatura de gelificación óptima de 58.5 a 70 °C, aunque una vez modificado (pregelatinizado) forma gel a temperaturas bajas (menores a 20 °C) (21).

1.6.7 LECITINA DE SOYA

La lecitina natural de soya presenta como principales constituyentes fosfolípidos, los cuales son compuestos formados por: glicerol, esfingosinas, ácidos grasos, ácido fosfórico y

además por colina, serina, etanolamina e inositol.

La lecitina tiene una acción hidrofóbica en su superficie que evita la disolución de la fracción proteínica hidrofílica de la leche. Se dispersa sobre las partículas de leche en polvo o crema envolviéndolas con una película fina de fosfolípidos cuyos grupos hidrofílicos se extienden hacia la superficie de esa partícula con lo cual, aumenta la humectabilidad, dispersa la grasa libre, contribuye a la estabilidad de los compuestos proteínicos, aumenta la funcionalidad de los monoglicéridos, mejora la textura y dispersa sabores y olores (21).

Para la elaboración de leche y crema en polvo se le emplea en concentraciones de hasta 0.5% (8,17).

La estructura de la lecitina comercial empleada en productos alimenticios es la siguiente:

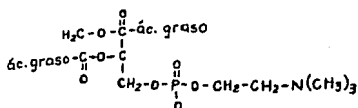


Fig.2 Estructura de la lecitina

Su mayor estabilidad es a pH 7 pero su mejor acción emulsificante la alcanza a pH ligeramente alcalino de 8. Cuando se calienta por arriba de los 80 °C en condiciones anhidras, se oscurece y se descompone a los 120 °C.

En el cuadro siguiente se muestran las especificaciones que debe cumplir la lecitina para uso en alimentos.

CUADRO 5. ESPECIFICACIONES PARA LECITINA DE SOYA

Índice de saponificación	196
pH (20 °C, 10%)	6.6
Punto isoeléctrico	3.5
% cenizas (máximo)	7.0
% N total	0.8
% humedad (máximo)	0.75

Referencia: Lucas Meyer (34).

1.6.8 CARRAGENINA

La carragenina es un polisacárido sulfatado de cadena lineal con enlaces alternantes $\alpha(1,3)$ y $\beta(1,4)$.

Estas gomas tienen un efecto espesante produciendo viscosidad, funcionando como emulsificantes o estabilizantes en sistemas en suspensión.

Existen diferentes tipos de carragenina dependiendo de su estructura que varía en algunos grupos sustituidos en una molécula general que es la siguiente (3):

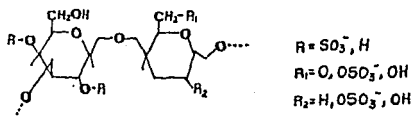


Fig. 3 Estructura general de las carrageninas

La carragenina que ha tenido mayor uso en productos lácteos es la carragenina k, ésta cuando se usa en la preparación de emulsiones, no actúa como verdadero emulsificante, sino como estabilizante de emulsiones, ya que su función esencial es aumentar la viscosidad de la fase acuosa; de esta forma confiere mayor estabilidad a la emulsión.

La k carragenina en productos lácteos reacciona con la k-caseína dando un arreglo tridimensional donde se atrapan agua, sales y partículas pequeñas (1,3).

La carragenina k en polvo, es de color blanco a crema y en solución acuosa es amarilla clara; es soluble en agua fría y caliente, su pH óptimo de acción es de 9 aunque tiene buenos resultados en un rango de 7 a 9; sin embargo, a una temperatura de 60 a 100 °C existe degradación térmica. Su estructura es la siguiente:

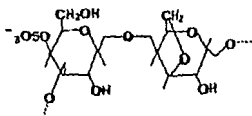


Fig. 4 Estructura de la carragenina k

La carragenina para uso alimentario requiere de un grado de pureza farmacéutico (99.9%) (1).

1.6.8.1 Mecanismo de gelificación de la carragenina k

El mecanismo de gelificación no es totalmente conocido, sin embargo, se ha visto que las moléculas de carragenina k tienen estructuras helicoidales a través de las cuales pueden reaccionar entre ellas formando una red tridimensional. Se sabe también que el gel formado es irreversible, aunque con el tiempo degrada paulatinamente con sinéresis. A temperaturas mayores al punto de fusión del gel, existe una agitación térmica que impide

se produzcan las hélices y por lo tanto el polímero se encuentra en solución con una conformación al azar. Posteriormente, cuando se enfría se produce una transición sol-gel que induce la formación de una estructura tridimensional en la cual las dobles hélices son los puntos de unión de las cadenas de los polímeros (gel I); al seguir enfriando se favorece la agregación de las moléculas, lo cual resulta en la formación final del gel (gel II) (Fig.5).

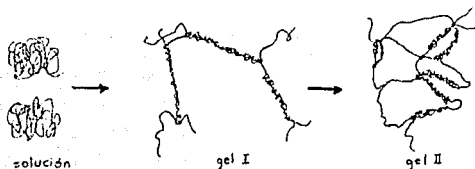


Fig. 5 Mecanismo de gelificación de la carragenina k

Fuente: Alvarez y Rodriguez, Charalambois (3,8)

1.6.9 MONOGLICÉRIDOS DESTILADOS

Los monoglicéridos se usan ampliamente como agentes emulsificantes, sus propiedades mejoran la textura y el volumen de los productos en los que se emplean. Son el resultado de la

reacción entre la glicerina con una grasa o aceite. Los destilados de monoglicéridos tienen hasta 95% de monoésteres (parte activa). Su nivel óptimo de uso es de 0.5% (8,11).

Su fórmula general es la siguiente:



$\text{R}_1, \text{R}_2 = \text{CH}_2(\text{CH}_2)_n$ de ác. grasos

Fig. 6 Fórmula general de los monoglicéridos

Los monoglicéridos usados en la elaboración de cremas tienen un gran contenido de ácido esteárico (18 C) debido a que interviene en sus propiedades fisicoquímicas (Cuadro 6).

CUADRO 6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS MONOGLICÉRIDOS

Glicerol libre	1% máximo
Índice de yodo	5% máximo
Punto de fusión	70 °C
pH	6.5-9.0

Referencia: Eastman, Grinstead (14,22).

1.6.10 MONODIGLICÉRIDOS

Se producen a partir de la hidrólisis parcial de triglicéridos, la reacción se puede controlar mediante la temperatura y presencia de agua, ácido o álcali.

Los monodiglicéridos son importantes agentes emulsificantes ampliamente utilizados en la industria alimentaria para la estabilización de muchos productos. Confieren textura suave a los productos lácteos (33,44).

La fórmula general de los mono y diglicéridos se muestra a continuación:



monoglicérido



diglicérido

R₁ = CH₃(CH₂)_n de ác. grasos

R₂ = Derivado de ác. orgánico

Los monodiglicéridos empleados para la elaboración de cremas son a partir de ácido esteárico, poseen un HLB de 2.8 a 3.5, y deben cumplir las ciertas propiedades fisicoquímicas y microbiológicas (Cuadro 7).

CUADRO 7. ESPECIFICACIONES DE LOS MONODIGLICÉRIDOS

% glicerina libre	1-3
% ácidos grasos libres	1-1.5
% humedad	1 máximo
Índice de yodo	5 máximo
Punto de fusión (°C)	58-65.5
Cuenta total	100 col/g máximo
Enterobacteriaceae	10 col/g máximo
Levaduras	10 col/g máximo
Mohos	10 col/g máximo
S. aureus	negativo en 1 g
Salmonella	negativo en 50 g
Color	crema/blanco
Olor	neutral

Referencia: Eastman, Grinsted (14,22).

1.6.11 ÉSTERES DE ÁCIDO ACÉTICO DE MONOGLICÉRIDOS

Son ésteres de glicerol y diglicéridos con ácidos grasos y ácido acético acetilado. Son más efectivos que los que sólo tienen monoglicéridos. Son muy importantes como emulsificantes,

aumentan el volumen, alargan la vida de anaquel y mejoran la textura de los alimentos en los que son empleados (8).

La fórmula general se muestra a continuación:

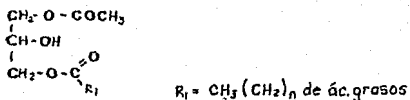


Fig.8 Éster de ácido acético de monoglicéridos

El éster obtenido a partir de ácido esteárico que es el empleado para productos lácteos posee las propiedades fisicoquímicas presentadas en el cuadro 8.

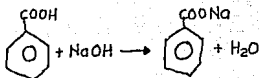
CUADRO 8. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ÉSTER ESTEARICO

Índice de yodo	2 máximo
Índice de saponificación	285 máximo
Punto de fusión	44 °C

Referencia: De Renzo, Grinsted (11,22).

1.6.12 BENZOATO DE SODIO

El benzoato de sodio es el producto de la reacción entre ácido benzóico e hidróxido de sodio:



Se presenta en forma de polvo, gránulos o escamas y es de color blanco. Tiene un gran poder bactericida y bacteriostático además actúa contra hongos y levaduras, se emplea para prolongar la vida de los alimentos y es muy soluble en agua.

No es tóxico, no imparte sabor, color ni textura a los alimentos, tiene un rango de acción muy amplio, desde pH 2.5 en adelante (41).

El benzoato de sodio empleado en alimentos debe cumplir con las especificaciones señaladas en el cuadro 9.

CUADRO 9. ESPECIFICACIONES PARA BENZOATO DE SODIO

	Minimo	Máximo
Pureza %	99.0	
Alcalinidad como % de NaOH		0.04
Humedad %		1.5
Plomo ppm		10
Arsénico ppm		3
pH (solución al 10%)		6.9

Referencia: Lucas Meyer (34).

1.6.13 SABORIZANTE ARTIFICIAL

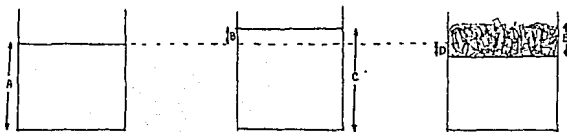
Existen dos tipos de sabores: naturales y artificiales. Los sabores naturales son extractos de plantas, frutas, raíces y semillas. Los artificiales son imitaciones sintéticas y químicas de los naturales. En los alimentos el uso de saborizantes artificiales es primordial para mejorar su sabor natural y hacerlo más agradable al consumidor (5,27).

1.7 METODOS DE OBTENCION DE ESPUMAS (CREMA BATIDA)

Existen tres métodos principales para la obtención de espumas alimenticias:

1.7.1 Burbujeando gas a una solución acuosa de baja concentración proteínica (0.01-2%).

En este método, una emulsión gaseosa inicial se rompe por formación de burbujas de desague, y se forma una capa donde se separa una "espuma verdadera". Esta tiene un gran volumen con burbujas distorsionadas por compresión en forma poliédrica. Si se introducen grandes cantidades de gas, el líquido puede convertirse en su totalidad en una espuma (Fig.9).



A: Volumen del líquido

B: Volumen del gas incorporado

C: Vol. total de la dispersión

D: Vol. de líquido en la espuma
(=E-B)

E: Volumen total de la espuma

Fig. 9 Formación de una espuma

1.7.2 Las espumas también pueden ser producidas por batido o agitación de una solución proteínica en presencia de una fase gaseosa. El batido es el método más empleado para introducir gas en la mayoría de los productos alimenticios aereados. El batido requiere una acción mecánica más severa, dando como resultado, una dispersión más uniforme del gas.

Un gran efecto mecánico afecta la coalescencia y la formación de las burbujas y un impedimento típico en la adsorción de proteínas a la interfase, lo que da como resultado un mayor requerimiento de proteína (1-40%).

