

15
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"ELABORACION DE HELADOS EN POLVO"



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A ;
BLANCAS CORELLA MARIA TERESA

FALLA DE ORIGEN

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.

I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
1.1 DEFINICION	2
1.2 BASES TEORICAS	2
CAPITULO II	
<u>ESTUDIO DE MERCADO</u>	
2.1 CONSUMO INTERNO	7
CAPITULO III	
<u>ASPECTO FISICOQUIMICO DE LOS HELADOS</u>	
3.1 COLOIDES	14
3.2 SOLES	17
3.3 EMULSIONES	21
3.4 ESPUMAS	30
CAPITULO IV	
<u>ASPECTO NUTRICIONAL Y ALIMENTICIO</u>	
4.1 ASPECTO NUTRICIONAL	37
4.2 ASPECTO ALIMENTICIO	41

PAGINA

CAPITULO V

MATERIALES Y METODOS

5.1	OBJETIVO	42
5.2	DESCRIPCION DE LAS MATERIAS PRIMAS	42
5.3	PROCESO DE ELABORACION DE HELADOS	49
5.4	MATERIAL EMPLEADO EN LA EXPERIMENTACION	69
5.5	METODO DE EXPERIMENTACION	69
5.6	DIAGRAMAS DE FLUJO	71

CAPITULO VI

EXPERIMENTACION Y EVALUACION

6.1	TECNICA DE DESARROLLO EXPERIMENTAL	73
6.2	EXPERIMENTACION	80
6.3	RESULTADOS	86
	CONCLUSIONES	91
	APENDICE	103
	REFERENCIAS	107

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

La elaboración de nuevos productos alimenticios nacionales es función de la infraestructura económica y tecnológica de que se disponga, así como de la demanda que exista en el mercado del producto a elaborar.

Actualmente existe una tendencia a nivel mundial en la demanda de alimentos dietéticos, la cual en México no ha sido satisfecha. Estos alimentos surgen como una necesidad de la población para su consumo debido a su complejidad física o por diversos problemas de salud.

Este tipo de productos que existen en el mercado no son elaborados por compañías nacionales, surgiendo como tema de interés la elaboración de un producto nacional que pueda satisfacer la demanda requerida.

Para el caso que nos ocupa se pretende elaborar un postre denominado "Helado en polvo" con bajo contenido calórico.

Este trabajo se apoya en conceptos de ingeniería con un respectivo apéndice para su consulta.

CAPITULO I

HELADOS EN POLVO

1.1 DEFINICION

Helados en polvo.- Son una mezcla en polvo de ingredientes que incluyen sólidos lácteos no grasos, edulcorantes, estabilizantes, maltodextrinas, emulsificantes, colorantes y saborizantes. Este tipo de productos requiere de un trabajo mínimo adicional para la obtención final como postre congelado.

1.2 BASES TEORICAS

Los helados se encuentran clasificados como postres congelados, dentro de los cuales existe una gran variedad y esto se debe a la diversidad de ingredientes que se pueden emplear para su elaboración. 17,27

Cada tipo de helado requiere de una formulación diferente. Los ingredientes básicos para las formulaciones son:

- Grasa láctea
- Sólidos no grasos
- Edulcorantes

- Saborizantes

- Colorantes

Otros ingredientes adicionales que pueden ser agregados a las formulaciones son los siguientes:

- Emulsificantes

- Maltodextrinas

- Proteínas

- Huevo

- Frutas secas

- Frutas frescas

- Frutas en almíbar

Dentro de los ingredientes básicos y adicionales de los que se pueden componer las formulaciones existe una gran variedad de cada uno de ellos por lo que pueden ser sustituidos por alguno en especial, de acuerdo a las necesidades y cualidades que se requieran del producto final, por ejemplo, se puede variar la consistencia, el cuerpo, la textura, el sabor, el color, el contenido nutricional y el contenido alimenticio, etc. Esto se logra al combinar y variar la cantidad y calidad de los ingredientes en cada formulación, así como el proceso de elaboración.

El valor nutricional de los helados se determina por el contenido de calorías, vitaminas, proteínas y minera-

les. El valor alimenticio se determina como; una forma de consumo que cumple una función en la dieta. 1,13.

Todos los ingredientes en el helado están presentes como un sistema fisicoquímico complejo, el cual contiene simultáneamente emulsiones, soles y aerosoles (espumas); cada uno de estos sistemas tiene su respectiva fase dispersa y fase continua y se encuentran interactuando entre sí en todo el producto.

La estructura interna del helado queda definida por la composición de la mezcla, proceso de elaboración y por la distribución y tamaño de las partículas de los componentes. 8, 14

Los procesos de elaboración de helados son diversos, en general todos incluyen los pasos básicos que son: mezclado, pasteurización, homogeneización, congelación y batido (incorporación de aire) y endurecimiento. 12

La industria de los helados se ha desarrollado de acuerdo a la variedad existente de los productos, con colores, sabores, formas, tamaños y presentaciones diferentes. Por lo que este estudio se ha enfocado a encontrar una formulación adecuada para un postre con bajo contenido calórico con una presentación de "Helado en polvo" el cual presenta las siguientes características:

1.- Este tipo de helados son postres con bajo contenido calórico. Debido a que su formulación se elaborará con ingredientes especiales con bajo o nulo contenido de grasa, esta y otras modificaciones se realizarán a las formulaciones tomando como bases generales para su elaboración lo establecido para helados convencionales. No obstante este producto cumple la función de postre (que como tal es; el complemento final de una comida o tomado como una golosina en cualquier momento, el cual da gusto y sensación de frescura al consumirlo). 31

2.- La presentación de este producto es en polvo, listo para prepararse, por tener esta característica puede ser adquirido en cajas o bolsas, por lo que ofrece una forma cómoda de consumo.

Este postre congelado se elaborará con expectativas de consumo general, incluyendo a consumidores que por su complejión física o salud se ven imposibilitados a consumir postres con alto contenido calórico. 31

La obtención del producto final involucra los últimos pasos que son batir y congelar, se deben realizar como se indique, ya que habrán sido determinados como las

más apropiados, los cuales dan al producto terminado características de calidad, siendo la calidad de un producto un factor importante que determina su demanda. 23

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

2.1 CONSUMO INTERNO

a) PRODUCCION NACIONAL

La producción nacional de helados es alta ya que existen un gran número de industrias dedicadas a su elaboración. En México existen dos clases de helados, esta clasificación se ha hecho de acuerdo a la forma de producción, cantidad de producto elaborado y tipo de adquisición.

Los helados clasificados son:

- Artesanales
- Industrializados

Artesanales.- Se consideran aquellos helados que son elaborados tradicionalmente por artesanos de acuerdo a sus costumbres con técnicas que solo involucran utensilios manuales. Para este tipo de helados, los sabores varían frecuentemente de acuerdo a las frutas de temporada. El tipo de adquisición es directa, del artesano al consumidor.

Es difícil que exista un control sanitario de este tipo de helados ya que generalmente no se encuentran registrados por el carácter artesanal que tienen. 23, 24

Industrializados.- Dentro de esta clasificación se encuentran los helados elaborados por pequeños productores en locales que utilizan un determinado tipo de tecnología, su adquisición puede ser directa; del productor al consumidor o por intermediarios, los cuales se ven por las calles con pequeños carros acondicionados para su venta, esta forma de adquisición es indirecta, ya que se realiza de productor a intermediario y de intermediario a consumidor. 17

Como helados industrializados también son clasificados los elaborados a granel con un nivel técnico mayor en capacidad para su elaboración. Estos productos se reparten a expendios destinados para su venta o en los que solo existen pequeños mostradores para una marca específica de helados, la adquisición es indirecta y se da de productor y distribuidor o a expendios pertenecientes a la empresa y de estos a los consumidores (Tabla 2.1). 27

El control sanitario de los helados industrializados debe ser estricto y necesario, ya que deben ser registrados y cumplir con las normas sanitarias requeridas. 23, 24

Existe otra variedad de helados que entra en esta clasificación, son los helados en polvo, estos productos son elaborados similarmente a los industrializados con algunas diferencias en su presentación final. 27

TABLA 2.1
 PRINCIPALES MÀRCAS DE FABRICANTES
 DE HELADOS Y UBICACION DE LAS PLANTAS

Marca	Ubicación
Lyla	Monterrey
Bambino	Naucalpan Mex.
Yom Yom	D.F.
Holanda	"
Danessa	Jalisco
Manhattan	"
Rombi	D.F.
Noche Buena	Hidalgo
Bing	Jalisco

La información estadística obtenida de la producción nacional no es completa y confiable. Se consultaron todas las fuentes posibles en la ciudad de México (23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30). En algunos lugares solo existen datos que no representan la producción real del país, en otros el producto se encuentra clasificado dentro de la gama general de los productos elaborados con leche, y en otros no se encuentra registrado, por estas razones se presentan datos obtenidos de las referencias (1,2), que son estadísticas internacionales de producción de helados las cuales solo incluyen a los grandes productores dejando fuera a los medianos, pequeños productores y los producidos por artesanos (Tabla 2.2). 1,2

TABLA 2.2
PRODUCCION DE HELADOS

Año	Producción Millones de litros	Habitantes Millones	Consumo per capita (litros)
1975	40	58	0.7
1982	150	72	2.08

Los datos fueron aportados por la Asociación Internacional de Productores de Helados.

b) IMPORTACION Y EXPORTACION

Por las características que presentan los helados para su almacenamiento y transportación son productos de los cuales no existe importación ni exportación.

La producción de helados se realiza en el mismo país donde se consume y algunas veces esto se reduce a determinadas zonas geográficas dentro del mismo. Los helados se consideran como productos de consumo interno que se elaboran de acuerdo a las costumbres y métodos de cada país.²⁷

Los helados en polvo ofrecen una nueva expectativa de comercialización, ya que por sus características hace posible su venta a nivel nacional e internacional (exportación e importación).

c) ESTRUCTURA DE CONSUMO

El producto denominado "Helado" esta categorizado como un postre congelado, por lo que sus empleos principales son como una golosina de consumo momentáneo o complemento de una comida, estas son sus principales formas de consumo, también se usa como ingrediente para pasteles y otros postres. En todos los casos el helado cumple la función de postre. 6

No existe una clasificación determinada de consumidores ya que estos productos son aceptados por la población en general. 27, 31

La variación del consumo depende principalmente de las características de la zona geográfica del país y de la época del año. Por lo que para el establecimiento de una planta o de un expendio de helados los principales aspectos que se deben contemplar son:

- 1.- Características de la zona geográfica
- 2.- Infraestructura existente, la cual debe permitir el buen desarrollo de este tipo de industrias.27

d) ABASTECIMIENTO

Las principales formas de abastecimiento de materias primas estan determinadas según sea la clase de helado de que se trate, artesanal e industrializado. (Tabla 2.4)

Para helados artesanales la forma de abastecimiento de materias primas es nacional y por intermediarios, algunas veces cuando se trata de frutas de temporada la adquisición de estas es directa (Tablas 2.3 y 2.4).

El abastecimiento de materias primas para helados industrializados es nacional y por intermediarios, existiendo algunas veces materias primas de importación según sea la necesidad de cada productor (Tablas 2.3 y 2.4). 27

TABLA 2.3

PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO NACIONAL DE MATERIAS PRIMAS

Materia prima	Fuente de abastecimiento
Leche en polvo	Leche industrializada CONASUPO y Nacional
Azúcar	Azúcar S.A.
Cobertura	Compañía Nestle S.A.
Glucosa	Productos de Maíz S.A. y Aranal S.A.
Purés de frutas	Provedores varios
Grasa vegetal	" "
Estabilizantes	" "
Emulsificantes	" "
Colorantes	" "
Esencias	" "

TABLA 2.4
PRODUCTORES DE LECHE EN POLVO

Tijuana, Baja California	Industria de productores de leche S.A.
Gómez Palacio, Durango	MEKALI S.A.
Lagos de Moreno, Jalisco	Lácteos deshidratados MEX-SA
Tulancingo, Hidalgo	Sueros y Leches Industrializadas S.A.
Torreón, Coahuila	Pasteurizadora Legma S.A.

El precio de venta de helados en el país es de un costo accesible, aunque algunas veces esto depende de la osalidad del producto (Tabla 2.5). 27

TABLA 2.5
LISTA DE PRECIOS DE HELADOS

Marca	Presentación	Precio 1988	Precio 1989
Bambino	Bote 1 lt.	4500	5700
Rombi	"	4920	5950
Holandá	"	4300	5100
Noche Buena	"	3600	4300
Bambino	Senecillo	940	1200
Rombi	"	1100	1500
Holandá	"	1100	1500
Noche Buena	"	1070	1210
Bambino	Doble	1690	1750
Rombi	"	2000	2400
Holandá	"	2000	2400
Noche Buena	"	1460	1800
Royal	Polvo (caja 100gr)	680	780

CAPITULO III

ASPECTO FISICO QUIMICO
DE LOS HELADOS

Fisicoquímicamente los helados constituyen dispersiones (sistemas multifasiales). Los helados no se pueden considerar de manera aislada como soles, emulsiones o espumas, porque todos estos sistemas forman la dispersión. 14

Los soles los forman los sólidos coloidales como proteínas y estabilizantes que son la fase dispersa y el medio dispersante la solución sin congelar de líquido concentrado de sólidos lácteos y edulcorantes.

La emulsión la forman la fase grasa.

La espuma esta constituida por una fase continua que es el líquido viscoso o semisólido y la fase dispersa que es el gas (aire). 1,3,14

3.1 COLOIDES

Los coloides son sistemas de dos fases en los que una de las fases la constituyen partículas coloidales de $1\text{nm}^{(1)}$ hasta $0.5\ \mu\text{m}^{(2)}$ y la otra fase la forma el medio en el que se encuentran dispersas. Las partículas coloidales son mucho más grandes que las moléculas del medio, pero lo sufi-

cientemente pequeñas para presentar el movimiento Browniano.^(s)
no. 8

Las dispersiones más frecuentes se clasifican como (sólido, S; líquido, L; gaseoso, G) emulsiones (L/L), soles (S/L), y espumas (G/L) (Tabla 3.1).³

TABLA 3.1

DISPERSIONES BIFÁSICAS

Fase dispersa (A)	Fase continua (B)	A/B	Nombre de la dispersión	Ejemplo
Sólido (S)	Líquido (L)	S/L	Sol	Leche
Líquido (L)	Líquido (L)	L/L	Emulsión	Salsa
Gas (G)	Líquido (L)	G/L	Espuma	Merengue
Gas (G)	Sólido (S)	G/S	Espuma sólida	Dulces aerados
Sólido (S)	Gas (G)	S/G	Aerosol	Smog

La estabilidad de las dispersiones depende de las características interfaciales, distribución del tamaño de las partículas, viscosidad de la fase continua, relación fase-volumen y diferencia de densidades entre las fases. 8,14

TENSION SUPERFICIAL E INTERFASIAL

Existen fuerzas atractivas de van der Waals de corto alcance entre las moléculas y estas son responsables del estado líquido. Las moléculas que están situadas en el seno de un líquido se comportan de forma diferente a las que se encuentran situadas, por ejemplo, en una interfase líquido-aire.

Las moléculas del interior son atraídas por fuerzas iguales en todas direcciones hacia las otras moléculas del medio, la fuerza de atracción resultante es equilibrada.

Las moléculas de la interfase no están rodeadas por moléculas del mismo tipo, la fuerza de atracción resultante no es equilibrada por lo que se provoca un empuje hacia el interior. Tantas moléculas como sea posible abandonarían la superficie para pasar al interior del líquido, con lo cual la superficie tendería a contraerse espontáneamente y como resultado la superficie o área interfásica se reduce a un mínimo. Las fuerzas que causan la reducción de la superficie o área interfásica son denominadas respectivamente como tensión superficial y tensión interfásica. (Fig 3,1)

Esta tensión, γ , se expresa en dinas por centímetro a temperatura constante, presión y concentración. 3, 32

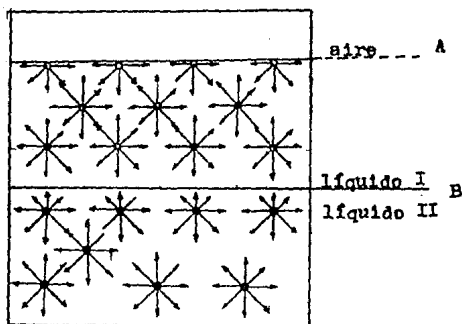


Fig. 3.1 Fuerza de atracción entre moléculas en la superficie, en el interior, y en el interior de las fases líquidas.

3.2 SOLES

Los soles son dispersiones sólido-líquido con sólidos o partículas semisólidas distribuidas en la fase líquida continua.

La distribución de las partículas sólidas en soles estables esta determinada por el tamaño, forma, solvatación, fuerza interfásial, concentración, densidad de las partículas y viscosidad de la fase continua.

El tamaño coloidal de las partículas, la fuerza interfásial e inercial son factores que influyen en las pro-

propiedades de los soles tales como, movimiento Browniano, difusión a través de membranas,⁽⁴⁾ dispersión de la luz y viscosidad.⁽⁵⁾ La presencia de carga eléctrica en grupos iónicos⁽⁶⁾ y grupos polares en la interfase contribuyen en la repulsión partícula-partícula.

Existen dos tipos de soles coloidales, son los hidrofílicos y hidrofóbicos, esta división es en base al grado de afinidad de las partículas dispersas por la fase continua.

3

Soles hidrofílicos.- Son aquellos en los que la fase dispersa tiene una alta afinidad por la fase continua, el término hidrofílico se usa si el medio dispersante es agua. Los soles hidrofílicos incluyen biopolímeros hidrofílicos tales como gomas marinas, sustancias pépticas y proteínas, y agregados complejos hidrofílicos como la leche. 7,8,11

Soles hidrofóbicos.- Son coloides en los cuales la fase dispersa tiene baja afinidad por el medio dispersante. La fase continua o dispersante frecuentemente es una solución acuosa tratándose de coloides hidrofóbicos. Estos coloides se precipitan con facilidad, están fuertemente hidratados y su mecanismo de estabilización lo determina su grado de interacción con el medio dispersante.

Los coloides liofílicos son más estables que los anteriores.

La superficie de los soles coloidales poseen carga eléctrica positiva o negativa según el pH del sistema. La carga eléctrica de los coloides genera fuerzas de repulsión entre ellas con lo cual el sistema se estabiliza y las partículas se distribuyen homogéneamente en toda la fase dispersante. 8,13

La carga eléctrica de los soles coloidales depende directamente de la naturaleza química de los grupos funcionales expuestos hacia el exterior en contacto directo con el medio dispersante. Los mecanismos de generación de dicha carga son:

- a) Ionización directa de los grupos químicos de la propia molécula del coloide, Ej.

Las proteínas que contienen grupos carboxilo y amino se pueden ionizar fácilmente, impartiendo la carga positiva o negativa, según el pH en el que se encuentren. Otras fuentes de carga de los soles coloidales puede deberse a la presencia de grupos ionizables de los fosfolípidos y de los carbohidratos.

- b) Adsorción de iones en la solución.- La carga determinada por los iones que provienen del medio dis-

persante que pueden adsorber la intensidad de la interacción entre el coloide y los iones, depende directamente de la temperatura del sistema, al igual que el pH y la fuerza iónica de la solución dispersante. 3

REOLOGIA DE SOLES

Los soles liofóbicos tienen viscosidades similares al agua a una determinada temperatura. La viscosidad de los soles liofílicos es mayor que la del agua y se incrementa al bajar la temperatura o en un incremento de concentración de la partícula. 3

FORMACION DE SOLES

La formación de los soles involucra (1) un proceso de agregación de moléculas que forman micro y macro partículas o (2) una dispersión o un proceso de peptización de una masa subdividida en partículas de tamaño y forma apropiada.

En el proceso de agregación la combinación de moléculas puede ser controlada al asegurar la distribución y el tamaño de la partícula, la fase continua tiene especificidad química y propiedades físicas que mantienen el tamaño y la distribución. 8,14

El proceso de dispersión en la formación de soles involucra la desintegración o subdivisión de la masa por (1) adición de agentes peptizantes, tales como sales, ácidos, bases o enzimas; (2) calentamiento; (3) remoción de agentes flocculantes o (4) ruptura mecánica. 3,8

3.3 EMULSIONES

Las emulsiones son sistemas compuestos por dos líquidos inmiscibles en los que la fase dispersa se encuentra en forma de pequeñas gotas (fase interna) en la fase continua o dispersante (fase externa).

La formación de pequeñas gotas dispersas es asociada con el incremento en el área interfásica que existe entre los dos líquidos, el incremento ocurre exponencialmente al disminuir el tamaño de la gota.

El trabajo W requerido para incrementar el área interfásica por una cantidad A sigue la siguiente relación:

$$W = \sigma \Delta A$$

Donde:

A = incremento del área en cm^2

σ = tensión interfásica en dinas/cm

W = trabajo en dinas cm (erg)

Debido a que el proceso de desestabilización de emulsiones es espontáneo, la energía libre es positiva en la interfase de los dos líquidos (si dos gotas se unen tras como consecuencia la reducción del área interfasial) por lo que las emulsiones son termodinámicamente inestables. 3,16

Las emulsiones tienden a desestabilizarse por alguno de los siguientes mecanismos:

Sedimentación.- Es el resultado de la acción de la fuerza gravitacional en fases de diferente densidad.