1.7.3 Otro procedimiento consiste en la disminución súbita de la presión de una solución previamente presurizada. Esta técnica se usa, por ejemplo, cuando una crema batida se forma por dispersión en un contenedor aerosol.

La diferencia más grande entre una emulsión y una espuma es que, en la espuma, el volumen ocupado por la fase dispersa (gas) varía en un rango más grande que en una emulsión (6,9,30).

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES SOBRE EMULSIFICANTES

2.1 EMULSIONES

2.1.1 DEFINICIÓN

Una emulsión es una mezcla de dos o más líquidos inmiscibles, estando uno presente en el otro en forma de "gotitas", o dicho de otra manera es un sistema heterogéneo consistente en al menos un líquido inmiscible íntimamente dispersado en otro en forma de "gotitas" (6,30).

2.1.2 TIPOS DE EMULSIONES

Se pueden distinguir dos tipos de emulsiones: el tipo aceite en agua (Ac/Ag) y el tipo de agua en aceite (Ag/Ac). Las emulsiones del tipo Ac/Ag conducen la electricidad, pero no las Ag/Ac. Los dos líquidos, es decir, el aceite y el agua, pueden dar emulsiones de cualquier tipo dependiendo del agente emulsificante. Los jabones ordinarios, tales como el estearato de sodio, producirán emulsiones tipo Ac/Ag. Sin embargo, si se agita una mezcla de aceite y agua con estoato de calcio en polvo, la

fase continua será el aceite con el agua dispersada dentro de él. Las gotas de agua en este ejemplo son estabilizadas por una capa de estoato de calcio con las cabezas de calcio dirigidas hacia el agua y las colas de hidrocarburo sumergidas dentro de la fase de aceite. Las gotas de agua en este tipo de emulsión están protegidas contra la coalescencia no por una carga eléctrica, sino por una capa protectora de estoato de calcio (9).

2.1.3 FORMACIÓN DE EMULSIONES

El método más simple de hacer una emulsión sería agitar líquidos inmiscibles. Al agitar un aceite o benceno con agua, el líquido aceitoso puede ser ciertamente dispersado en gotas, pero la emulsión no es estable; las gotas fluyen rápidamente a juntarse otra vez y los líquidos se separan en dos capas. Se ha encontrado que la facilidad con la cual dos líquidos inmiscibles se pueden emulsificar, aumenta a medida que la diferencia entre las tensiones superficiales y densidades disminuyen. Sin embargo, inclusive escogiendo los casos más favorables, tales emulsiones tienen una mala estabilidad.

Con el fin de preparar emulsiones estables, se debe introducir un tercer componente - un agente emulsificante- dentro

del sistema. El agente emulsificante en el primer caso puede reducir la tensión de la interfase, aunque éste no es el único fin de usarlo. La reducción de la tensión de la interfase facilita la formación de gotas pero no necesariamente aumenta la estabilidad. Un agente emulsificante debe también estabilizar las gotas formadas.

En la industria, la emulsificación se completa por medio de máquinas emulsificantes que trabajan con el mismo principio de los molinos coloidales. La mezcla de los dos líquidos que contienen al agente emulsificante puede ser forzada a través de ranuras finas y después ser sometida a posterior rompimiento cuando golpee en la pared de la máquina (9,19).

2.1.4 ESTABILIDAD DE EMULSIONES

Existen varias teorías sobre la estabilidad de las emulsiones, las principales se enumeran a continuación:

2.1.4.1 Repulsión por cargas eléctricas

La estabilidad de emulsiones frecuentemente se atribuye, en gran medida, a la presencia de cargas eléctricas repulsivas en la superficie de las gotitas en la emulsión. La teoría clásica

DLVO (llamada así utilizando las iniciales de sus principales autores) para estabilidad coloidal ha sido aplicada a emulsiones. De acuerdo con ésta, las partículas dispersas son sometidas a dos fuerzas independientes: las fuerzas de atracción de Van der Waals, y las fuerzas electrostáticas de repulsión debidas a la presencia de capas eléctricas en la superficie de las partículas. La interacción neta entre las partículas se obtiene sumando estos dos términos. Si el potencial de repulsión excede al potencial de atracción, se produce una barrera energética opuesta a la colisión y si la magnitud de esta barrera energética excede la energía cinética de las partículas, la suspensión es estable. El potencial de Van der Waals (negativo) llega a ser significativo sólo cuando la distancia entre las partículas es relativamente pequeña. A distancias intermedias, el potencial de repulsión es mayor que el de atracción.

Se debe tener cuidado al aplicar la teoría DLVO, que fue originalmente desarrollada para soles inorgánicos, en donde la fase dispersa consiste en partículas esféricas submicroscópicas; a emulsiones, en donde la fase dispersa consiste en gotitas de aceite estabilizadas por agentes emulsificantes adsorbidos. Por ejemplo, en emulsiones, la coalescencia implica rompimiento de una capa adsorbida alrededor de las gotitas y cálculos del potencial energético de la barrera que se opone a la colisión de

los glóbulos de aceite. Se deben tomar en cuenta como factores de distorsión de las gotitas de aceite al estar cercanas. De cualquier manera, la teoría DLVO nos da una buena aproximación de las contribuciones electrostáticas a la estabilidad de una emulsión.

Los surfactantes iónicos contribuyen significativamente a la estabilidad de emulsiones aceite/agua contribuyendo al establecimiento de capas eléctricas en la fase acuosa adyacente a cada gota de aceite. Por otra parte, este mecanismo es de poca importancia en la estabilización de emulsiones agua/aceite, ya que la fase de aceite no está en cantidad suficiente para estabilizar una fuerte gradiente de potencial.

2.1.4.2 Estabilización por sólidos finamente divididos

Partículas sólidas de tamaño pequeño, comparadas con el tamaño de las gotas dispersadas, pueden estabilizar una emulsión adsorbiéndose en la interfase y formando una barrera física alrededor de la gotitas. Además, se requiere energía para desalojar partículas sólidas de la interfase, ya que ésta debe ser incrementada para que suceda esto. El polvo de sílica, varias arcillas, sales básicas de metales y fragmentos celulares de plantas, son ejemplos de estos agentes.

El tipo de emulsión formada y su estabilidad, dependen grandemente de la relativa habilidad de las dos fases para mojar a las partículas sólidas. La fase que preferentemente moja la partícula sólida, tiende a ser la fase continua. Si la tensión interfacial entre sólido y aceite es mayor que la existente entre sólido y agua, el ángulo de contacto del sólido con la fase acuosa es menor a 90° , y si la mayor parte de la partícula sólida reside en la fase acuosa, se favorece una emulsión aceite/agua.

Obviamente, si las partículas sólidas se mantienen exclusivamente en alguna de las dos fases, no tienen efecto estabilizante. Por otra parte la emulsión más estable se forma cuando el ángulo de contacto entre los dos líquidos y la superficie sólida es cercano a 90° . La superficie del sólido, y su ángulo de contacto, se puede modificar ajustando el pH y adsorbiendo varios compuestos anfífilicos a su superficie. Para la preparación de emulsiones estabilizadas por partículas sólidas, se debe agregar una sustancia superficialmente activa que sea soluble en la fase discontinua, y que la concentración del agente surfactante se ajuste para dar un ángulo cercano a los 90° entre el polvo los dos líquidos. Es importante también que el agente activo se adsorba fuertemente en la interfase sólido/líquido.

En la figura siguiente se muestra la mojabilidad de una partícula en las interfases agua/aceite, dependiendo de su ángulo de contacto.

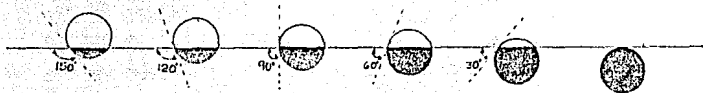


Fig. 10 Ángulos de contacto entre la partícula sólida y las fases aceite y agua.

2.1.4.3 Estabilización por macromoléculas

Varias sustancias de peso molecular relativamente elevado, incluyendo algunas gomas y proteínas, son capaces de formar películas gruesas alrededor de las gotas de la emulsión, esto provee una barrera física contra la coalescencia. Cuando las proteínas se adsorben, se orientan a la interfase de manera que los grupos no-polares se orienten hacia el aceite y los grupos polares hacia la fase acuosa. El efecto estabilizante de las emulsiones depende básicamente en las propiedades reológicas (viscoelasticidad) y grosor de la capa proteínica.

La mayoría de los estabilizantes macromoleculares son solubles en agua, por tanto generalmente promueven la estabilidad de emulsiones aceite/agua.

Las dispersiones de soluciones proteínicas en aceite son generalmente inestables a menos de que se empleen otros mecanismos estabilizantes, la principal porción de la capa adsorbida de macromoléculas debe estar en la fase continua y esta película debe ser elástica y con propiedades de gel.

2.1.4.4 Estabilización por cristales líquidos

El papel de cristales líquidos en relación con la estabilidad de una emulsión se ha demostrado sólo en años recientes. En una emulsión Ac/Ag o Ag/AC hay interacciones débiles entre el emulsificante, aceite y agua, resultando la formación de una multicapa líquido-cristalina alrededor de las gotas. Esta barrera en la interfase causa la reducción de las fuerzas de Van der Waals y aumenta la estabilidad de la emulsión. La importancia de estas estructuras en la estabilidad de una emulsión se aprecia cuando se considera la extremadamente alta viscosidad de los cristales líquidos comparándola con la del agua.

El tipo de multicapa líquido-cristalina formada depende

de la naturaleza del emulsificante. Por ejemplo, los polisorbatos, que forman cristales hexagonales con agua, se convierten en cristales laminares cuando se agregan triacilglicerolos. De la misma manera, el estearolactato de sodio (que forma cristales laminares en agua) y monoacilglicerolos insaturados (que forman estructuras isotrópicas viscosas en agua) dan cristales líquidos hexagonales cuando están en agua y aceite. Si se introduce un exceso de aceite, se forma una emulsión Ac/Ag con cristales líquidos en la interfase.

2.1.4.5 Estabilización por un incremento en la viscosidad de la fase continua

Cualquier factor que contribuye al aumento de la viscosidad en la fase continua de una emulsión causa un retraso en la floculación y coalescencia. La gelatina y muchas gomas, que muchas veces no tienen actividad superficial, son sumamente útiles estabilizando emulsiones Ac/Ag por su efecto de aumentar la viscosidad en la fase continua.

También, una mínima diferencia en la densidad entre las fases y los glóbulos dispersos existentes que son pequeños, favorecen la estabilidad de la emulsión (6,9,33).

2.2 EMULSIFICANTES

2.2.1 DEFINICIÓN

Cualquier sustancia capaz de ayudar a la formación de una mezcla estable de dos sustancias inmiscibles se llama emulsificante (19).

Son productos que alteran las propiedades de superficie, reducen la tensión superficial de los materiales con los que entra en contacto; se absorben o se orientan a lo largo de los límites de dos superficies adyacentes, conocida como interfase. En los alimentos, la interfase se puede localizar en el punto de contacto de dos líquidos inmiscibles, entre un líquido y un gas o entre un líquido y un sólido.

El primer requisito para que un emulsificante pueda ser empleado en alimentos es que no sea tóxico, ni cancerígeno y que no produzca alergias (6).

2.2.2 TIPOS DE EMULSIFICANTES

Los emulsificantes son parte de una serie de compuestos

conocidos como agentes surfactantes, que son moléculas orgánicas u organometálicas cuya orientación sobre la superficie depende de su estructura molecular consistente en una cadena hidrocarbonada con afinidad por las grasas, aceites y otros compuestos similares y un grupo polar con afinidad hacia la soluciones acuosa.

Existen diferentes clasificaciones para los agentes surfactantes dependiendo de varias propiedades (44). De acuerdo a su función pueden clasificarse en:

1. Solubilizantes
2. Emulsificantes
3. Detergentes
4. Modificadores de cristalización
5. Humectantes
6. Espumantes
7. Lubricantes
8. Formadores de complejos

De acuerdo a su origen en:

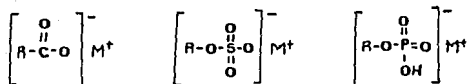
1. Naturales: sales biliares, fosfolípidos (lecitina), fosfato de inositol, colesterol, saponinas.

2. Sintéticos: jabones, diocitil sulfosuccinato de sodio, monoésteres de propilenglicol, monoésteres de glicerol, ésteres complejos (lacrarosiltartratos).

De acuerdo a su comportamiento a la ionización en:

1. Iónicos

- a) Aniónicos.- son aquellos que al ionizarse, el ión que contiene la parte hidrofóbica resulta cargado negativamente (Fig.11).



Donde M es unión positiva como Na⁺, K⁺, NH₄⁺, etc.

Fig. 11 Surfactante aniónico

A este grupo pertenecen los jabones alcalinos, los de aminas solubles en agua, los aceites sulfonados, los alcoholes sulfonados y sus ésteres sulfúricos, los sulfonatos de petróleo, los sulfonatos aromáticos, los ésteres de ácido sulfosuccínico (aerosoles), los sulfonatos de alquilarilo; amidas sulfonadas, fenoles sulfonados y otros compuestos boratados y fosfatados.

- b) Catiónicos.- Su actividad superficial se origina

por la presencia de una cadena larga soluble en aceite y que además soporta una carga positiva (cati3n), mientras que queda como an3n por lo general un i3n cloruro, bromuro o ioduro (X^-) (Fig. 12).

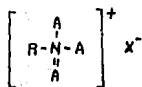


Fig. 12 Surfactante cati3nico

Los surfactantes cati3nicos se inactivan o precipitan en presencia de agentes ani3nicos como los jabones, inactiv3ndose as3 ambos compuestos.

Dentro de este grupo se encuentran las sales de aminas alif3ticas de cadena larga, aminas de cadena larga, sales de amonio cuaternarias de cadena larga y ciertos 3steres de hidroxialquilamina.

2. No i3nicos

No son ionizables y deben su efectividad al equilibrio entre sus grupos hidrof3lico y lipof3lico (Fig.13).

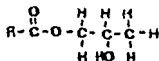


Fig. 13 Surfactante no iónico

Estos a su vez pueden clasificarse en tres tipos dependiendo de su comportamiento frente al agua:

- a) Dispersables, se dispersan cuando se agitan con agua
- b) No dispersables, no se pueden dispersar en agua o se dispersan muy poco
- c) Hidrosolubles, solubles en agua; la solución formada permanece clara u opalescente (jabones), capaces de penetrar intensamente dando una acción humectante

Por características de solubilidad se pueden clasificar en:

1. Monoglicéridos
2. Ésteres parciales

Existen otras clasificaciones hechas por otros autores como la de Krog y Lauridsen (33) en que los emulsificantes se dividen en tres grandes grupos:

1. Aquellos que reducen la tensión superficial en interfases Ac/Ag promoviendo la emulsificación y el equilibrio entre el emulsificante y la interfase.
2. Los que interactúan con el almidón y las proteínas de los alimentos modificando la textura y las propiedades reológicas y
3. Aquellos que modifican la cristalización de grasas aceites

2.2.3 PROPIEDADES DE LOS EMULSIFICANTES

Los agentes emulsificantes tienen la propiedad de reducir la tensión superficial entre las moléculas de grasa y agua de tal manera que evitan la tendencia de las partículas de grasa a interactuar con ellas mismas y formar grandes agregados (16).

Los agentes emulsificantes son anfifílicos, contienen dos grupos en su estructura, uno que es afín o hidrofílico y otro hidrofóbico. En la superficie del agua estas moléculas se orientan de tal manera que la parte polar está dirigida hacia la

fase gaseosa (29).

El movimiento de las moléculas dificulta el ordenamiento total de éstas en la superficie, sin embargo se ha observado que a medida que aumenta la concentración de la capa superficial, es decir, a medida que disminuye la distancia entre las moléculas, se forma una capa monomolecular en la superficie con una orientación definida (Fig. 14).

La regla de Taube establece que en soluciones acuosas a una misma concentración molar de sustancias tensoactivas de una serie homóloga, la tensión superficial disminuye progresivamente al aumentar el peso molecular.

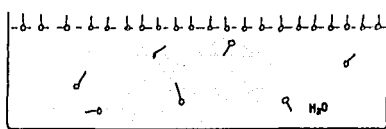


Fig. 14 Orientación de los emulsificantes

Los emulsificantes tienen propiedades físicas no usuales, en solución diluida se comportan como electrolitos normales, pero a una concentración dada y bien definida ocurren cambios bruscos en su presión osmótica, conductividad eléctrica y

tensión superficial. Este comportamiento anormal se explica por la formación de micelas: agregados de los iones del surfactante con las cadenas de los hidrocarburos hacia adentro y los grupos hidrofílicos hacia afuera. La concentración a la cual la formación de micelas es apreciable se llama concentración micelar crítica (CMC), y es donde ocurren cambios bruscos en las propiedades citadas.

Las disoluciones surfactantes por encima de la concentración micelar crítica pueden solubilizar otras sustancias orgánicas insolubles incorporándolas dentro de las micelas, tal es el caso de colorantes y saborizantes en la industria alimentaria.

Los agentes surfactantes y las proteínas poseen algunas propiedades comunes. En ambas sustancias existe una fracción hidrofílica y otra hidrofóbica, de cuyo equilibrio nacen las propiedades tensoactivas de ambas clases de sustancias (8).

2.2.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS EMULSIFICANTES

Debido a las propiedades hidrofílicas y lipofílicas de los emulsificantes, éstos se absorben en interfases aceite-agua

porque la orientación en la interfase es energéticamente hablando una situación más favorable que si las moléculas estuvieran en solución, en cualquiera de las dos fases. Las moléculas absorbidas de emulsificante en las películas interfaciales de diferentes naturalezas, depende de que tan cerca las moléculas se acomodan. En películas líquidas expandidas, las moléculas se sitúan a lo largo de la interfase y están en un alto grado de desorden a pesar de que existen fuerzas de cohesión entre las cadenas hidrocarbonadas.

En películas condensadas, las moléculas están empaçadas más cerca unas de otras y están orientadas verticalmente a la interfase, con los grupos polares dirigidos hacia el agua y las cadenas hidrocarbonadas dirigidas hacia la fase lipídica.

Debido al efecto de impedimento estérico, el empaquetamiento cercano, condensa películas dando estabilidad a la emulsión contra la coalescencia (19,44).

Como en otras sustancias cristalinas que contienen cadenas alifáticas largas, las moléculas de emulsificante en el estado cristalino se orientan con las cadenas hidrocarbonadas en paralelo y densamente empaçadas. Los grupos polares de una capa de moléculas están orientados en la misma dirección y dando hacia

los grupos polares de las moléculas en la capa opuesta, como se puede ver en la figura 15 a.

Cuando los cristales del emulsificante están mezclados con agua y la temperatura está por arriba de la llamada punto de Krafft (T_c), donde las cadenas hidrocarbonadas se transforman del estado sólido a un estado semilíquido, el agua penetra entre las capas de los grupos polares y se forma una mesofase líquido-cristalina. Esto se puede ver en la figura 15 b, donde se muestra la mesofase laminar. Si la temperatura se aumenta, la estructura laminar puede romperse y entonces se pueden formar otras mesofases (cúbica o hexagonal).

Cuando se enfría a una temperatura menor al punto de Krafft, las cadenas hidrocarbonadas cristalizan de nuevo, normalmente en forma de α -cristales con una distribución hexagonal de las cadenas. El mismo volumen de agua puede estar presente entre las bicapas lipídicas y en este caso se forma una estructura de gel (Fig. 15 c).

Además del tipo laminar de mesofase existen otros dos tipos, una con estructura hexagonal y otra con estructura cúbica, éstas se pueden identificar por difracción de rayos X en la región baja y por comportamiento óptico bajo un microscopio

polarizado.

Todas las mesofases descritas en la figura 15, pueden ser formadas en sistemas acuosos conteniendo emulsificantes alimenticios. La fase laminar es la más dominante en sistemas que contienen monoglicéridos saturados y otros emulsificantes hechos de grasas saturadas, mientras que la fase cúbica es dominante, en sistemas que contienen monoglicéridos insaturados. La fase hexagonal I se forma solamente con emulsificantes con grupos polares fuertes (polisorbato, jabones, etc.), mientras que la fase hexagonal II se forma con emulsificantes con un grupo polar débil o por mezclas de emulsificantes (33).

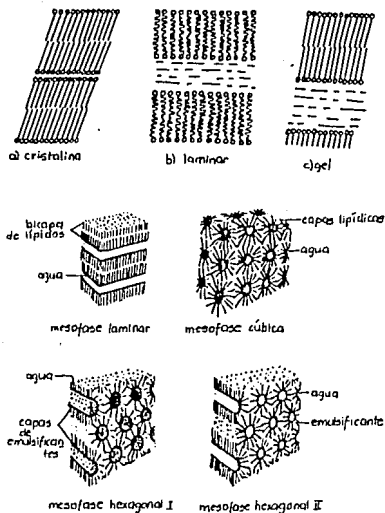


Fig. 15 Diferentes tipos de mesofases

2.2.5 EVALUACIÓN DE LOS EMULSIFICANTES

Existen varias maneras de evaluar la actividad de los emulsificantes:

- a) Porcentaje: por ejemplo, el valor porcentual 80, significa que 80% del emulsificante es soluble en agua y sólo el 20% en aceite.
- b) Fraccionario: una expresión fraccionaria 4 a 1 significa que el 80% del emulsificante es soluble en agua y el 20% en aceite.
- c) HLB (balance hidrofílico-lipofílico): es un sistema abstracto para expresar la solubilidad en agua y en aceite por medio de una serie de números que van de 1 al 20.

Griffin (21) introduce este concepto para medir la afinidad de un emulsificante no iónico al aceite o al agua. Los surfactantes menos hidrofílicos tienen los números de HLB más bajos.

Las emulsiones Ag/Ac tienen valores bajos de HLB de 4-6,

las emulsiones Ac/Ag tienen valores intermedios de 8-18 y un agente soluble tiene un alto valor de HLB de 15-18 (8).

Se han establecido diferentes fórmulas para calcular los números HLB: a partir de datos de composición de los surfactantes, pero pueden también determinarse experimentalmente por ejemplo, a partir de medidas de aparición de punto de turbidez.

El número HLB óptimo para formar una emulsión depende en cierta medida de la naturaleza del sistema que se trate.

Si se supone, por ejemplo, que la composición óptima de una mezcla para preparar una emulsión particular, agua-aceite sea 20% triestearato de sorbitano (HLB 2.1) + 80% de monoestearato de sorbitano polioxietileno (HLB 14.9). El HLB de la mezcla será por consiguiente:

$$(0.2 * 2.1) + (0.8 * 14.9) = 12.3$$

Donde 0.2 y 0.8 corresponden a los porcentajes de triestearato y monoestearato de sorbitano respectivamente.