Esto obedece a la ley de Stokes

$$V = \frac{2r^2g\Delta\rho}{8\mu}$$

Donde:

V = velocidad del glóbulo

r = radio del glóbulo

g = fuerza gravitacional

$\Delta\rho$ = diferencia de densidades entre las dos fases

μ = viscosidad de la fase continua

La mayor desviación de esta ecuación ocurre cuando los glóbulos se agrupan, entonces r es igual al radio del grupo (Fig. 3.2). 3

Floculación o agrupamiento.- En este caso los glóbulos de grasa se mueven tanto en grupos como individualmente.

Los glóbulos de grasa láctea son deshomogeneizados y dispersados como flóculos.

La floculación no involucra la ruptura de la película interfásial que envuelve a cada glóbulo.

Una inadecuada carga electrostática en la superficie de los glóbulos es causa de la floculación (Fig. 3.2).¹⁶

Coalescencia.- Esta causa es la más seria. Este mecanismo de desestabilización involucra la ruptura de la película interfásial, la unión de los glóbulos y la reducción del área interfásial. Existe una interfase plana entre la fase homogénea del lípido y la fase acuosa, al ponerse en contacto los glóbulos, se da la coalescencia (Fig. 3.2). 3,16

REOLOGIA DE EMULSIONES

Las emulsiones muy diluidas son ⁽¹⁾fluidos Newtonianos con una relación directa entre la fuerza de corte (τ) y la razón de corte ($\dot{\gamma}$). Para emulsiones más concentradas las gotas interaccionan con otras formas de agregación y para estos sistemas el comportamiento es No Newtoniano.⁽²⁾
Estas emulsiones pueden exhibir pseudoplasticidad.⁽³⁾ 3

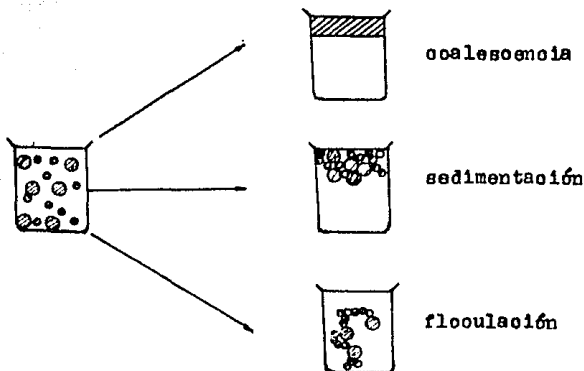


Fig.3.2 Representación de tipos de inestabilidad en emulsiones.¹¹

FORMACION DE EMULSIONES

En la formación de emulsiones la distribución del volumen líquido al producir pequeñas gotas es el primer proceso y el segundo proceso es la estabilización de las gotas.

El método más común para preparar una emulsión es por el mecanismo de dispersión de una fase líquida en otra en forma de pequeñas gotas.^{3,14}

Una emulsión estable se produce al minimizar el área interfasial. Los mecanismos de desestabilización se pueden contrarrestar agregando sustancias conocidas como emul-

sificantes, Estas sustancias de acción superficial se adsorben en la interfase lo cual hace bajar la tensión interfasial y confiere resistencia física a la coalescencia; algunas veces se incrementa la carga en la superficie. 3

SISTEMA HLB

Existe una gran variedad de emulsificantes, el aprovechamiento sistemático en la selección del emulsificante es necesario para asegurar que el tipo de emulsión pueda formarse rápidamente y de una forma económica.

Las letras HLB representan "Balance Hidrofílico-Lipofílico", y es la razón de porcentaje en peso de los grupos hidrofílicos-lipofílicos en la molécula del emulsificante. Los emulsificantes con valores de HLB abajo de nueve son lipofílicos, los que tienen valores de entre diez a veinte son hidrofílicos y los que tienen valores entre ocho y once son intermedios. (Tabla 3.3).

Los valores de HLB pueden ser determinados experimentalmente. Se han desarrollado ecuaciones para evaluar los valores de HLB para algunos emulsificantes no iónicos, para ésteres de ácidos grasos de alcoholes polihédricos. Los valores pueden estimarse por la ecuación:

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{S}{A} \right)$$

Donde:

S = No. de saponificación del ester

A = No. de grupos ácidos

Los sistemas de emulsiones consisten en un líquido o lípido plástico (tales como aceites, grasas, ceras o aceites esenciales) y agua. Las emulsiones de aceite en agua (O/W) consisten de gotas de lípido dispersas en agua y las emulsiones de agua en aceite (W/O) consisten de gotas de agua dispersas en una fase continua de aceite.

Los emulsificantes con valores de HLB de tres a seis promueven emulsiones W/O y para emulsiones O/W los emulsificantes tienen valores de ocho a dieciocho.

La solubilidad de los emulsificantes en agua está relacionada con el valor de HLB. Los emulsificantes con valores de HLB mayores de trece forman soluciones transparentes con el agua (Tabla 3.2) 3,14,16

TABLA 3.2

DISPERSIBILIDAD DE LOS EMULSIFICANTES EN AGUA
DE ACUERDO AL VALOR DE HLB

Dispersibilidad	Intervalo de HLB
No hay dispersión	1 - 4
Poca dispersión	3 - 6
Dispersión lechosa por agitación	6 - 8
Dispersión lechosa estable	8 - 10
Dispersión limpia translúcida	10 - 13
Solución limpia	13 -

TABLA 3.3

VALORES DE HLB PARA EMULSIFICANTES

Emulsificante	Valor de HLB
Oleato de potasio	20.0
Oleato de sodio	18.0
Monoleato polioxietilénico de sorbitán	15.0
Monosteato polioxietilénico de sorbitán	14.0
Goma acacia	11.9
Goma tragacanto	11.9
Metilcelulosa	10.5
Triesteato polioxietilénico de sorbitán	10.5
Gelatina	9.8
Monosteato de sorbitán	4.7
Mono-y diglicéridos(61-69% de total de mono)	4.5
Monosteato de glicerol	3.4
Monosteato de propilén glicol	3.4
Mono-y diglicéridos(48-52 % de total de mono)	2.8
Acido oleico	1

ESTABILIDAD DE EMULSIONES

Agentes estabilizantes

Los agentes estabilizantes para emulsiones pueden ser clasificados como (1) emulsificantes orientados en la interfase aceite-agua, (2) partículas finamente divididas adsorbidas en la interfase, y (3) hidrocoloides los cuales incrementan la viscosidad de la fase continua.3

a). Emulsificantes utilizados en alimentos

Los emulsificantes utilizados en alimentos son agentes de superficie-activa los cuales consisten de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos. Son clasificados como iónicos (catiónicos, aniónicos y anfotéricos) y neutros o no iónicos. La mayor desventaja de los emulsificantes iónicos en los alimentos emulsionados es que pueden reaccionar con varios iones hasta formas complejas las cuales pueden tener un poder reductor emulsificante y baja solubilidad en las dos fases líquidas.

Los emulsificantes no iónicos son generalmente solubles en una de las fases y no reaccionan con los iones antes mencionados. Por lo que los emulsificantes no iónicos son los utilizados en alimentos.3

b) Sólidos finamente divididos

Muchos sólidos divididos los cuales exhiben actividad

superficial, pueden funcionar como agentes estabilizantes para emulsiones.

La distribución de las partículas sólidas en una emulsión depende de la tensión interfasial en el sistema: tengamos la tensión entre el sólido y el agua, δ^{SW} ; tensión entre el agua y el aceite, δ^{WO} ; y la tensión entre el sólido y el aceite, δ^{SO} . 3,14

Pueden existir tres situaciones que son las siguientes:

- 1.- Si $\delta^{SO} > \delta^{WO} + \delta^{SW}$, entonces el sólido está presente en la fase acuosa (Fig.3.3)
- 2.- Si $\delta^{SW} > \delta^{WO} + \delta^{SO}$, entonces el sólido está presente en la fase aceite (Fig.3.3)
- 3.- Si $\delta^{WO} > \delta^{SW} + \delta^{SO}$, o si ninguna de las tres tensiones es mayor que la suma de los otros dos las partículas sólidas se concentran en la periferia (Fig. 3.3)

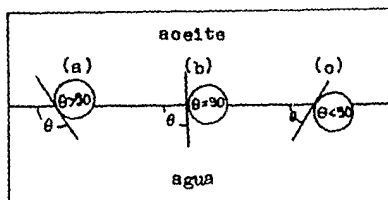


Fig. 3.3 Posible posición de la partícula sólida en la interfase, (a) la partícula se moja más por el aceite entonces la emulsión formada es W/O, (c) la partícula se moja más por el agua entonces la emulsión formada es O/W y a igual mojado de la partícula por aceite y agua puede formarse emulsiones O/W ó W/O.

o) Hidrocoloideos

Hidrocoloideos, tales como gomas de plantas y gelatinas, actúan como estabilizantes de emulsiones O/W al incrementar la viscosidad de la fase acuosa continua (emulsificantes auxiliares) algunas veces forman películas interfasiales alrededor de las gotas de aceite. Las gomas de plantas son usadas en emulsiones alimenticias y son polisacáridos altamente hidrofílicos con propiedades aniónicas o no iónicas.

La estabilidad de las gomas en emulsiones depende del pH, presencia de electrólitos y temperatura. Algunas gomas aniónicas pueden interactuar como proteínas y formar complejos insolubles. 3,10,11

3.4

ESPUMAS

Una espuma es una dispersión de burbujas de gas en una fase líquida (o semisólido) también llamadas películas o laminillas, que son elásticas en espumas estables. El diámetro de las burbujas tiene un intervalo de 1μ m a varios centímetros,

Dependiendo del grosor y tamaño de la pared de las burbujas una espuma puede ser tan densa como la fase líquida continua o tan ligera como la fase gaseosa dispersa. 15

Las espumas en alimentos: (1) Contienen grandes cantidades de gas atrapado por lo que son de baja densidad, (2) tienen una extensa área superficial entre el gas y la fase líquida continua, (3) poseen una alta concentración de soluto en la superficie como en el volumen líquido, (4) contienen paredes las cuales son rígidas, semirígidas o elásticas y (5) refractan la luz, es decir, presentan a pariencia opaca. Una o más de estas propiedades se requieren para dar las cualidades de textura y apariencia que se desean o pueden ser esenciales en el proceso. 3

FORMACION DE ESPUMAS

La formación de espumas depende de la presencia de un agente espumante previo a la dispersión del gas. El agente espumante puede ser adsorbido en la superficie hasta reducir la tensión superficial y provocar una capa con una superficie distinta, la cual resiste la coalescencia de las burbujas de gas.

Agentes espumantes

- Lípidos con superficie activa
- Glucosidos
- Derivados de celulosa
- Proteínas

La selección del agente espumante esta determinada

por las propiedades que se deseen de la espuma como textura, densidad y estabilidad. 3,15

Un método de formación consiste en inyectar un gas dentro de una solución espumante a través de orificios, la baja densidad de las espumas hace que las burbujas se deformen en forma poliédrica y su presión interna es considerable.

La presión pequeña y positiva en el interior de la pared de la burbuja provoca turgidez (hinchazón) la cual disminuye al disminuir la tensión superficial.

La cantidad de gas que se introduce en el líquido puede ser convertido totalmente en espuma (Fig. 3.4). 3

Las espumas también pueden ser producidas por batido o por agitación de la solución en presencia de un volumen de gas. El batido es la forma más utilizada de introducción de gas en productos alimenticios aerados. Comparado con otros métodos de formación de espumas, el batido da un corte mecánico más severo y produce una dispersión más uniforme.

El tercer procedimiento de formación de espumas es; hacer subir la presión repentinamente en una solución previamente presurizada. 3,14

Las espumas tienen una área interfasial grande y son inestables, Existen tres mecanismos de desestabilización que son:

a) Drenado del líquido de las laminillas debido a: la gravedad, diferencias de presión o evaporación. La presión interna P de las burbujas esta determinada por la ecuación de presión de Laplace, como se muestra:

$$P = P_{\text{atm.}} + \frac{2\delta}{R}$$

Donde:

$P_{\text{atm.}}$ = presión atmosférica

δ = tensión interfasial (N/m)

R = el radio de curvatura de la burbuja (m)

Las espumas tienen una densidad baja, por lo que las burbujas formadas tienen una presión reducida, entonces, el líquido tiende a drenar a través de las laminillas. La baja tensión interfasial y un diámetro grande de las burbujas hacen bajar la presión interna y el drenado. 3

b) Difusión del gas de las burbujas pequeñas a las grandes. Resultado de la desproporcional solubilidad del gas en la fase acuosa. 3

c) Ruptura de la laminilla del líquido que separa las burbujas del gas. Cada ruptura da como resultado el incremento del tamaño de la burbuja dando lugar a la coalescen

cia, llegando finalmente al colapso de la espuma, Existe una interdependencia entre el drenado y la ruptura de la laminilla, la ruptura incrementa el drenado y el drenado reduce el grosor y la longitud de la laminilla. 3

ESTABILIDAD DE ESPUMAS

Las características más importantes que da la estabilidad de una espuma son: tensión interfasial baja, alta viscosidad de la fase líquida y fuertes películas elásticas.

La estabilidad de una espuma puede mantenerse por incremento de viscosidad de la solución, por incremento de elasticidad en la pared de la burbuja o por adición de un material en particular.

La elasticidad esta relacionada con la tensión superficial la cual determina la formación de las paredes de la espuma. El grado de elasticidad se determina a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación de Gibbs

$$E = 2A \frac{d\delta}{dA}$$

Donde:

E = elasticidad

A = área superficial

δ = tensión superficial

Para que una espuma sea estable, la tensión superficial puede cambiar al oponerse alguna fuerza que deforma la laminilla. Si la superficie de la laminilla contiene adsorbidas moléculas de agente espumante, cualquier extensión en la superficie trae como consecuencia el decremento de la concentración de las moléculas de la superficie, entonces la tensión superficial se incrementa, la fuerza externa se concentra inhibiéndose toda extensión futura.

La razón del drenado en espumas puede reducirse por incremento de la viscosidad del líquido en las laminillas y en la capa superficial del líquido.

La viscosidad de la espuma se incrementa al adicionar estabilizantes a la solución que contiene el agente espumante.

La cantidad de materia que se concentra en la superficie depende del HLB de las partículas, tamaño de partículas y concentración del agente espumante. 3,14

Existen varias formas para expresar la capacidad espumante (Fig. 3.4). 1,3

a) "estado continuo" volumen de la espuma

$$100 \times \frac{\text{volumen de la espuma}}{\text{volumen inicial fase líquida}}$$

b) "overrun" o aereación

$$100 \times \frac{\text{total del volumen de la dispersión} - \text{volumen original del fluido}}{\text{volumen original del fluido}}$$

c) "poder espumante"

$$100 \times \frac{\text{volumen del gas en la espuma}}{\text{volumen del líquido en la espuma}}$$

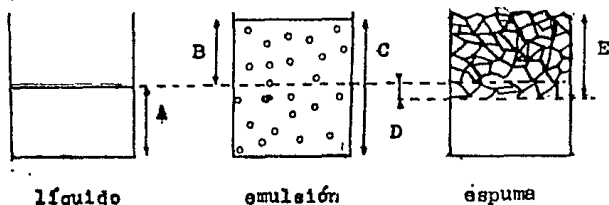


Fig. 3.4 Representación de la formación de una espuma. A volumen del líquido; B, volumen del gas incorporado; C, volumen total de la dispersión; D, volumen del líquido en la espuma ($C - B$); E, volumen de la espuma ($100 \times E/A$). Overrun (aereación) ($100 \times B/A = 100(C - A)/A$). Poder espumante ($100 \times B/A$). volumen de la espuma ($100 \times B/E$). 3

C A P I T U L O I V

A S P E C T O N U T R I C I O N A L Y A L I M E N T I C I O

4.1

ASPECTO NUTRICIONAL

El helado posee propiedades que lo hacen importante para el complemento de una buena dieta ya que es nutritivo, sabroso, debe ser de buena calidad y tener una presentación agradable.

100 gramos de helado aportan aproximadamente 200 calorías, 20 % de grasa, 10 % de proteínas y un contenido de aire aproximado de 50 % (overrun).

El valor nutricional de estos productos depende de la calidad de los ingredientes con que se elaboren y puede aumentar por la adición de otros ingredientes tales como: frutas frescas, frutas secas, frutas en almíbar, proteínas lácteas, etc.

Los nutrientes que aporta un helado son: carbohidratos, proteínas, vitaminas y sales minerales. 13,17

CALORIAS

Por la gran variedad de helados existentes (diferente formulación) no se conocen datos generales y exactos.

tes sobre la cantidad nutricional que aporta cada producto.

17

La cantidad de energía aportada se mide en calorías y es la cantidad de calor necesario para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua 1°C, de 14.5 a 15.5°C.

Los carbohidratos aportan 4 cal/gr; las proteínas 4 cal/gr y los lípidos 9 cal/gr aproximadamente. 1,33

El contenido total de calorías en un helado depende de:

- 1.- Carbohidratos (lactosa, edulcorantes, azúcares presentes en las frutas y agentes saborizantes).
- 2.- Proteínas (leche, huevo y estabilizantes).
- 3.- Grasa (emulsificantes, huevo, saborizantes y grasas de frutas secas). 17,31

CARBOHIDRATOS

Entre los carbohidratos que proporciona un helado se encuentran: el almidón, la dextrina, la celulosa y las gomas.

Los edulcorantes son la fuente principal de carbohidratos, existe una amplia variedad de estos, los cuales se utilizan en la elaboración de helados.

La estructura química de los carbohidratos determina su funcionalidad y propiedades que aportan al helado. 13,17

GRASA

La grasa en los helados es proporcionada por la grasa láctea, la cual esta constituida por triglicéridos y ácidos grasos.

Lo importante en los triglicéridos es que su composición de ácidos grasos y la concentración dependen de la calidad de los ingredientes empleados.

La grasa láctea es una fuente de energía, ácidos grasos esenciales, vitaminas liposolubles y de la cantidad de colesterol presente. 19

PROTEINAS

Los helados contienen proteínas de gran valor biológico para el hombre. Son compuestos que proporcionan aminoácidos esenciales, la calidad de estos nutrientes dependen de del contenido de aminoácidos.

Las proteínas lácteas tienen una gran cantidad de aminoácidos. 31

VITAMINAS

Las vitaminas contenidas en los helados son proporcionadas por los ingredientes lácteos, el huevo y las frutas.

Las vitaminas se dividen en dos grupos ; las liposolubles y las hídrosolubles.

Vitaminas liposolubles.- constituyen compuestos orgánicos con grupos hidrófobos en su estructura química, son solubles en disolventes no polares y grasas.

Entre estas vitaminas se encuentran la A, D, E y K.

Vitaminas hidrosolubles.- Este tipo de vitaminas funcionan como coenzimas de varios sistemas enzimáticos en los procesos metabólicos de la célula.

Son ejemplos de vitaminas hidrosolubles la B₁ (tiamina); B₂; B₆ (riboflavina) y B₁₂ . 1,13

MINERALES

Los minerales se pueden considerar como nutrientes indispensables, ya que el organismo humano no los sintetiza,

Los minerales necesarios para el hombre son: calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, hierro, yodo, manganeso, etc.

Muchos minerales actúan como cofactores de complejos enzimáticos, otros sirven para controlar la presión osmótica de fluidos celulares y el pH o para formar parte constitutiva de algunas macromoléculas.

Los ingredientes lácteos proporcionan minerales y son considerados como la mejor fuente de calcio (Tabla 4.1).

TABLA 4.1
VALOR NUTRICIONAL DEL HELADO.

Nutriente	Base 100gr	Cantidad
Calorías		212
Grasa	(gr)	12
Proteínas	(gr)	4.1
Carbohidratos	(gr)	22
Calcio	(mg)	150
Fósforo	(mg)	119
Hierro	(mg)	0.1
Vit. A	(U.I.) ⁽⁶⁰⁾	492
Vit. B ₁	(mg)	0.05
Vit. B ₂	(mg)	0.1
Niaciná	(mg)	0.22

4.2 ASPECTO ALIMENTICIO

El valor alimenticio se denomina como el principal objetivo para el cual se crean los alimentos. Para éste caso se trata de un "Postre congelado" que es un producto que puede o no reunir todos los aspectos nutricionales antes mencionados, ofreciendo las mismas cualidades de calidad que ofrece cualquier otro alimento de la misma gama.

Los helados se han convertido en un alimento de consumo normal diario o cuando se apetece. 31

CAPITULO V

MATERIALES Y METODOS

5.1 OBJETIVO

Definir una formulación para "Helados en polvo" a partir de ingredientes con bajo contenido de grasa.

Para lograr el objetivo propuesto es necesario conocer varios aspectos importantes de las materias primas, así como del proceso de elaboración para helados convencionales, son los siguientes:

- 1.- Las propiedades y funciones que desempeñan cada una de las materias primas en las formulaciones.
- 2.- La cantidad que se permite emplear para cada una de las materias primas, debido a que existe un intervalo establecido para cada una.
- 3.- El proceso de elaboración para helados convencionales.

5.2 DESCRIPCION DE LAS MATERIAS PRIMAS

- Sólidos lácteos
 - Sólidos grasos
 - Sólidos no grasos
- Edulcorantes

- Estabilizantes
- Emulsificantes
- Colores y sabores
- Ingredientes opcionales
- Agua y aire

SOLIDOS LACTEOS

Sólidos grasos

Los sólidos grasos están constituidos principalmente por la grasa láctea; imparten a las mezclas características de sabor, por ser ingredientes pesados tienden a retardar la velocidad de batido y aumentan el contenido calórico de los productos.