En teoría, este valor de HLB 12.3 debería ser el óptimo para la formulación de esta emulsión particular agua-aceite

utilizando otros sistemas emulsificantes; por ejemplo, las proporciones óptimas en una mezcla de monocleato de sorbitano (HLB 4.3) y monopalitato de sorbitano polioxietileno (HLB 15.6) deberían ser aproximadamente 30 y 70% respectivamente. En la formulación de emulsiones comerciales los números HLB se usan, de esta manera, ventajosamente como una guía inicial previa a una cierta cantidad de pruebas por aproximaciones sucesivas.

Los emulsificantes de acuerdo a su número de HLB tienen diferentes funciones como se puede apreciar en el cuadro 10.

CUADRO 10. FUNCIÓN DE ALGUNOS EMULSIFICANTES DE ACUERDO A SU VALOR DE HLB

Valor de HLB	Función
1.5 - 3.0	antiespumante
4.0 - 6.0	emulsificante Ag/Ac
7.0 - 9.0	agente humectante
8.0 - 18.0	emulsificante Ac/Ag
13.0 - 15.0	detergente
15.0 - 18.0	solubilizante

Referencia: Becher (6).

2.2.6 INTERACCIÓN DE LOS EMULSIFICANTES CON OTROS COMPONENTES

Las interacciones con almidones o proteínas son funciones importantes de los emulsificantes alimenticios. La formación de complejos insolubles entre la amilosa y los monoglicéridos saturados imparten una estructura suave y reducen la consistencia pegajosa existente en productos con alto contenido de almidón.

Tales reacciones se llevan a cabo cuando el emulsificante es adicionado en forma de fase acuosa o dispersión.

Algunos estudios recientes relacionados con la influencia de los emulsificantes en las propiedades reológicas de proteínas en harinas (gluten) han llegado a la conclusión de que la textura y el volumen aumentan considerablemente en los productos finales (35).

El nuevo uso de proteínas vegetales en los alimentos, necesitan la presencia de lípidos surfactantes para mantener buenas propiedades de textura, añadiendo el emulsificante en una dispersión acuosa líquido-cristal se han encontrado óptimas condiciones entre las interacciones proteína-lípido (32).

Las proteínas poseen grandes propiedades de superficie, esto se debe a su habilidad de absorber en una interfase agua-aceite. Una vez que la proteína entra en contacto con la interfase, los residuos no-polares de aminoácidos se orientan hacia la fase no-acuosa (Fig. 16) (33).

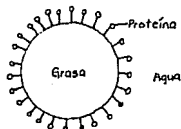


Fig. 16 Orientación de la proteínas en una interfase

Muchos factores afectan las características de las emulsiones: temperatura, pH, fuerza iónica, presencia de azúcares, exposición al oxígeno, concentración de proteínas solubles, etc.

El calentamiento generalmente disminuye la viscosidad y rigidez de las proteínas emulsificantes y por lo tanto la estabilidad de la emulsión, de cualquier manera la gelación de las proteínas altamente hidratadas en la interfase aumenta la viscosidad y rigidez y estabiliza la emulsión (24).

2.2.7 EMULSIFICANTES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Muchos alimentos consisten en dispersiones de sustancias insolubles entre si y que, a su vez, cada una de ellas es una suspensión o emulsión. Se logra estabilizar estas emulsiones con la ayuda de un coloide protector, como goma de tragacanto, agar-agar, gelatina, pectina, lecitina, etc. Todos ellos modifican las cualidades interfaciales de los componentes, que están divididos en dos grupos: hidrosolubles y liposolubles.

Ciertos elementos tensoactivos resultan de gran interés como ingredientes de la oleomargarina, pues evitan su descomposición cuando se funden y calientan por encima del punto de ebullición del agua. Se debe esto a que la margarina es una emulsión de aceite y agua que se rompe por el calor; una vez rota la emulsión, desciende el agua a la parte inferior de la masa, por ser más pesada, y allí se evapora con rapidez, para alcanzar después la superficie ruidosamente, haciendo saltar el aceite. Si se añade un agente capaz de evitar la ruptura de la emulsión, las partículas de agua se vaporizan lentamente y alcanzan la superficie de manera regular y poco violenta. Tales productos deben reunir las siguientes características:

Ser comestible, sin olor, color o sabor desagradable,

de bajo costo, equilibrio adecuado y ser no volátiles a la temperatura a que se fría.

Ejemplos de estos agentes para evitar el salpicado son: cloruro de betain-colesterilo, cloruro de betain-cetilo, etc.

En la fabricación de chocolate tienen cierta importancia algunos agentes, para que no se enmohezca, se suele añadir glicerofosfato sódico y lecitina u otros modificadores de la interfase. Otro buen ejemplo, en el que los productos tensoactivos son de fundamental importancia, es el caso del enriquecimiento de la leche con vitamina D. Esta es liposoluble y debe interponerse en un medio acuoso como es la leche, para lo cual primero se disuelve un aceite al que se añade un agente tensoactivo, agregando luego la mezcla de leche. El agente más empleado es un éster diacetil tartárico de un monoglicérido.

En la panadería, los agentes tensoactivos han encontrado una gran aplicación, se emplean para evitar el rápido endurecimiento de la constra del pan, facilitar la manipulación de la masa y aumentar el volumen del pan. Los principalmente usados son lecitina, los mono y diglicéridos, el propilenglicol, etc.

Los emulsificantes tanto naturales como artificiales se emplean en la preparación de alimentos. La mayonesa por ejemplo es una emulsión estable de vinagre y yema de huevo que es incorporada a la emulsión gracias a que contiene lecitina, un agente emulsificante natural. El monoestearato de glicerol es de los artificiales más importantes. Es muy empleado en la manufactura de alimentos tales como margarinas, helados y aderezos (13,16).

A continuación se dará una lista de los emulsificantes de mayor uso en la industria alimentaria, así como su valor HLB.

CUADRO. 11 EMULSIFICANTES DE MAYOR USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

EMULSIFICANTE	HLB
ácido oléico	1.0
triestearato de sorbitan	2.1
mono y diglicéridos (54-60% mono)	2.9
mono y diglicéridos (61-66% mono)	3.2
monoestearato de propilenglicol	3.4
mono y diglicéridos (61-70% mono)	3.5
monoestearato de glicerol	3.8
monooleato de sorbitan	4.3

EMULSIFICANTE	HLB
monoestearato de sorbitan	4.6
éster de ácido succínico de monoglicéridos	5.3
monoestearato de diglicerol	5.5
monoestearato de triglicerol.	9.1
gelatina	9.8
triestearato polioxietileno de sorbitan	10.4
metilcelulosa	10.5
gomas acacia y tragacanto	12.0
monoestearato de sorbitan polioxietilénico (polisorbato)	14.9
monooleato polioxietilénico de sorbitan	15.1
oleato de sodio	18.0
oleato de potasio	20.0

Referencia: Becher (6).

En el siguiente cuadro se muestran los emulsificantes de mayor uso en la industria de los alimentos así como sus usos más frecuentes:

CUADRO 12. PRINIPALES USOS DE LOS EMULSIFICANTES ALIMENTICIOS

EMULSIFICANTE	FUNCION ESPECIFICA
Estearoil-2-lactilato de calcio	clara de huevo deshidratada
Ácido cólico	clara de huevo deshidratada
Ácido desoxicólico	clara de huevo deshidratada
Diocil sulfosuccinato de sodio	general
Ácidos grasos (C10-C18)	general
Ésteres lácticos de ácidos grasos, lecitina, mono y diacilglicéridos	general
Extracto de hiel de buey	general
Ésteres de poliglicerol	general
Ésteres de polioxietilensorhitan	general
Mono diésteres de propilenglicol	queso procesado
Fosfato de potasio tribásico	queso procesado
Polimetafosfato de potasio	queso procesado
Pirofosfato de potasio	queso procesado
Fosfato ácido de sodio-aluminio	queso procesado
Citrato de sodio	queso procesado
Metafosfato de sodio	queso procesado
Fósforo dibásico de sodio	queso procesado
Fosfato monobásico de sodio	queso procesado
Fosfato tribásico de sodio	queso procesado

EMULSIFICANTE	FUNCION ESPECIFICA
Monooleato de sorbitan	productos dietéticos
Monopalmitato de sorbitan	dispersiones de sabor
Monocestearato de sorbitan	general
Triestearato de sorbitan	cubiertas
Estearoil-2-lactilato	rellenos de panificación (grasas vegetales)
Estearil monogliceridilcitrato	rellenos
Ácido taurocólico (sales)	claras de huevo
Sulfato de aluminio	pepinillos
Carbonato de calcio	general
Cloruro de calcio	jitomates enlatados
Citrato de calcio	jitomates enlatados
Gluconato de calcio	rebanadas de manzana
Hidróxido de calcio	productos de frutas
Lactato de calcio	rebanadas de manzana
Fosfato monobásico de calcio	jitomates enlatados
Cloruro de magnesio	chicharos enlatados
Bicarbonato de amonio	fuelle de CO ₂
Fosfato de calcio	fuelle de CO ₂
Glucono-5-lactona	fuelle de CO ₂
Pirofosfato ácido de sodio	fuelle de CO ₂
Fosfato de sodio-aluminio	fuelle de CO ₂
Sulfato de sodio-aluminio	fuelle de CO ₂

EMULSIFICANTE	FUNCION ESPECIFICA
Bicarbonato de sodio	fuelle de CO2
Parafina (sintética)	base de goma de mascar
Mezcla de pentaeritritol de resina	base de goma de mascar

Referencia: Montor (35).

A continuación se enumeran otros emulsificantes muy empleados en la industria de los alimentos y algunas de sus propiedades fisicoquímicas:

CUADRO 13. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE ALGUNOS EMULSIFICANTES

No.	EMULSIFICANTE	COLOR Y FORMA	PUNTO DE FUSIÓN O VISCOSIDAD (25 °C)	FDA
1	Mono y diglicéridos (52-56% alpha mono)	sólido color crema	135-142 °F	*
2	Mono y diglicéridos (47-50% alpha mono, 54-59% total mono)	líquido ámbar	150 cp	*
3	Mono y diglicéridos (40-44% alpha mono, 48-52% total mono)	sólido blanco	115-122 °F	*
4	Mono y diglicéridos (40-44% alpha mono, 48-52% total mono)	sólido marfil	122-124 °F	*

No.	EMULSIFICANTE	COLOR Y FORMA	P.f O VISCOSIDAD	FDA
5	Mono y diglicéridos (40-44% alpha mono, 48-52% total mono)	hojuelas color crema	135-142 °F	*
6	Mono y diglicéridos (40-44% alpha mono, 48-52% total mono)	sólido color crema	91-95 °F	*
7	Mono y diglicéridos (54-58% alpha mono, 65-69% total mono)	sólido color marfil	125-127 °F	*
8	Mono y diglicéridos (52-56% alpha mono, 61-66% total mono)	sólido color marfil	139-143 °F	*
9	Mono y diglicéridos (54-58% alpha mono, 65-69% total mono)	sólido color marfil	129-135 °F	*
10	Mono y diglicéridos (54-58% alpha mono, 65-69% total mono)	sólido color marfil	128-135 °F	*
11	Monoestearato de sorbitan	sólido color marfil	127 °F	Aprobado
12	Monoestearato de sorbitan polioxi- etileno	líquido acei- toso amarillo	600 cp	Aprobado
13	Triestearato de sorbitan	sólido ceroso amarillo claro	92 °F	Aprobado
14	Monooleato de sorbitan	líquido acei- toso amarillo	400 cp	Aprobado

* Generalmente reconocidos como seguros
para su uso en alimentos (GRAS).