La cantidad que se adiciona a las mezclas es de

10 - 14 % del total. 7

Las fuentes de sólidos grasos son:

- Crema dulce
- Crema congelada
- Crema concentrada
- Mantequilla
- Grasa láctea anhidra
- Sustituto de grasa (aceite de coco, de girasol y de semilla de algodón)

Sólidos no grasos

Los sólidos no grasos están constituidos por; 37 % de proteínas, 55 % de lactosa y 8 % de minerales.

Las proteínas aportan valor nutricional al helado, le imparten cuerpo y textura.

Los azúcares (lactosa) favorecen el sabor dulce producido por otros azúcares que se adicionan a las formulaciones y dan mejores propiedades de almacenamiento.

Los minerales proporcionan valor nutricional al helado y realzan el sabor del producto final.

Una cantidad alta de estos ingredientes puede causar un cuerpo arenoso, textura áspera, punto de fusión lento, punto de congelación bajo e incremento de la viscosidad en las mezclas.

La cantidad que se adiciona es de 10 - 12 % del total de las mezclas. 1,17

Las fuentes de sólidos no grasos son:

- Leche fresca descremada
- Leche en polvo descremada
- Leche condensada
- Productos anhidros aislados (suero, proteína, etc.)

EDULCORANTES

La constitución de los edulcorantes varía según sea el tipo. Estos ingredientes imparten cuerpo, textura, manejabilidad del producto, aumentan la viscosidad de las mezclas, bajan el punto de congelación y como función principal causan el dulzor del producto el cual esta en función de la aceptabilidad del producto.

La cantidad que se emplea en las mezclas es de 12 - 20 %. 1,17

Las fuentes de material edulcorante son:

- Sacarosa (azúcar de caña o remolacha)
- Azúcar morena (100 % sacarosa)
- Jarabe de maíz o sólidos de jarabe de maíz
- Glucosa o azúcar de maíz refinado
- Fructuosa
- Azúcar invertido
- Sacarina (derivados del alquitrán de hulla)
- Aspartamo
- Acesulfamo

ESTABILIZANTES

Existen dos tipos de estabilizantes, son: (1) Gelatinas, las cuales provienen de fuentes animales y (2) Estabilizantes vegetales, tales como, alginatos, carragenina;

CMC (carbiximetilcelulosa) y gomas. Todos los estabilizantes tienen una alta capacidad de retención del agua, previenen de la formación de cristales grandes en el helado dan cuerpo y textura al producto final, incrementan la viscosidad de las mezclas e imparten resistencia a los choques térmicos.

La cantidad que se adiciona a las mezclas no debe exceder del 1%. 1,7

EMULSIFICANTES

Los emulsificantes son elaborados principalmente a base de mono oleatos y mono estearatos de sorbitol. Estos ingredientes proveen; uniformidad de batido, calidad a las mezclas, cuerpo y textura. Si se utilizan cantidades excesivas se pueden dar productos con punto de fusión lento y cuerpo y textura defectuosos.

Se utiliza 0.5 - 2% del total de las mezclas. 1,10

COLORES Y SABORES

Los sabores y los colores en los helados, pueden ser producidos por productos naturales o por sustancias sintéticas.

Entre los productos naturales se encuentran: frutas

frescas, frutas secas, frutas en almíbar, cocoa, etc.

En cuanto a las sustancias sintéticas existen gran variedad de productos como son esencias de sabores de frutas, licor, alcohol, whisky, licor de frutas, etc.

Los productos naturales y los productos sintéticos se pueden combinar de acuerdo a las necesidades del productor.

La cantidad que se adiciona a las mezclas depende del tipo de ingredientes que se utilice, ya sea natural o artificial. 1

INGREDIENTES OPCIONALES

Existe gran variedad de ingredientes opcionales que se pueden o no agregar a las mezclas, estos ingredientes mejoran las características finales de los productos, dan facilidad de manejo a las mezclas según sea el proceso de elaboración y provienen de mejores características de aereación. Entre estos ingredientes se encuentran:

- Derivados del caseinato
- Maltodextrinas
- Proteínas lácteas adicionales
- Almidones

AGUA Y AIRE

La importancia del agua y el aire como constituyentes del helados, radica, en que forman una parte importante en el complejo sistema fisicoquímico que lo constituye. Se describe como el contenido de un gas (aire) disperso en un líquido (agua), sólido o mezola sólida, fase continua que representa la parte congelada de la emulsión.

El agua que se utiliza debe proceder de la utilización de productos lácteos líquidos o agua con un determinado grado de pureza.

En la elaboración de helados el incremento de volumen de la mezola se realiza por la incorporación de aire (overrun). 1

5.3 PROCESO DE ELABORACION DE HELADOS

En la elaboración de helados es muy importante la forma como se procesan las mezclas, ya que de esto dependen en gran parte las características del producto final.

Los pasos básicos de la elaboración de helados son: Composición de las mezclas o mezclado, pasteurización, homogeneización, enfriado, reposo o maduración, congelación y batido y endurecimiento. 1,7

a) COMPOSICION DE LAS MEZCLAS O MEZCLADO

Este primer paso del proceso incluye la preparación de cada uno de los ingredientes desde su almacenamiento.

El mezclado de los ingredientes tiene como finalidad estandarizar las mezclas de forma que todas las materias primas se solubilicen para formar la emulsión. 1

Para formar la emulsión hay que hacer trabajo sobre el sistema a fin de superar la resistencia a la creación de una nueva superficie (tensión interfásica). Teóricamente este trabajo de emulsificación es equivalente al producto entre la nueva superficie creada y la tensión interfásica. Además se debe suministrar energía para mantener la mezcla en movimiento y superar la resistencia por fricción. El trabajo sobre la mezcla se hace sometiendo

a una agitación violenta. La clase de agitación mas adecuada para la emulsificación es aquella que coazalla las grandes gotas de la fase interna (fase externa; fase en que el agente emulsionante es más soluble). Por esta acción las gotas se deforman y rompen en otras más pequeñas y más finamente dispersas. Si las condiciones son adecuadas, la película protectora de agente emulsionante se absorbe en la interfase y se forma la emulsión estable. El tiempo necesario para que se forme la emulsión varía de acuerdo a la formulación del helado y a la técnica empleada, la cual se ha de determinar experimentalmente. 18

Adición de los ingredientes

En cuanto al orden de adición de los ingredientes, lo mejor es preparar las dos fases por separado. Casi siempre se añade el agente emulsionante a la fase externa, aun que existen excepciones. Algunas gomas y coloides hidrófilos se deben dispersar en la fase grasa para minimizar el hinchamiento y la formación de grumos. Cuando se lleva a cabo la premezcla de las fases se añade la fase interna gradualmente a la fase externa, mientras ésta está siendo agitada. 19,20

Equipo de mezclado

El equipo que se utiliza para este tipo de mezclas son las mezcladoras de bandeja, ya que son las más apropiadas para producir emulsiones.

Otro tipo de mezcladoras son las que están equipadas con agitadores de tipo turbina o de hélice, son efectivas como premezcladoras de emulsiones y emulsionantes. 19,18

Mezcladoras de bandeja

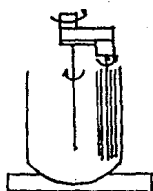
Estacionaria.- Los agitadores de este tipo de mezcladoras se mueven a lo largo de una trayectoria circular, por lo que la mezcla llega a todas partes del recipiente. Los agitadores se utilizan solos y en parejas (Fig. 5.1). 19

Giratoria.- En este tipo de recipientes el tanque se monta en una mesa giratoria. Los agitadores también giran pero sólo en una posición siempre cerca de la pared del tanque (Fig. 5.1) 19

Mezcladoras con agitadores de tipo turbina

Este tipo de agitadores están compuestos de un componente impulsor con más de cuatro hojas montadas sobre el mismo elemento y fijas a un eje rotatorio. El eje suele estar montado en el centro del tanque. El agitador de turbinas produce fuertes corrientes radiales y rotatorias. Se utilizan contrapalas para evitar remolinos. Así mismo se

produce flujo vertical por desviación de las corrientes radiales al chocar con las paredes (Fig. 5.2). En estos agitadores, cerca del elemento impulsor se producen turbulencias y cizallamientos elevados, esto es útil para la preparación de emulsiones.

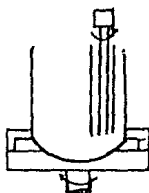


(corte lateral)



(corte horizontal)

a) Mezcladora de
bandeja estacionaria



(corte lateral)



(corte horizontal)

b) Mezcladora de
bandeja giratoria

Fig. 5.1

Mezcladoras de bandeja



Con vórtice



Sin vórtice



Sin contrapalas



Con contrapalas

Fig. 5.2 Formas de flujo en depósitos con y sin contrapalas, con agitadores de turbina.

Mezcladoras con agitadores de tipo hélice

Los agitadores están hechos con elementos impulsores de hojas cortas. Las corrientes que producen son longitudinales y rotatorias y muy resistentes. Por la naturaleza longitudinal de las corrientes de flujo, las hélices se suelen montar decentradas con respecto al eje formando cierto ángulo respecto a la vertical (Fig. 5.3). Los agitadores de hélice se utilizan frecuentemente para preparar emulsiones. 19



(corte lateral)



(corte lateral)



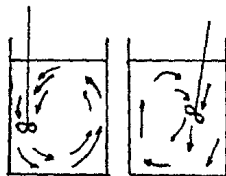
(corte horizontal)

Hélice montada en el centro del depósito sin contrapalás

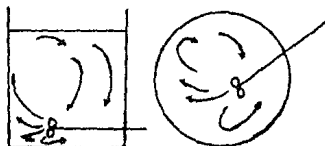


(corte horizontal)

Hélice montada en el centro del depósito con contrapalás



Hélice montada fuera del centro



(corte lateral) (corte horizontal)
Hélice situada en el costado

Fig. 5.3 Formas de flujo en sistemas agitados por hélice.

b) PASTEURIZACION

El proceso de pasteurización consiste en el calentamiento de una mezcla a una temperatura apropiada y un tiempo determinado (Tabla 5.1).

TABLA 5.1
METODOS DE PASTEURIZACION

- Método Batch (lotes)	155°F por 30 min.
- HTST (alta temperatura-corto tiempo)	175°F por 25 seg.
- UHT (temperaturas ultra altas)	210 - 265°F un instante - 40 seg.

Las características que da la pasteurización son: Se obtiene una mezcla libre de microorganismos patógenos para el hombre (1), Se disuelven completamente todos los ingredientes (2), Reafirmar las características de sabor (3), Dar buenas cualidades de almacenamiento (4) y producir un producto uniforme (5).

De acuerdo al tipo de pasteurización que se realice, el tiempo de pasteurización requerido varía de acuerdo a la localidad, por lo que la temperatura de pasteurización debe ser controlada cuidadosamente (específicamente para la pasteurización Batch). 1,7

Métodos de pasteurización

En la pasteurización se utilizan tanto los métodos discontinuos (Batch) como los continuos.