Referencia: Montor (35).

En el cuadro siguiente, se muestran los usos que pueden tener los emulsificantes mencionados en el cuadro 13, usando como clave la numeración emplada en dicho cuadro.

CUADRO 14. EMULSIFICANTES Y SU USO

Producto	Agente aereador	Saborizantes y/o aceites esenciales	Mejorador de palatabilidad	Mejorador de textura	Mejorador de volumen
pasteles	2, 8, 11, 12, 13	2, 11, 12, 14	11, 12, 13	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13
donas		2, 11, 12, 14		2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13
masa para pasteles	3, 4, 6, 7, 12, 13	2, 11, 12, 14	11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
galletas		2, 11, 12, 14			
rellenos de crema	3, 4, 6, 7	2, 11, 12, 14			

Referencia: Montor (35).

2.2.8 OTROS USOS DE LOS EMULSIFICANTES

2.2.8.1 Acción sobre las toxinas

Como se sabe, las exotoxinas bacterianas son de naturaleza proteínica por lo que están sometidas a los fenómenos generales para las proteínas, provocados por la acción de los agentes tensoactivos.

La toxina tetánica se inactiva por las sales de los ácidos biliares, los jabones y el compuesto catiónico zepiran. El poder inactivante parece estar relacionado con la longitud de la cadena carbonada de los ácidos grasos.

2.2.8.2 Influencia de los agentes tensoactivos en el crecimiento de las bacterias

Algunos microorganismos reaccionan a los cambios de la tensión superficial de manera un tanto radical. Las variaciones no se limitan a la simple morfología de la bacteria, sino que llegan a cambiar el carácter de su vida. Esto se debe a la influencia física de la tensión superficial sobre la bacteria y sobre todo a los fenómenos generales de interacción de proteínas y agentes tensoactivos, además de las fuerzas específicas de

afinidad química.

A pH fisiológico, los compuestos catiónicos son más efectivos que los aniónicos, y actúan indistintamente sobre microorganismos gram positivos y negativos, en tanto que los aniónicos tienen actividad solamente sobre los gram positivos.

2.2.8.3 Actividad bacteriostática y bacteriana

A partir de la abundante aplicación de los agentes tensoactivos en el campo de la desinfección, se compararon no sólo los cambios en la morfología y carácter de vida en las bacterias, sino también su vitalidad y resistencia frente a cambios de tensión superficial y con compuestos hipotensores.

Los agente tensoactivos no iónicos, aunque son de gran influencia como hipotensores tienen un efecto pequeño o casi nulo en el metabolismo de las bacterias o como bactericidas. La eficacia de los agentes tensoactivos queda afectada por la presencia de materia orgánica.

Dos son las teorías que en la actualidad intentan explicar la acción de los agentes tensoactivos sobre las

bacterias. La primera tiene un fundamento electroiónico, se basa en que la acción bactericida de los compuestos iónicos se acentúa en un pH en donde la bacteria posee el máximo de carga de signo opuesto al del agente tensoactivo.

En el segundo grupo de teorías se compara la acción de los agentes tensoactivos sobre las bacterias con el proceso de hemólisis y se supone que el fenómeno empieza con un aumento en la permeabilidad de la membrana celular y una dilución de las enzimas, coenzimas e iones del líquido protoplasmático, superior a la que corresponde al metabolismo normal de la célula. Una confirmación de esta lisis se encuentra en la pérdida de determinados aminoácidos que experimentan algunas células al ser tratadas con agentes tensoactivos (6).

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

ESTABILIZANTES

3.1 DEFINICIÓN

Cualquier sustancia que ayuda a mantener una emulsión cuando ésta ya ha sido formada se llama estabilizante (19).

Un estabilizante puede tener las mismas características básicas de un emulsificante.

Los estabilizante de emulsiones y suspensiones actúan como coloides protectores, aumentando la viscosidad del producto, dando así una mejor estabilidad. Los estabilizantes usados comercialmente incluyen proteínas, como gelatina, caseinas; carbohidratos como pectinas, alginatos, gomas, almidones, además sales de sodio, carbón activado, sílica gel, etc.

3.2 ESTABILIZACIÓN

Las emulsiones puras son difíciles de estabilizar en cualquier concentración, por este motivo se emplean dos métodos de preparación. Para estabilizar una emulsión, puede ser pasada a

través de un molino coloidal u otra máquina homogeneizadora, también se le pueden agregar sustancias que retarden el grado en el que los glóbulos de aceite coalescen. Estas sustancias se dividen en tres grupos:

1. Aquellas que igualan la gravedad de las dos fases
2. Aquellas que aumentan la viscosidad, tales como las gomas
3. Aquellas que consisten en moléculas de cadena larga con un grupo hidrofílico en un extremo y un grupo hidrofóbico en el otro (emulsificantes).

Las gomas son estabilizadores comunes de emulsiones aceite en agua. La goma se dispersa en el agua y forma un hidrosol liofilico. En general los estabilizantes solubles en agua o los que forman hidrosoles liofilicos producen emulsiones del tipo aceite en agua. Por otra parte, los estabilizantes solubles en aceite que son insolubles en agua, producen emulsiones de tipo agua en aceite (18,33).

Los jabones solubles en agua tales como jabones de sodio o potasio, son estabilizantes de emulsiones aceite en agua. Los jabones de calcio, debido a que son insolubles en agua y solubles en aceite, son estabilizantes eficaces de emulsiones agua en

aceite. En general, las emulsiones naturales tales como leche son estabilizadas por proteínas.

Algunos sólidos tales como carbonato de calcio y sulfato de fierro se pueden usar para estabilizar emulsiones. La capacidad de mojarse es muy importante, si un sólido finamente dividido es más fácilmente mojado por aceite que por agua, entonces es capaz de formar emulsiones con agua como la fase dispersante. Los polvos se han designado como hidrofílicos si son mojados preferentemente por agua y estabilizan emulsiones aceite en agua, asimismo, han sido designados como hidrofóbicos si estabilizan emulsiones agua en aceite (6,9).

Cuando la tensión interfacial es baja, las emulsiones son estables por lo que cualquier sustancia que disminuye la tensión interfacial entre agua y aceite tiende a estabilizar una emulsión. Existen causas que producen la separación de una emulsión (19):

1. Adición rápida del aceite
2. Falta de regulación en las condiciones de agitación
3. Efecto del calor durante el almacenamiento
4. Efecto de congelación durante el almacenamiento
5. Agitación durante la transportación
6. Descomposición bacteriana

3.3 FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA FORMACIÓN DE ESPUMA Y EN SU ESTABILIDAD

Aunque muchos estudios mencionan ya la importancia de la solubilidad de las proteínas como un prerrequisito para una buena capacidad espumante y estabilizante, también las proteínas insolubles pueden tener un papel benéfico en espumas, ayudando a incrementar la viscosidad. Aunque la formación de la espuma ya no es buena en el punto isoeléctrico (p.i.) de la proteína, la estabilidad sigue siendo más o menos buena. Este es el caso de globulinas y proteínas del gluten. De esta manera se puede explicar por qué las atracciones electrostáticas intermoleculares en el p.i. aumentan el grosor y la rigidez de las capas proteínicas adsorbida en la interfase aire/agua. Con algunas proteínas sin embargo, un aumento en la estabilidad de espuma se observa aún a valores de pH extremos, posiblemente porque hay un incremento en la viscosidad. Las claras de huevo presentan máxima formación de espuma a su pH natural (pH 8-9) y cerca de su p.i.= 4-5. La mayoría de las espumas en los alimentos se preparan a pH diferente de los puntos isoeléctrico de sus proteínas constituyentes (27,30).

Las sales también afectan la solubilidad, viscosidad, desdoblamiento, y agregación de proteínas, y esto puede alterar

las propiedades espumantes.

El cloruro de sodio suele reducir la estabilidad de una espuma. Los iones calcio sin embargo, mejoran la estabilidad de la espuma formando puentes entre grupos carboxílicos de las proteínas.

La sacarosa y otros azúcares usualmente deprimen la expansión de la espuma pero mejoran su estabilidad, ya que aumentan la viscosidad; en merengues, por ejemplo, es preferible agregar azúcar en una etapa avanzada, cuando la expansión de la espuma ya ha tenido lugar. Las glicoproteínas de la clara de huevo (ovomucoide y ovoalbúmina) ayuda a estabilizar espumas porque adsorben y retienen agua (26).

Es bien sabido que bajas concentraciones de lípidos contaminantes (abajo de 0.1%) empeoran las propiedades espumantes de las proteínas. Las preparaciones de proteína de soya libres de fosfátidos, las proteínas de la clara de huevo libres de lípidos de la yema, y las proteínas de suero "clarificado", o proteínas de suero aisladas con bajo contenido de lípidos, mejoran las propiedades espumantes, comparándolas con sus contrapartes contaminadas con lípidos. Parece que la actividad superficial de los lípidos pobres interfieren con la conformación más deseable

de las proteínas adsorbidas, situándose ellas mismas en la interfase aire/agua.

A medida que aumenta la concentración de proteína en un amplio rango (arriba del 10%), la estabilidad de la espuma, aumenta más que el volumen (24).

Para formar una espuma adecuada, la duración e intensidad de batido debe ser tal, que el desdoblamiento y adsorción de la espuma puedan ocurrir (46).

La agitación intensa puede llevar a una disminución en la estabilidad. La clara de huevo es particularmente sensible al "sobrebato". El batir claras de huevo u ovoalbúmina por más de 6 a 8 minutos provoca agregación-coagulación parcial de las proteína de la interfase aire/agua. Estas proteína insolubilizadas que no se adsorben propiamente en la interfase, provocan una viscosidad insuficiente para una buena estabilidad.

Tratamientos moderados de calor anterior a la formación de espumas mejoran algunas propiedades espumantes de las proteínas de la soya (70-80 °C), suero (40-60 °C), clara de huevo (ovoalbúmina y lisozima), y sangre. Tratamientos térmicos más severos empeoran la capacidad espumante. El calentamiento de

espumas con otras proteínas causa la expansión de aire, disminución de la viscosidad, ruptura de las burbujas, a menos que la gelación de la proteína contribuya a dar suficiente rigidez a la capa adsorbida (24).

3.4 DESESTABILIZACIÓN DE ESPUMAS

Debido a que la mayoría de las espumas tienen áreas interfaciales extensas, son casi siempre inestables.

Existen principalmente tres mecanismos de desestabilización:

- a) Drenado o goteo del líquido en la capa laminar debido a la gravedad, diferencia de presiones y/o evaporación

En espumas de baja densidad las burbujas tienden a unirse fuertemente, esto provoca que el líquido que se encuentra en la interfase, drene. El drenado disminuye con un aumento en la viscosidad.

- b) Difusión gaseosa de burbujas pequeñas a grandes. Esta situación se produce por la alta solubilidad del gas

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

en la fase acuosa.

- c) Ruptura de la capa laminar separando burbujas, ésta resulta del aumento en el tamaño de las burbujas provocando así coalescencia.

De acuerdo a lo anterior, los tres factores más importantes que contribuyen a la estabilidad de una espuma son una baja tensión interfacial, una elevada viscosidad y una capa fuerte y elástica de las proteínas adsorbidas.

La estabilidad puede ser evaluada midiendo:

- a) Reducción del volumen, el grado del líquido drenado o colapsamiento de la espuma en un tiempo dado.
- b) El tiempo para alcanzar un drenado total o parcial (la mitad del volumen).
- c) El tiempo antes de que empiece a drenar (9).

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

4.1 OBTENCIÓN DEL PRODUCTO

4.1.1 Selección de la fórmula base

Se partió de una fórmula estándar tomada de la composición de la crema Chantilly comercial, complementada con el análisis bromatológico de este tipo de crema (28).

La fórmula seleccionada fue la que se muestra en el cuadro 15.

CUADRO 15. FÓRMULA ETÁNDAR INICIAL DE LA CREMA CHANTILLY

25%	azúcar
12%	grasa vegetal comestible
25%	crema de leche de vaca
37%	leche descremada
0.5%	sal yodatada
0.1%	emulsificante
0.1%	benzoato de sodio
0.1%	saborizante artificial
0.2%	goma (estabilizante)

A continuación se dará la composición de esta crema:

proteína total = 2%
grasa total = 23%
humedad total = 50%
carbohidratos totales = 25%

4.1.2 Sustitución por ingredientes en polvo

Al hacer la sustitución por ingredientes en polvo, se consideró que los porcentajes tanto de proteína, grasa y humedad permanecieran constantes al momento de preparar la crema. La crema de leche y la leche descremada se sustituyeron por leche entera en polvo. En base seca la fórmula estándar quedó como se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO 16. FÓRMULA ESTÁNDAR EN POLVO

50%	azúcar
10%	grasa vegetal comestible
38%	leche entera en polvo
1%	sal yodatada
0.2%	emulsificante
0.2%	benzoato de sodio
0.2%	saborizante artificial
0.4%	goma (estabilizante)

4.1.3 Ensayo de los emulsificantes

Partiendo de la fórmula estándar (en polvo), se utilizaron emulsificantes especiales para productos lácteos y buenos para la incorporación de aire encontrados en la bibliografía, que fueron los siguientes (17,44):

1. caseinato de calcio
2. monoglicéridos destilados
3. almidón pregelatinizado
4. alginato de sodio
5. monodiglicéridos
6. ésteres de ácido acético de monoglicéridos
7. lecitina

Se ensayaron los emulsificantes por separado en una concentración de 0.2%, es decir, se elaboraron 7 emulsiones iniciales, todas en las mismas condiciones de tiempo, temperatura y velocidad de batido; cantidad de agua agregada (100% en peso), así como de pH (neutro).

La temperatura se controló con un baño de hielo, siendo ésta no mayor a 10 °C; inicialmente no se controló y además de que la consistencia era menos uniforme, no había parámetro de

comparación ya que la temperatura se elevaba sin control, viéndose afectada por el batido y además por el clima.

El batido se llevó a cabo con una batidora de tipo manual marca Osteryser, a una velocidad media y por espacio de 3 minutos.

4.1.4 Mezclas de emulsificantes

Una vez que se ensayaron los emulsificantes por separado, se procedió a hacer mezclas de ellos. Se tomaron pares de emulsificantes en una concentración de 0.1% cada uno para observar si existía algún efecto sinérgico entre ellos, lo que dio un total de 21 emulsiones.

4.1.5 Sustitución de ingredientes y cambio de concentraciones iniciales

En las 21 emulsiones obtenidas al hacer mezclas de 2 en 2 emulsificantes se observó que el caseinato de calcio proporcionaba una consistencia firme a la crema.

El caseinato pasó a sustituir a la leche en polvo debido

a la buena consistencia que proporcionaba y además porque se logró disminuir el costo al emplearlo como fuente de proteína.

De la concentración inicial de leche (38%), se substituyó ésta por 2.5% de caseinato inicial, 9% de grasa vegetal (concentración en la leche en polvo), y el resto por azúcar.

Se varió la concentración de caseinato aumentándolo de 0.5 en 0.5% hasta encontrar el óptimo que fue de 9%, la grasa también se aumentó de acuerdo con el incremento de proteína hasta llegar a una concentración del 26% (rango del 8-37%) (28,30).

Una vez incluido el caseinato en la formulación se prosiguió a hacer emulsiones con los 6 emulsificantes restantes (de 2 en 2), en una concentración de 0.1% cada uno, en total fueron 15 emulsiones más.

Las emulsiones que contenían almidón, eran más similares a la crema Chantilly original debido al efecto espesante que éste proporciona. Debido a este efecto, se substituyó parte del azúcar en la formulación y esto a la vez de dar mayor firmeza, quitó la dulzura excesiva que ocasionaba una concentración tan elevada de azúcar. La concentración óptima de almidón empleado como espesante en lugar de emulsificante fue de 10%, el cual se obtuvo

aumentando la concentración inicial de 0.5 en 0.5%.

Empleando ya al almidón en la formulación, se hizo el ensayo con los 5 emulsificantes restantes, pero ya sin hacer mezclas de ellos, los mejores resultados se obtuvieron de las emulsiones preparadas con lecitina, monoglicéridos destilados y ésteres de ácido acético de monoglicéridos.

4.1.6 Concentración final de emulsificante

Con las tres mejores emulsiones que fueron empleando caseinato de calcio en sustitución de la leche, el almidón pregelatinizado como espesante y los emulsificantes lecitina, monoglicéridos destilados y ésteres de ácido acético de monoglicéridos (por separado), se procedió a buscar la concentración óptima de éstos teniendo en cuenta el rango de uso 0.1 a 0.5%.

4.1.7 Elección del estabilizante

Una vez encontrados las tres mejores emulsiones se procedió a ensayar los tres estabilizantes posibles (por separado): carragenina, goma de xantano, y carboximetilcelulosa (CMC) en una concentración inicial de 0.4%.

La carragenina tuvo un efecto espesante muy similar a la crema Chantilly original. La goma de xantano también dió una consistencia firme aunque no tan buena estabilidad como la carragenina, la cual mantenía a la emulsión sin sinéresis por 48 hrs. a temperatura ambiente y la goma de xantano sólo por 24 hrs. en las mismas condiciones. La CMC definitivamente fue desechada por su mala solubilidad y por la presencia de grumos que causaba.

Se hicieron también mezclas de los estabilizantes (de 2 en 2) en una concentración de 0.2% cada uno y no se observó ningún efecto sinérgico.

Finalmente se buscó la concentración óptima de carragenina tomando en cuenta un rango de 0.1 a 0.5%.

En cuanto al sabor, se seleccionó el más agradable, por

medio de una prueba sensorial, las muestras fueron proporcionadas por las principales compañías en México dedicadas a este ramo y la presentación proporcionada por todas ellas fue en polvo como lo requería la formulación.

La fórmula final se muestra en el cuadro 17.

CUADRO 17. FÓRMULA FINAL EN POLVO

53%	azúcar
26%	grasa vegetal comestible
9%	caseinato de calcio
10%	almidón pregelatinizado
0.3%	emulsificante (lecitina, monoglicéridos destilados o ésteres de ácido acético de monoglicéridos)
1%	sal yodatada
0.1%	benzoato de sodio
0.2%	saborizante artificial
0.4%	goma (carragenina)

4.1.8 Condiciones de preparación

Ya que se tenía el polvo preparado, se fue agregando poco a poco el agua conforme se batía, se iban tomando las variables cantidad de agua y tiempo de batido, cuando se observó la consistencia más parecida a la crema original, se había agregado el 100% en peso de agua al polvo y se había batido por espacio de 5 minutos.

4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

Se tomaron las tres mejores cremas obtenidas las cuales contenían los siguientes emulsificantes: lecitina, monoglicéridos destilados y ésteres de ácido acético de monoglicéridos; se procedió a hacer dos tipos de pruebas sensoriales:

4.2.1 Prueba de orden de rango (preferencial)

Con las tres mejores cremas, codificadas con letras, se le pidió a 50 jueces que las enumeraran según su preferencia, otorgándole el uno a la de su mayor agrado, el 2 a la siguiente y el 3 a la de menor agrado. Se hizo el análisis estadístico usando la χ^2 de Friedman y se calculó la significancia.

También para el sabor se hizo esta prueba y se eligió el sabor más agradable de las alternativas posibles.

4.2.2 Prueba dúo-trío (diferencial)

Se tomaron las tres mejores cremas y la crema Chantilly original y se realizó una prueba en donde la crema original fue el testigo y se vió la diferencia existente entre las tres muestras y ésta (en cuanto a consistencia). Estas muestras fueron codificadas con números aleatorios.

Se analizaron los datos mediante una distribución binomial y se obtuvo la χ^2 con la fórmula de Mc Lear para ver si existía diferencia significativa entre las muestras y el testigo (13).

4.3 ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

Inmediatamente después de elaborado el polvo con la formulación final, se le hicieron los siguientes análisis:

4.3.1 Análisis microbiológicos

- a) Cuenta estándar de microorganismos en agar para cuenta estándar incubando a 35 °C por 48 hrs.

- b) Cuenta de hongos y levaduras en agar papa y dextrosa incubando a 35 °C por 4 días.
- c) Cuenta de coliformes en agar bilis rojo y violeta incubando a 35 °C por 2 días.
- d) Estafilococo dorado (*S. aureus*) en agar de Baird Parker (40,50).

4.3.2 Análisis fisicoquímico

- a) Humedad: Se midió por el método de secado en estufa
- b) pH: Se determinó en una solución al 1% en agua destilada a una temperatura de 22 °C con potenciómetro (15,39).

4.3.3 Análisis bromatológico

- a) Cenizas: Se determinó por calcinación en una mufla a 550 °C.
- b) % de proteína: Se determinó por el método Kjeldahl.
- c) % de grasa: Determinado por el método de Soxhlet.
- d) Humedad: Tomada de la determinación fisicoquímica.

- e) Carbohidratos: Se sacaron por diferencia de 100, una vez que se tuvo la suma de todos los resultados anteriores (15,39).

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó un cuadro con los costos de cada ingrediente por kilogramo y por la cantidad de gramos utilizados para elaborar la crema.

De acuerdo al rendimiento de la crema en polvo después de ser preparada, se comparó con la crema Chantilly original y se observó que el precio de la crema obtenida mejora el precio de la crema comercial.

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 OBTENCIÓN DEL PRODUCTO

Se partió de la fórmula estándar modificada para ingredientes en polvo, tomada de la composición y análisis bromatológico de la crema comercial (28).

Se hicieron 7 emulsiones, utilizando los diferentes emulsificantes por separado en una concentración del 0.2%, estos emulsificantes fueron: caseinato de calcio, monoglicéridos destilados, almidón pregelatinizado, monodiglicéridos, ésteres de ácido acético de monoglicéridos, lecitina y alginato de sodio.

Los resultados obtenidos de estas emulsiones no fueron muy satisfactorios ya que las consistencias obtenidas no eran similares a la de la crema Chantilly original, sin embargo las emulsiones más consistencias se obtuvieron empleando alginato de sodio y caseinato de calcio. El alginato de sodio es buen espesante, sin embargo al combinarlo con otros emulsificantes no tiene ningún tipo de interacción que pueda incrementar esta propiedad. El caseinato debido a los iones calcio favorece la

formación de la emulsión al formar puentes entre ellos, además de que posee regiones altamente hidrofóbicas y altamente hidrofílicas que le confieren excelentes propiedades emulsificantes.

Luego de ensayar los emulsificantes por separado se hicieron mezclas de ellos de 2 en 2 en una concentración de 0.1% cada uno lo que dió 21 emulsiones posibles, de éstas la mejores fueron las mostradas en el cuadro 18.