Pasteurización discontinua.- Esta pasteurización se lleva a cabo con porciones individuales en recipientes de acero inoxidable, agitados, provistos de "camisas", pudiendo utilizarse esta última, tanto para calentar como para enfriar. Es aconsejable enfriar las mezclas rápidamente, a fin de limitar el crecimiento bacteriano. 1,5

Pasteurización continua.- En este tipo de pasteurización las mezclas se pasan a través de cambiadores de calor de placas que constan de cuatro etapas: Precalefacción (regeneración), calefacción, retención y enfriamiento.

Los factores que diferencian los sistemas continuos de los discontinuos son: Incorporación del calentamiento regenerativo y del enfriamiento (1), Facilidad para mantener una operación continua sin pérdida de eficiencia (2), Mayor adaptación para una circulación limpia (3), Se mantiene la presión en el equipo lo cual afecta la eficiencia de bombeo (4) y efectividad de control, esto afecta las propiedades del producto final (5). 1,20

o) HOMOGENEIZACION

La finalidad de la homogeneización es producir una mezcla homogénea. Al calentar la mezcla se bombea del pasteurizador a través del homogeneizador. Este proceso reduce el tamaño de los glóbulos de la mezcla, la homogeneización se puede llevar a cabo a temperaturas tan altas como 82°C.

Las ventajas de una homogeneización son: Mezclado total de todos los ingredientes (1); Disminución y dispersión de los glóbulos de grasa, lo cual previene la mantecosis durante el congelamiento (2), Se amplía la utilización de diferentes tipos de ingredientes (3), Reduce el enmohecimiento del producto y ayuda a la eareación (4) y genera un producto con más cuerpo y uniformidad (5). 1,5

Equipo de homogeneización

El tipo de equipo utilizado es una homogeneizadora de presión la cual esta compuesta esencialmente por una válvula de homogeneización y una bomba de alta presión. La válvula proporciona la abertura ajustable del orden de varias milésimas de centímetro a través de la cual se bombea la emulsión a presiones altas. Al entrar a la ranura la mezcla experimenta una gran aceleración con lo que las

gotas de la fase interna se cizallan unas con otras deformándose y rompiéndose.

En muchas válvulas a medida que el líquido sale de la ranura choca contra una superficie dura perpendicular a la dirección del flujo, lo que produce una mayor ruptura de las gotas inestables de la fase interna. También contribuye a la reducción del tamaño de la gota la disminución súbita de la presión producida, al salir la mezcla por la ranura (Fig. 5.4).

Este tipo de válvula tiene el siguiente funcionamiento; los líquidos fluyen entre la válvula y su asiento, haciendo que este se eleve en contra de un resorte fuerte. La presión de homogeneización se modifica por ajuste de la tensión sobre el resorte. Al salir de la ranura anular los líquidos chocan contra un anillo desintegrador. En algunos casos la válvula gira hacia atrás y hacia adelante en su asiento. 19

Existe una gran tendencia de los glóbulos de la mezcla a formar grupos (grumos) por lo que al pasar la mezcla a través de la válvula puede causar una mezcla muy viscosa, por esta razón algunos homogeneizadores son equipados con una segunda válvula. 1

La mezcla pasa a través de la primera válvula a una presión alta, posteriormente pasa por otra a una presión más baja, pasando la mezcla del homogeneizador al enfriador.

Para la alimentación de las válvulas se precisan bombas de desplazamiento positivo. Para obtener resultados eficientes es conveniente que la velocidad de alimentación este en estado estacionario.

La alimentación o carga se introduce en el homogeneizador en forma de emulsión premezclada.

La mezcla de helado exhibe buen cuerpo y textura al ser homogeneizada. 1,19

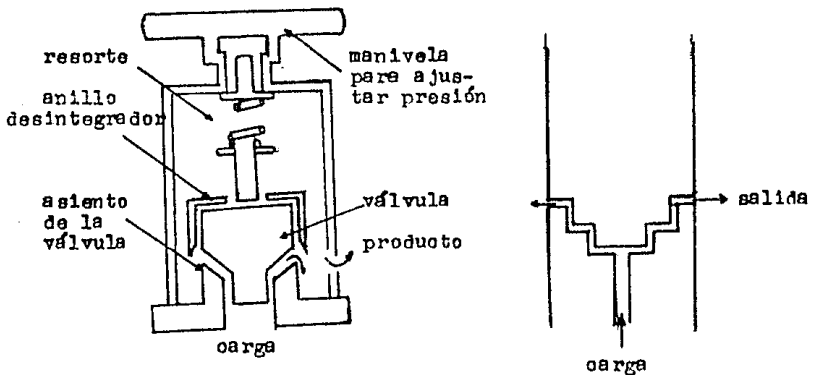


Fig. 5.4 Principio de funcionamiento de un homogeneizador.

Temperatura de homogeneización

Generalmente las mezclas se homogeneizan a una temperatura de 60 a 77 °C, a temperaturas mas bajas se incrementa la formación de glóbulos de grasa (grumos), incrementandose la viscosidad y el tiempo de congelación. En el caso en el que se use una temperatura alta de pasteurización con un sistema Batch, la mezcla se puede enfriar para su homogeneización. 1

Presión de homogeneización

La presión de homogeneización depende de varios factores: viscosidad deseada, composición de la mezcla, temperatura de homogeneización y diseño del homogeneizador. Por lo cual existe un intervalo de presiones para determinar la presión requerida, (2000 - 2500 lb/in²) pudiendose utilizar presiones mayores (2500 - 3000 lb/in²) para la primera válvula y presiones menores (500 lb/in²) para el caso de la segunda válvula.

Las presiones pueden variar según sea la composición de la mezcla (Tabla 5.2)

Efectos físicos de la homogeneización

Los glóbulos de grasa se reducen a una décima parte de su tamaño normal incrementando la superficie total de los glóbulos cien veces. Por lo que este proceso

produce variación en las mezclas. Estas variaciones son: en la composición, acidez, temperatura y presión. 1

TABLA 5.2
PRESION DE HOMOGENEIZACION PARA MEZCLAS
DE DIFERENTE COMPOSICION

Grasa %	Estado simple (lb/in ²)	Estado doble	
		1a.válvula (lb/in ²)	2a válvula (lb/in ²)
8 - 12	2500 - 3000	2500 - 3000	500
12 - 14	2000 - 2500	2000 - 2500	500
15 - 17	1500 - 2000	1500 - 2000	500
18	1200 - 1800	1200 - 1800	500

d) ENFRIAMIENTO

La mezcla procedente del homogeneizador fluye al enfriador lo más rápidamente posible para prevenir el crecimiento bacteriano. Este enfriamiento puede llegar hasta 3°C o temperaturas más bajas. A temperaturas muy bajas la mezcla puede volverse muy viscosa y a temperaturas mayores puede aumentar el crecimiento bacteriano. 1,7

Equipo de enfriamiento

El tipo de enfriadores más utilizado para las mezclas de helados son los de superficie o gabinete. 1

Enfriador Baudelot (gabinete).- Este tipo de enfriadores consiste en una serie de tubos horizontales los cuales estan localizados uno abajo del otro y unidos entre sí para formar un circuito de varios circuitos de refrigerante, el refrigerante circula por el interior de los tubos mientras que la mezcla a enfriarse fluye como una película delgada sobre el exterior de los mismos. El líquido fluye bajando sobre los tubos por la acción de la gravedad desde un distribuidor localizado en la parte alta del enfriador y es recolectado en una artesa en la parte inferior. El hecho de que la mezcla esté a presión atmosférica y sea abierto al aire, hace que este tipo de enfriadores sea ideal para mezclas en las cuales la aereación sea un factor determinante. Con este tipo de enfriadores es posible enfriar mezclas en las cuales las temperaturas sean muy cercanas al punto de congelación sin peligro de dañar el equipo si ocasionalmente se tuviera congelación de la mezcla. 22

e) REPOSO O MADURACION

Se ha demostrado experimentalmente el beneficio que causa a las mezclas de helado el reposo de estas.

El reposo puede variar desde un mínimo de horas hasta varios días. Este reposo causa algunos cambios como:

Solidificación de la grasa (1), las proteínas experimentan un ligero cambio (2) y la viscosidad se incrementa debido a los cambios mencionados (3).

La temperatura de reposo no debe exceder de los 5°C. 1

r) CONGELAMIENTO

Este paso es uno de los más importantes del proceso, el cual se puede dividir en dos partes: (1) La mezcla se adiciona al congelador, es rápidamente congelada mientras se agita (incorporación de aire) controlándose la formación de cristales que son necesarios para dar suavidad, textura, cuerpo, palatabilidad y un overrun satisfactorio del producto final. (2) Cuando el helado se ha congelado parcialmente y tiene una determinada consistencia sale del congelador hacia empacadoras donde es rápidamente transferido a cuartos de almacenamiento donde termina el proceso de congelación y endurecimiento. 20

Clasificación de los congeladores

- 1.- Congeladores Batch (lotes)
 - a) Hielo y sal (artesanal)
 - b) Congeladores de salmuera (artesanal)
 - c) Expansión directa (refrigerante; amoníaco o freón)

- 1.- Vertical - Congeladores de mostrador
- 2.- Horizontal - Remplazados por congeladores continuos
- 3.- Congeladores de tubo
- 4.- Congeladores de triple tubo
- 5.- Congeladores de tubos multiples

2.- Congeladores Continuos

Horizontales, expansión directa: usados para plantas comerciales.

3.- Congeladores de Servicio Ligero

Congeladores Continuos y Batch del tipo de expansión directa. 1

Equipo de congelación

Congeladores por lotes.- El congelador por lotes consta de un cilindro montado en forma vertical u horizontal. Un motor hace trabajar un mezclador dentro de un cilindro éste está equipado con raspadores que retiran el helado a medida que se congela pasandolo al interior del cilindro y sirve como batidor, facilitando la incorporación de aire (overrun). El refrigerante (salmuera, amoníaco o freón) circula a través de la pared doble del cilindro del congelador formado por un tubo de acero o de cobre con un recubrimiento interno de acero inoxidable. La mezcla entra

al congelador aproximadamente a 5°C.

A medida que se aplica el refrigerante, la temperatura disminuye rápidamente y el flujo del refrigerante se detiene cuando la mezcla tiene un cuerpo firme la operación del agitador y el mecanismo adjunto continúa hasta que se obtiene el grado deseado de aereación (overrun). Al completar la congelación, el lote de helado se extrae como una masa semicongelada pasandola a recipientes que se colocan en un cuarto de endurecimiento. 19,21

Congeladores continuos.- Este tipo de congeladores ha sustituido a los congeladores por lotes en las plantas comerciales. La mezcla de helado y aire se bombea a la cámara de congelación y se agita continuamente mediante un agitador. Un refrigerante enfría la superficie interna de la cámara donde la cuchilla desprende el helado semicongelado de la pared mientras la mezcla sin congelar toma su lugar. Existen congeladores donde el aire se mide para incorporarlo a la mezcla antes de entrar a la cámara de congelación mientras que en otros el aire se inyecta directamente dentro de la cámara. En este último caso el helado semiéngelado es bombeado de la cámara. 19,21

La fabricación de helados con frutas, nueces o dulces donde se desea que existan partículas visibles, el sabor, los jugos de frutas, las nueces y el dulce deben ser incorporadas al producto después de que sale del congelador por medio de un alimentador de frutas.