CUADRO 18. EFECTO SINÉRGICO DE LOS EMULSIFICANTES

Caseinato de calcio	+	monoglicéridos destilados
"	+	almidón pregelatinizado
"	+	alginato de sodio
"	+	monodiglicéridos
"	+	ésteres del ácido acético de monoglicéridos
"	+	lecitina
almidón p.	+	monoglicéridos destilados
"	+	monodiglicéridos
"	+	lecitina
monoglicéridos d.	+	"
monodiglicéridos	+	"

En el cuadro anterior se aprecia la buena consistencia que proporcionó el caseinato de calcio y por este motivo se pensó en sustituir la leche por él. La concentración final de caseinato en la formulación fue de 9%, el resto de la leche fue sustituida con grasa vegetal y azúcar.

Ya que el caseinato de calcio estaba incluido en la formulación como sustituto de la leche, se hicieron emulsiones con los 6 emulsificantes restantes de 2 en 2 y se vio que el almidón espesaba muy bien por lo que se le empleó como agente espesante en vez de emulsificante. Se llegó a la concentración óptima de 10% mediante ensayos en los que se aumentaba la concentración de 0.5 en 0.5%, éste almidón pasó a sustituir a parte del azúcar que endulzaba demasiado a la crema.

Una vez incluido el almidón en la formulación se ensayaron los 5 emulsificantes restantes por separado. Las mejores emulsiones se obtuvieron con monoglicéridos destilados, lecitina y ésteres de ácido acético de monoglicéridos. Con estos tres emulsificantes se buscó la concentración óptima considerando un rango de 0.1 a 0.5%, la cual fue de 0.3%.

Todas las emulsiones elaboradas se hicieron bajo las

mismas condiciones, se mantuvieron constantes la velocidad de batido (media en una batidora de mano Osteryser), el tiempo de batido (3 minutos), la temperatura (no mayor a 10 °C, controlada con baño de hielo), la cantidad de agua agregada (100% en peso del polvo) y el pH (neutro); de tal manera que no hubiera cambios sino solamente en el tipo de emulsificante empleado.

El estabilizante se eligió en base a las emulsiones hechas, primero se ensayaron por separado la carragenina, la goma de xantano y la carboximetilcelulosa (CMC) en una concentración de 0.4%.

La mayor estabilidad se obtuvo de la carragenina que mantuvo la emulsión sin sinéresis por 48 hrs. a temperatura ambiente, luego la goma de xantano que la mantuvo 24 hrs. sin sinéresis en las mismas condiciones, la CMC no tuvo buen resultado ya que se hacía grumos y no se dispersaba correctamente.

La carragenina le dio una mayor estabilidad a la crema debido a que al reaccionar con el caseinato, formó redes tridimensionales donde se atrapó el agua y de esta manera hubo sinéresis más tarde que empleando la goma de xantano.

Al hacer mezclas de los estabilizantes no hubo efecto sinérgico y por lo tanto se eligió a la carragenina como estabilizante de la crema.

La concentración óptima encontrada después de ensayar en un rango de 0.1 a 0.5% fue de 0.4% (la concentración original).

La fórmula final en polvo se muestra en el cuadro 17.

La cantidad de agua y el tiempo de batido se obtuvo agregando poco a poco el agua al polvo y tomando el tiempo hasta la incorporación del aire y de todos los ingredientes. La cantidad óptima de agua fue de 100% en peso del polvo (para 100g, 100 ml) y el tiempo de batido fue de 5 minutos.

El rendimiento del polvo es mayor al 100% ya que de 100g de polvo (150 ml), en 100 ml de agua se obtienen 320 ml de crema.

5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

5.2.1 Prueba de orden de rango

Se tomaron las tres mejores cremas y se les asignó una

clave con letra que fue la siguiente:

muestra	clave
almidón + lecitina	HN
almidón + monodiglicéridos	XG
almidón + ésteres de ácido acético de monoglicéridos	FY

Se calificó con una escala del 1 al 3 donde la de mayor preferencia era la 1, luego la 2 y la de menor preferencia la 3.

Las calificaciones que obtuvieron las tres cremas se muestran a continuación:

CUADRO 18. CALIFICACIONES DE LAS DIFERENTES CREMAS

clave	suma de calificaciones
HN	56
XG	105
FY	139

Se calculó la χ^2 de Friedman:

$$\chi^2 = \frac{12((56)^2 + (105)^2 + (139)^2)}{(50)(3)(3+1)} - 3(50)(3+1)$$

$$\chi^2 = 249.64$$

Hay menos del 0.1% de significancia por lo que se afirma que las muestras son sumamente diferentes entre sí (10).

5.2.2 Prueba duo-trio

Se codificaron las tres muestras y el testigo con números aleatorios de la siguiente manera:

muestra	clave
almidón y lecitina	121
almidón y monoglicéridos	212
almidón y ésteres de ácido acético de monoglicéridos	232
crema Chantilly	323

A continuación se da el cuadro de resultados de la prueba diferencial, los aciertos se refieren al número de jueces que detectaron cuál de las muestras era el testigo, y los errores al número de jueces que no notó la diferencia.

CUADRO 20. RESULTADOS DE LA PRUEBA DUO-TRIO

crema	aciertos	errores	chi2	significancia
121	29	21	0.98	no hay diferencia significativa
212	32	18	3.38	10%
232	34	16	5.78	2%

En base a los datos de significancia obtenidos, se eligió la crema de mayor preferencia y la de mayor similitud a la crema Chantilly original que fue la 121 que contenía almidón pregelatinizado y lecitina, usando como estabilizante a la carragenina.

5.2.3 Prueba preferencial para el sabor

A la crema anterior se le hicieron las pruebas de sabor dando los siguientes resultados en una prueba preferencial con 50 jueces. La codificación de las muestras fue la siguiente:

muestra	clave
sabor a crema butírica	AB
sabor simple a vainilla	BC
sabor aromático a vainilla	BA
sabor floral a crema	CB
sabor aromático a crema	AC

Se calificó con una escala del 1 al 5 donde la de mayor preferencia fue la número 1 y así sucesivamente. A continuación se da el cuadro de resultados y la chi2 obtenida a partir de ellos:

CUADRO 21. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL PARA EL SABOR

clave	suma de calificaciones
AB	247
BC	200
BA	152
CB	100
AC	51

$$\chi^2 = \frac{(12(247)^2 + (200)^2 + (152)^2 + (100)^2 + (51)^2)}{(50)(5)(5+1)} - 3(50)(5+1)$$

$$\chi^2 = 175.712$$

Con este dato de chi2, vemos que hay menos del 0.1% de significancia por lo que se afirma que las muestras de sabores son muy diferentes entre ellas.

El sabor de mayor preferencia fue el sabor aromático a crema (el que tuvo la menor suma de calificaciones).

5.3 ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

Los resultados de los análisis realizados al producto terminado se resumen en el cuadro 22.

CUADRO 22. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	
Cuenta estándar de microorganismos	86 col/g
Cuenta de hongos y levadura	4 col/g
Cuenta de coliformes	negativo
S. aureus	negativo en 1g

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	
Humedad	0.71%
pH (solución al 1%)	7.31

ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS	
Cenizas	1.07%
Proteína (N*6.38)	9.24%
Grasa	24.48%
Carbohidratos	65.55%

Los resultados de la composición de la crema aunque no iguales a los de la muestra comercial (pag.83), se encuentran dentro de los rangos establecidos para cada uno de los ingredientes.

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

En el cuadro siguiente se muestra el análisis de cost para la crema incluyendo leche en polvo en la formulación.

CUADRO 23. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CREMA INCLUYENDO LECHE EN POLVO

INGREDIENTE	*PRECIO/KG	GRAMOS EMPLEADOS PARA 1KG DE PRODUCTO	PRECIO/GRAMOS EMPLEADOS
Azúcar	860.00	400	344.00
Grasa vegetal	8060.90	100	806.09
Leche en polvo	1329.00	380	5051.72
Almidón	1650.00	100	165.00
Lecitina	15200.00	3	45.60
Sal yodatada	1000.00	10	10.00
Benzoato de sodio	4300.00	1	4.30
Saborizante	20000.00	2	40.00
Carragenina	48108.00	4	192.43
			<u>\$ 6659.14</u>

El análisis de costos para la crema incluyendo caseinato de calcio como sustituto de la leche se muestra en el cuadro 24:

CUADRO 24. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA CREMA CON CASEINATO DE CALCIO

INGREDIENTE	*PRECIO/KG	GRAMOS EMPLEADOS PARA 1KG DE PRODUCTO	PRECIO/GRAMOS EMPLEADOS
Azúcar	860.00	530	465.80
Grasa vegetal	8060.90	260	2095.83
Caseinato	21889.00	90	1970.01
Almidón	1650.00	100	165.00
Lecitina	15200.00	3	45.60
Sal yodatada	1000.00	10	10.00
Benzoato de sodio	4300.00	1	4.30
Saborizante	20000.00	2	40.00
Carragenina	48108.00	4	192.43
			\$ 4988.97

* Los precios de estos ingredientes corresponden al mes de septiembre de 1990.

El ingrediente más caro es la leche en polvo por lo que al sustituirla por el caseinato, grasa y azúcar, se obtiene un ahorro de \$1654.36 por cada kg de crema. La calidad de la crema al sustituir la leche por caseinato no varía en cuanto a consistencia ni sabor.

El costo de la crema Chantilly original comercial es de \$3600.00 por litro. Para preparar un litro de crema se necesitan 308 gramos de polvo con un costo de \$1541.47 por lo que se obtiene un gran ahorro al usar la crema en polvo, además la vida de anaquel es más larga con lo que se tiene un ahorro adicional.

5.5 EMPAQUE

Se proponen dos tipos de empaque para la comercialización de la crema Chantilly en polvo, uno destinado al ama de casa y otro de tipo institucional.

El empaque destinado al ama de casa constaría de bolsas de papel aluminizado con recubrimiento de polietileno en su interior, selladas al vacío con capacidad para 150g de polvo que dan 500ml de la crema. Esta bolsa a su vez estaría contenida en una caja de cartón. Estas características del empaque le dan al

producto las condiciones necesarias para su almacenamiento ya que no permiten el paso de luz, humedad ni oxígeno, factores perjudiciales que podrían iniciar reacciones de rancidez propias de productos con elevado contenido de grasa.

La caja tendría la etiqueta correspondiente con la siguiente leyenda:

Nombre comercial del producto
Polvo para preparar crema Chantilly
rinde medio litro
HECHO EN MEXICO,
Dirección y nombre de la compañía
CONTENIDO NETO 150g
Número de registro
Ingredientes

Además de la etiqueta, se anotarla en la caja el modo de preparación de la crema, así como algunas sugerencias para su uso.

El empaque institucional constaría de un envase cilíndrico o cuñete con cuerpo de papel liner con refuerzos de lámina galvanizada en la boca y en el fondo, engargolados con el cuerpo del cuñete, tapa y fondo de fibracel. La crema estaría

colocada en bolsas gruesas de polietileno y a su vez éstas estarían contenidas en el cuñete antes mencionado. Este tipo de empaque es de fácil manejo cuando se emplea la crema en grandes cantidades y además conserva las propiedades del producto.

El cuñete tendría una capacidad de 10 kg de polvo permitiría una estiba máxima de 5 cuñetes.

Al igual que el empaque comercial, el institucional, debe llevar una etiqueta grande con la leyenda antes mencionada y el modo de empleo.

CAPÍTULO 6

6.1 CONCLUSIONES

- 6.1.1 Lo emulsificantes que actuaron de mejor manera por separado fueron el caseinato de calcio y el alginato de sodio (0.2%), pero esto no significó que tuvieran un efecto sinérgico al actuar conjuntamente con otro emulsificante.
- 6.1.2 Existe un efecto sinérgico al combinar almidón con ésteres de ácido acético de monoglicéridos con lecitina, ya que se obtiene una textura firme que no se forma con cada uno por separado, este mismo efecto se observó en lecitina con monoglicéridos y con ésteres de ácido acético de monoglicéridos.
- 6.1.3 El almidón se empleó como espesante debido a su poder gelificante y por la textura firme que proporciona al interaccionar con las proteínas ya que se forma una red más firme y resistente que aumenta la viscosidad del medio dispersante, además por ser un almidón estabilizado impide que la retrogradación se produzca tan rápido como en un almidón no pregelatinizado.
- 6.1.4 Las ventajas de utilizar la carragenina en una crema instantánea, incluyen la formación de geles de rápida

fijación de agua, además de que sirve como microencapsulador del sabor. La goma es un agente humectante que captura moléculas de agua produciendo un mayor hinchamiento del gel, aumentando la viscosidad de la emulsión.

6.1.5 A partir del polvo para preparar la crema Chantilly se pueden obtener muy diversas consistencias dependiendo de la cantidad de agua que se agregue, lo que implica una gama muy variada de usos (100-150% de agua).

6.1.6 Los productos en polvo cada vez tienen mayor auge en la industria alimentaria debido a sus características de almacenamiento, fácil manejo como a sus propiedades que cada vez son más similares a los productos naturales.

6.2 RECOMENDACIONES

- 6.2.1 Mezclar a velocidad media durante 5 minutos para lograr una consistencia adecuada.
- 6.2.2 Se recomienda preparar la crema con agua o leche fría para así obtener una consistencia firme ya que la temperatura elevada afecta la formación adecuada de la crema (disminuye la viscosidad).
- 6.2.3 Es preferible preparar sólo la cantidad de crema que se vaya a utilizar.
- 6.2.4 En caso de que la crema se encuentre en una industria o panadería, cuidar que no tenga contacto con productos que contengan enzimas para evitar la degradación del almidón.
- 6.2.5 Existen diferentes sabores que se pueden emplear, dependiendo del uso que se le vaya a dar a la crema como son moka y fresa.

B I B L I O G R A F Í A

1. AISKOBEHHAUS PEKTINFABRIK. (The Copenhagen Pectin Factory LTD) A Wholly owned subsidiary of Hercules Inc., FAO FOOD AND NUTRITION PAPER. JECFA Specifications for identity and purity of food additives. Wilmington Delaware, USA, 1984, pp. 3-19.
2. ALAIS CHARLES Ciencia de la leche, principios de técnica lechera. Traducido por Antonio Lacasa Godina. Editorial C.E.C.S.A, México, 1984, pp. 104, 447-458.
3. ALVAREZ Y RODRIGUEZ, CERNA ESCUTIA (tesis) Aplicación y toxicidad de la carragenina en los alimentos. ULSA, 1982, pp. 10-55.
4. ARANCIA POLIBASICOS Tensoactivos. Arancia grupo industrial, división productos especiales unidad tensoactivos.
5. BADUI DERGAL S. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Universidad, México, 1988, pp. 307-315.
6. BECHER P. Emulsiones: Teoría y práctica, Editorial Blume, 2a edición, Madrid, 1972, pp. 83-129, 183-233, 235-244, 314-318, 374, 375.
7. BLANCAS C. MA. TERESA (tesis) Elaboración de helado en polvo, U.N.A.M , 1989, pp. 32-53.
8. CHARALAMBOIS AND DOXASTAKIS Food Emulifiers: Chemistry, technology, functional properties and applications. Amsterdam, Elsevier 1989, pp. 256-258, 386, 387, 449-472.
9. CLAYTON'S The theory of emulsions and their technical treatment. Chemical Publishing Co. Inc., Printed in Great Britain, 5th edition, 1954 pp. 149-191, 198-206, 330-348, 480-500.
10. DANIEL W.W. Biostatística, Editorial Limusa, 3a edición México, 1987, pp. 459-502.
11. DE RENZO Doughs and baked goods, chemical air non leavened Journal of food technology, No. 26, (1975) pp. 121-125.
12. DÍAZ Y DE OVANDO, SCHNEIDER Arte culinario mexicano siglo XIX recetario. Consorcio Editorial Comunicación, S.A. de C.V., México 1986, pp. 202.

13. DUCKWORTH, R.B. Food science and technology A series of monographs. Academic Press, 2nd edition, 1975, pp. 588-593, 602-610.
14. EASTMAN Food Emulsifiers. Publicación No ZM-1J, Marzo 1990, USA, pp. 7, 21, 24, 25.
15. EGAN, KIRK, SAWYER Análisis de alimentos de Pearson. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. 3a impresión, México, 1988, pp. 443-445, 494.
16. FENNEMA OWEN R. Food Chemistry. Food science and technology. A series of monographs and text books. Marcel Dekker, 2nd edition review and expanded, N.Y., 1985, pp. 116, 166-175, 275-278, 298-303, 310, 358-361, 641, 678, 679, 773, 814, 817, 819.
17. FURIA T.E. Handbook of food additives, CRC Press, 2nd edition Cleveland, Ohio-Boca Raton, Florida, 1977-1980, pp. 313-377.
18. GAMAN AND SHERRINGTON The science of food. An introduction to food science, nutrition and microbiology. Pergamon Press, Oxford, 1978, pp. 24, 42, 43, 47, 52.
19. GOPA E.S.R. Principles of emulsion formation, Academic Press, N.Y., 1968 pp. 5-75.
20. GRAF AND BAVER Milk and milk products, Marcel Dekker, N.Y., 1976, pp. 296-383.
21. GRIFFIN W.C. Emulsions, Encyclopedia of chemical technology, Vol. 8, John Wiley and sons, N.Y., 1978, pp. 900-930.
22. GRINSTED Emulsionantes para la industria de la panadería y pastelería, pp. 15, 22, 23, 30, 31.
23. GRÜNAU Food Emulsifiers: Emulsifiers, additives and refining agents for food industry, pp. 9.
24. HALLING, P.J. Protein stabilized foams and emulsions. Journal of food science and nutrition, No. 15 (1981) pp. 121-125.
25. HENDERSON J.L. The fluid milk industry. AVP Publishing Co., 3rd edition, Westport Conn., 1971 pp. 387-412.

26. HOAGLAND MEYER L. Food Chemistry, Western Michigan University, USA, 1960 pp.358, 341, 342, 346, 360.
27. JACOBS M.G. The chemistry and technology of food and food products. Interscience Publishers Vol. 1, N.Y., 1944 pp. 41-45.
28. JEAN A.T., PENNINGTON Food values. Perennial Library, Harper and Publishers, 15th edition, N.Y., 1989.
29. JUNGERMANN E. Fat-based surface active agents. Bayley's Industrial oil and fat products, Vol. 1, 4th edition, John Wiley and sons, Inc., N.Y. 1979, pp. 585-587.
30. KARSA D.R. Emulsiones en alimentos. Whittable Litho Printers, 1988 , pp. 13, 73-89, 191.
31. KIRK AND OTHER Encyclopedia of Chemistry Technology. Editorial Wiley Interscience, 3a edición. Tomo 11 y 21, USA, 1976.
32. KRAMER AND SZECCESNICK, A. Texture Measurements. Reidel Publishing Company, 4th edition, N.Y., 1973 pp. 2-57, 69-85.
33. KROG N. AND LAURIDSEN J.B. Food emulsifiers and their association with water. Marcel Dekker, Inc., N.Y. 1976, pp. 67-139.
34. LUCAS MEYER Niederlassungen Technical Data Sheet Ausschlagel elbdeich 62 200 Hamburg.
35. MONTOR OSCAR (tesis) Aditivos en panificación, UNAM, 1986 pp. 52-56, 168-194.
36. NOM-F-3-S-88 Azúcar refinada.
37. NOM-F-9-85 Sal yodatada.
38. NOM-F-26-86 Leche entera en polvo.
39. OSBORNE D.R., VOOGT P. The analysis of nutrients in food, a series of monographs. Academic Press, 1978 pp. 46-51, 107, 112-129, 155, 156, 158, 161, 166, 167.
40. PELCZAR M.J. AND CHAN E.C.S. Elementos de microbiología. Editorial Mc Graw Hill, México 1984 pp. 50-71, 98-139.

41. PINTAURO, N.D. AND THOMAS E.L. A study of physical properties of whipped toppings. Chemical Microbiological Technology. No.2 (1973) pp. 26-32.
42. QUÍMICA HENKEL Certificado de análisis, México, D.F.
43. SÁNCHEZ PÉREZ ALMA C. (tesis) Estudio y aplicación de almidones modificados en la elaboración de cremas pasteleras. ULSA, 1987 pp. 1-3, 11, 61-63, 77-84, 87, 89.
44. SCHWARTZ AND PERRY Surface active agents, Interscience Publishers, Inc., 1949. pp.53-92
45. SHERMAN P. Food texture and rheology, Academic Press, 3rd edition, England, 1979. pp. 315-318, 320, 322, 395.
46. SONE T., HODA M., SHIINOKI Y., AND KAKO M. Structure and rheological behavior of whipping cream. 4th International Flavor Conference, Rhodes, Greece, 23-26, July 1985.
47. TAKANA M. AND DE MAN J.M. Some rheological properties of whipped toppings. Chemical Microbiological Technology . No. 2 (1973) pp. 1-6.
48. TAYLOR R.J. Food additives. Formerly of Unilever Research, 1980. pp. 21-26.
49. UNIVERSITY OF SALFORD Industrial Applications of surfactants, special publication No.59 . The proceedings of a Symposium organized by the North West Region of the Industrial Division of the Royal Society of Chemistry. University of Salford, 15th-17th April, 1986.
50. WILLET, SMITH, CONANT Microbiología de Zinsser. Unión Gráfica, S.A. México, 1971, pp. 551, 770, 1310-1313.

A P E N D I C E

COAGULACIÓN: En química de superficies, sinónimo de floculación.

COALESCENCIA: Cuando la fase dispersa es un líquido o un gas y se presenta el fenómeno de fusión de gotitas o burbujas produciéndose una separación.

COLOIDE: Es el estado que toda clase de materia puede tomar cuando está finamente dividida o dispersa en un medio en el cual conserva su integridad como partícula.

DIPERSIÓN: Es un sistema en el cual existen partículas tan pequeñas que quedan rodeadas del medio en el que están sin solubilizarse.

FLOCULACIÓN: Proceso por medio del cual las partículas de un sistema disperso sedimentan rápidamente en forma espontánea o en un tiempo corto por el aumento de tamaño de las partículas.

GEL: Sistema semisólido que consta de un sólido mantenido en un líquido. Una forma más sólida que un sol.

RETROGRADACIÓN: Proceso contrario a la gelatinización.

SINÉRESIS: Exudación de agua en una pasta. El agua libre que se disocia de los productos que contienen almidón.

SOL: Suspensión coloidal en la que el medio de dispersión y la fase dispersa son líquidos.

SURFACTANTE: (agentes tensoactivos) Sustancias que tienen la capacidad de modificar la tensión superficial aumentándola o disminuyéndola.

SUSPENSIÓN: Es un sistema compuesto de partículas dispersadas en un líquido en el cual las partículas no están realmente disueltas debido a su tamaño excesivamente pequeño.

TENSIÓN SUPERFICIAL: Es una fuerza perpendicular a la superficie de un líquido y dirigida hacia el seno de éste. Esta fuerza tiende a hacer que el líquido asuma el estado de mínima energía.