Los sabores jaspeados que con frecuencia se conocen como "royal" o con mermelada son muy populares. Estos helados se preparan inyectando uno o más jarabes o bases de frutas al helado a medida que sale del congelador. Se dispone de varias máquinas jaspeadoras que pueden controlarse para inyectar la cantidad deseada de sabor base. 1,5,6

Importancia de la congelación

Este paso es importante para producir un producto con cuerpo, el cual depende del tamaño de los cristales y la rapidéz de formación, se debe realizar la congelación lo más rápidamente posible. En los congeladores continuos este proceso se realiza en pocos segundos mientras que para congeladores por lotes se lleva a cabo en un tiempo de 6 - 10 minutos.

El tiempo de congelación y la temperatura dependen del tipo de congelador utilizado (Tabla 5.3). 1

TABLA 5.3
TIEMPO DE CONGELACION Y TEMPERATURAS
DE SALIDA

Tipo de congelador	Tiempo de congelación 90 $\%$ overrun	Temperatura de salida - $^{\circ}$ C
Congelador Batch	7 min.	4.5 - 3.5
Congelador Continuo	24 seg.	6 - 5.5
Congelador Continuo de baja temperatura	26-36 seg.	9 - 8
Congelador de servicio ligero	3 min.	8 - 7
Congelador de mostrador	10 min.	3.5

g) ENDURECIMIENTO

La etapa final de elaboración de helados es el endurecimiento. Cuando el helado se saca del congelador tiene una consistencia semifluida y no es lo suficientemente duro para conservar su forma, por lo tanto el endurecimiento rápido facilitará la formación de cristales pequeños. El endurecimiento se lleva a cabo en cuartos en los que la temperatura es muy baja o en túneles de endurecimiento de diseño especial donde se hace pasar aire sobre los envases de helado que entran. Para las unidades ya envueltas se usan diversos tipos de

dispositivos para endurecimiento rápido, entre ellos endurecedores de placas o camas de rodillo. El helado se endurece en cuatro horas en este tipo de sistemas. 1

5.4 MATERIAL EMPLEADO EN LA EXPERIMENTACION

- Báscula
- Batidora
- Refrigerador
- Termómetro
- Vasos de precipitado
- Espátula
- Agitadores
- Vidrios de reloj

5.5 METODO DE EXPERIMENTACION

El método de experimentación está en función de la materia prima disponible y las condiciones de proceso, como se muestra a continuación:

- 1.- Partiendo de una formulación guía, con bajo contenido de grasa, se empezaran a proponer formulaciones con diferente composición.
- 2.- Las materias primas de las cuales se partirá se encuentran en estado sólido (polvo).
- 3.- En base a la secuencia del proceso de elaboración de helados convencionales se procederá a la experimentación, proponiendo las condiciones de proceso más adecuadas.

Para lograr definir las condiciones de proceso óptimas se deben manejar como principales variables las siguientes:

- Dispersibilidad de los ingredientes
 - Cualidades de batido de las mezclas
 - Características organolépticas generales que presentan los productos.
- 4.- Al término experimental de cada una de las formulaciones propuestas habrá una evaluación específica para cada una.
 - 5.- De acuerdo a la evaluación realizada se debe determinar el cambio que se requiere en la formulación.
 - 6.- La formulación final definida debe presentar como producto terminado (postre congelado) buenas características de calidad.
 - 7.- La composición de la formulación final se dará en base seca (polvo).
 - 8.- La formulación establecida para "Helados en polvo" estará lista para prepararse como postre congelado (agregar agua, batir y congelar).

5.6

DIAGRAMA DE FLUJO
PROCESO DE ELABORACION

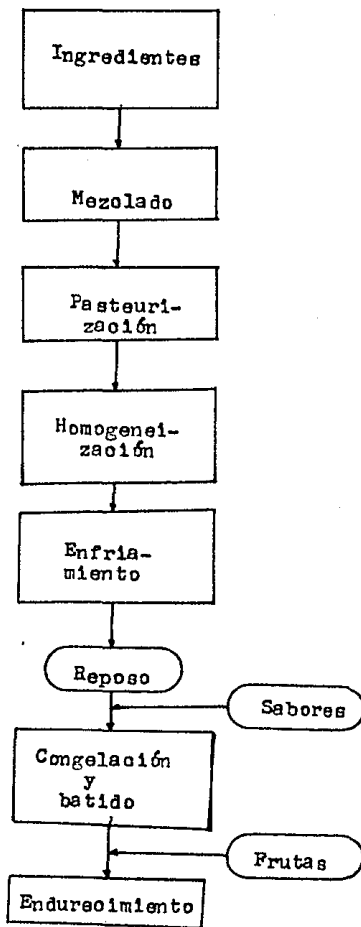
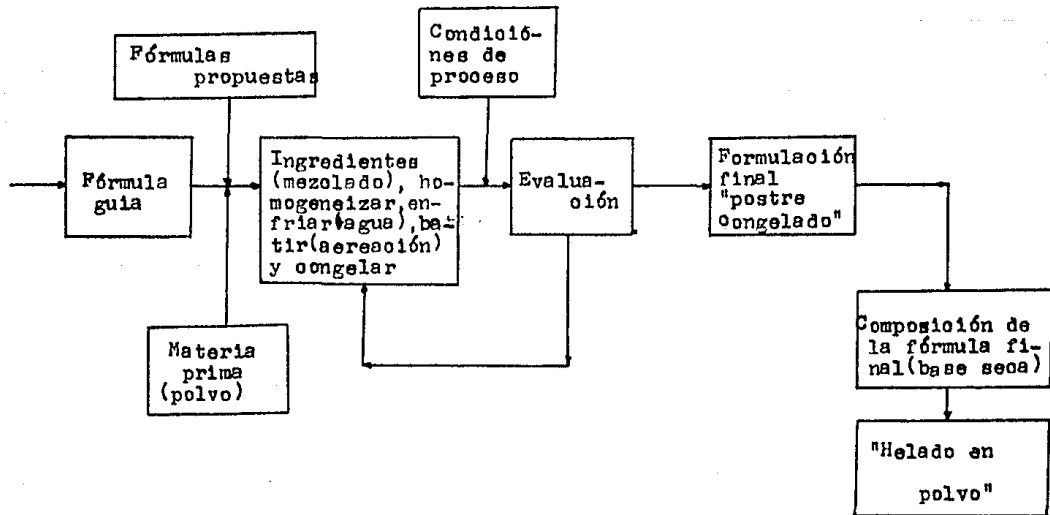


DIAGRAMA DE FLUJO
METODO EXPERIMENTAL



CAPITULO VI

EXPERIMENTACION Y EVALUACION

6.1 TECNICA DE DESARROLLO EXPERIMENTAL

La técnica de desarrollo experimental se determina bajo los siguientes puntos:

- 1.- Especificaciones de las materias primas disponibles (proporcionadas por los proveedores)
- 2.- Secuencia experimental
- 3.- Establecimiento de las condiciones de proceso
- 4.- Determinación de los criterios de evaluación
- 5.- Variación de ingredientes
- 6.- Evaluación experimental

Con el desarrollo antes mencionado se debe obtener una formulación adecuada que reúna las características del producto final "Helado en polvo".

A continuación se describen cada uno de los puntos para el desarrollo experimental mencionado, lo más específicamente posible.

1.- Materias primas disponibles

Se deben conocer todas las especificaciones posibles de cada una de las materias primas de que se disponga para saber el funcionamiento y cuali-

dades que le confieren a las mezclas, pues aunque pueden proporcionar el mismo contenido nutricional no todas dan las cualidades que se desean del producto.

2.- Secuencia experimental

- a) Determinación de la cantidad total de la mezcla

Cantidad total 150 gr.

- b) Se fija la cantidad de sólidos totales (mezcla en polvo)

S.T. 50 gr.

- c) Se completa con agua la cantidad total de la mezcla.

Cantidad de agua = $150 - 50 = 100$

- d) Procedimiento experimental

Procedimiento experimental # 1

Ya definida la composición de la formulación se procede a pesar cada uno de los ingredientes, vaciándolos en un vaso de precipitado y homogeneizando la mezcla, se agrega agua (temperatura ambiente 25°C) disolviendo todos los ingredientes manualmente o en batidora a "velocidad baja" el tiempo necesario a dilución

total de los ingredientes, después se bate la mezcla (temperatura ambiente \pm 25 °C) en la batidora a "velocidad alta". El tiempo de batido será solo el necesario hasta observar que ya no hay incremento de volumen de aereación con uno o dos minutos más para garantizar el batido total. Se observan las características y se mete al congelador.

Procedimiento experimental # 2

Este procedimiento es similar al procedimiento anterior y solo varía en las condiciones de proceso, y estas son; en la temperatura de mezclado (temperatura del agua = 2°C) y la temperatura de batido (temperatura de la mezcla = 2 °C).

3.- Condiciones de proceso

Es muy importante definir las condiciones de proceso, ya que de esto dependen gran parte de las características finales del producto. Determinándose así el mejor procedimiento experimental definido por las variables mencionadas en el punto tres de la sección "Metodos de experimentación" en el capítulo anterior.

4.- Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación han sido definidos como la forma de determinar aceptables o no los resultados experimentales. Estos criterios se describen específicamente para justificar los mejores resultados de cada parte experimental.

Descripción de los criterios de evaluación

Volumen de aereación.- Volumen final de la mezcla después de batir, este criterio está relacionado directamente con el por ciento de overrun.

Overrun.- Se define como el volumen de mezcla obtenido después de batir a partir de un volumen determinado de mezcla.

El overrun se calcula a partir de la siguiente fórmula.

Tomando como base el volumen.

$$\frac{\text{Vol. final de la mezcla} - \text{Vol. inicial}}{\text{Vol. inicial}} \times 100 = \% \text{ overrun}$$

$\%$ de overrun = volumen de helado producido

Overrun alto.- Indica que las materias primas son de calidad por tener buena capacidad de aereación.

Overrun bajo.- Indica una mala elección de ingredientes.

Volumen desuerado.- Cantidad de agua libre la cual no ha sido retenida en la espuma formada, después de batir la mezola. Para una buena formulación se requiere que el volumen desuerado sea nulo.

Solubilidad.- Facilidad que tienen los ingredientes de dispersarse en la mezola, bajo ciertas condiciones de experimentación.

Textura.- Sensación que causa al tacto y al paladar la espuma formada, relacionada directamente con el tamaño de los cristales formados, los constituyentes de la mezola y el proceso de elaboración.

El tipo de textura que podemos clasificar para éste caso, son los siguientes: fina, arenosa, harinosa, suave, con grumos, tersa, floja, tieza, etc.

Cuerpo.- Se determina como la firmeza o resistencia que presenta el producto a la manipulación. Se evalúa en relación con cada una de las pruebas comparadas entre sí.

Debretimiento al paladar.- Característica que presenta la facilidad de fusión de la espuma al paladar. Esta evaluación se determina igual que la anterior. (comparativamente entre las muestras)

Densidad de la mezola.- Es la relación masa/volumen que existe en la mezola, se expresa en gr/ml, este criterio está en función del volumen de aereación y depende de la calidad de los ingredientes. Las espumas generalmente son de baja densidad, lo cual indica que contienen grandes cantidades de gas atrapado (aire).

Consistencia.- Estado de la mezola que representa para este caso su semejanza con algún otro tipo de materia (chantilly, helado suave, espuma, pudín, etc.)

Apariencia.- Visualización de las características de la espuma.

Adherencia.- Calidad de la mezola de permanecer íntimamente pegado con otro material.

Palatabilidad.- Sensación que causa la mezola al paladar. Que determina la buena o mala distribución de los componentes de la mezola.

Características al corte.- Características que presenta la espuma después de practicarle un corte.

Características de batido.- Características que presenta la mezola al batirse como facilidad de aereación y facilidad de batido.

5.- Variación de ingredientes

Para variar la cantidad de cada ingrediente, así como tipo de ingrediente en las formulaciones, es importante saber evaluar correctamente cada prueba realizada.

6.- Evaluación experimental

La evaluación correcta de cada formulación depende de la secuencia correcta de la Técnica de Desarrollo así como la definición clara de cada uno de los criterios de evaluación.

La evaluación se realizará comparativamente entre muestras realizadas y un producto comercial "Helado en polvo" y "polvo para preparar imitación de crema chantilly"

6.2 **EXPERIMENTACION**

Ingredientes	Intervalo permitido para cada ingrediente en % del total de la mezcla
Sólidos grasos	10 - 14
Sólidos no grasos	10 - 12
Edulcorante	12 - 20
Emulsificante	0 - 2
Estabilizante	0 - 1
Caseinato de sodio	1 - 6
Maltodextrinas	2 - 8

Para la composición inicial de las formulaciones se ha tomado como base la formulación para helados con un mínimo contenido de grasa. 1

Ingredientes	%
Grasa	3
Sólidos no grasos	12
Edulcorante	13
Estabilizante	0.35
Base proteica	<u>3</u>
Sólidos totales	31.35
Agua	68.85

Formulaciones planteadas con sus respectivas composiciones.

Solo se muestran las más representativas.

A

Ingredientes	%	gr.
Sólidos no grasos	14.7	22.05
Edulcorante	15	22
Emulsificante	1.5	2.25
Maltodextrinas	1	1.5
Estabilizante	<u>1</u>	<u>1.5</u>
Sólidos totales	33.2	49.8
Agua	<u>66.8</u>	<u>100</u>
	100.0	150

B

Sólidos no grasos	13	20
Edulcorante	12	18
Emulsificante	6	9
Maltodextrinas	1	1.5
Caseinato de sodio	1	1.5
Estabilizante	<u>0.5</u>	<u>0.75</u>
Sólidos totales	33.5	50.75
Agua	<u>36.5</u>	<u>99</u>
	100.0	150.0

C

Sólidos no grasos	12.0	18
Edulcorante	13	20
Maltodextrinas	6	9
Emulsificante	1	1.5
Caseinato de sodio	0.7	1.05
Estabilizante	<u>0.6</u>	<u>1</u>
Sólidos totales	33.4	50.0
Agua	<u>66.6</u>	<u>100</u>
	100.0	150

Ingredientes	%	gr
D		
Sólidos no grasos	12	18
Edulcorante	13	20
Maltodextrinas	4	6
Emulsificante	1	1.5
Caseinato de sodio	0.7	1.05
Estabilizante	<u>0.5</u>	<u>0.75</u>
Sólidos totales	31.2	47.30
Agua	<u>68.8</u>	<u>102.0</u>
	100.0	150

E		
Sólidos no grasos	12	18
Edulcorante	13	20
Maltodextrinas	4	6
Emulsificante	1.5	2.25
Caseinato de sodio	0.8	1.2
Estabilizante	<u>0.8</u>	<u>1.2</u>
Sólidos totales	32.1	48.65
Agua	<u>68</u>	<u>102.</u>
	100.0	150

F		
Sólidos no grasos	12	18
Edulcorante	13	20
Maltodéxtrinas	4	6
Emulsificante	2	3
Caseinato de sodio	1	1.5
Estabilizante	<u>1</u>	<u>1.5</u>
Sólidos totales	33.0	50
Agua	<u>66.0</u>	<u>100</u>
	100.0	150

Ingredientes	%	gr
G		
Sólidos no grasos	12	18
Edulcorante	13	20
Maltodextrinas	4	6
Caseinato de sodio	1	1.5
Estabilizante	1	1.5
Emulsificante	2	3
Sólidos totales	<u>33.0</u>	<u>50</u>
Agua	<u>67.0</u>	<u>100</u>
	100.0	150

H		
Sólidos no grasos	12	18
Edulcorante	13	20
Maltodextrinas	4	6
Emulsificante	2	3
Caseinato de sodio	1	1.5
Estabilizante	<u>1</u>	<u>1.5</u>
Sólidos totales	<u>33.0</u>	<u>50</u>
Agua	<u>67.0</u>	<u>100</u>
	100.0	150

Los resultados muestran que la fórmula que reúne las mejores características es la denominada con la letra F (Tabla 6.1), ajustándole las cantidades como se muestra:

Fórmula	A	B
F		
Ingredientes	gr	gr
Sólidos no grasos	18	18.5
Edulcorante	20	20
Maltodextrinas	6	5
Emulsificante	3	1.5
Caseinato de sodio	1.5	2
Estabilizante	<u>1.5</u>	<u>2</u>
Sólidos totales	50	50
Agua	<u>100</u>	<u>100</u>
	150	150

Se realizó la experimentación de la fórmula B con los dos procedimientos descritos, determinándose que el procedimiento dos es el que proporciona las mejores condiciones de proceso, ya que da mejores resultados y características del producto final.

Condiciones de proceso

- Homogeneizar la mezcla (polvo) a temperatura ambiente
- Temperatura del agua que se utiliza 2°C
- Batido a "velocidad baja" dos minutos
- Batido a "velocidad alta" cuatro minutos

6.3

RESULTADOS**Variación de ingredientes 1**

Después de definir la mejor formulación (Tabla 6.1) y las condiciones de proceso, en la siguiente parte experimental se deberá encontrar el emulsificante que proporcione las mejores características al producto final.

Para la formulación ya definida el único cambio que sufrirá es del emulsificante manteniéndose los demás ingredientes fijos.

Los emulsificantes que se utilizarán son los proporcionados por los proveedores los cuales han sido elaborados a base de mono oleatos y mono estearatos de sorbitol con algunos cambios en su composición (Tabla 6.2).

Evaluación experimental 2

Al revisar la tabla comparativa y tomando en cuenta los criterios de evaluación, se observan datos que de inmediato determinan que el emulsificante empleado no es el adecuado, tal es el caso de la fórmula dos donde la dispersión del emulsificante es nula.

En la fórmula uno la dispersión del emulsificante no es total, dando como resultado una espuma con textura arenosa, no uniforme, con derretimiento al paladar muy lento, etc. Todas estas características hacen que

se rechaze dicha fórmula.

Al comparar las fórmulas tres y cuatro se observa que en ambas existe una dispersión total de todos los ingredientes dando como resultado características favorables para la espuma, éstas características difieren un poco entre ambas fórmulas, denominándose la fórmula cuatro como la mejor siendo así que el emulsificante empleado es el que se adapta más a la formulación y a las condiciones de proceso.

Variación de ingredientes 2

La variación de ingredientes que se realiza a continuación tiene como objetivo mejorar todavía más las características finales del producto en cuanto a textura, consistencia, apariencia, cuerpo, cualidades de batido, etc. Bajo las mismas condiciones de proceso.

Los cambios que se realizarán son de proteína láctea; suero, estabilizante y adición de ingredientes opcionales (Tablas 6.3, 6.4, y 6.5). Por la gran variedad de ingredientes que existen, se deben seleccionar los que proporcionen las mejores características al producto, para lo cual, se ha tomado como base de comparación los "helados en polvo" y el "polvo para preparar imitación de crema chantilly" comerciales.

Evaluación experimental 2

Cada variación de ingredientes representa una evaluación diferente para cada formulación por lo cual se puede mejorar o desechar el cambio realizado (Tablas 6.6 y 6.6.1).

Al analizar las tablas comparativas se ha determinado que la fórmula que presenta las mejores cualidades de acuerdo a la evaluación realizada es la determinada por el número siete.

Posteriormente se realizaron cambios y ajustes en cantidad y tipo de ingredientes (Tabla 6.5), obteniéndose así la mejor formulación como se muestra (Tablas 6.7 y 6.7.1). Obteniéndose la fórmula 10'.

Fórmula

Ingredientes	%	gr
Sólidos no grasos	7	10.5
Edulcorante	12.6	19
Maltodextrinas	7	10.5
Almidón	2.3	3.5
Leche en polvo	2	3
Caséinato de sodio	1.6	2.4
Estabilizante	0.5	0.75
Color y sabor	<u>0.3</u>	<u>0.45</u>
Sólidos totales	33.0	50

El análisis del producto define la diferencia en relación al contenido nutricional de los helados convencionales en comparación con los helados en estudio, haciendo énfasis en el bajo contenido de calorías y grasa así como el mayor contenido proteínico, como se muestra a continuación. 34,35

Base 100gr.

	Helado Convencional	Helado en Estudio
Calorías	212	42
Grasa (gr)	12	2
Proteínas (gr)	4.1	5
Carbohidratos (mg)	22	4
Calcio (mg)	150	20
Fósforo (mg)	119	16
Hierro (mg)	0.1	0.02
Vit. A (UI)	492	95
Vit. B ₁ (mg)	0.05	0.06
Vit. B ₂ (mg)	0.22	0.04
Niacina (mg)	0.1	0.03

La composición de la formulación final queda definida por presentar las siguientes características:

- % overrun; 80
- volumen desueroado; 0
- textura; suave, tersa y cremosa
- consistencia; se puede afirmar que es mejor que la referencia de comparación "helado en polvo" (comercial). Tiene consistencia de helado suave (yogurt).
- apariencia; uniforme
- adherencia; ligeramente adherente (normal)
- derretimiento al paladar; moderado (normal)
- cuerpo; manejable
- características al corte; es un helado que se presenta parejo y liso después de practicarle un corte.
- características de batido; presenta óptimas condiciones de batido con características de aereación favorables.

Las características mencionadas son las más importantes para definir la elaboración de un buen producto, tomando en cuenta las comparaciones hechas contra las otras formulaciones y la referencia de comparación comercial. (Tabla 6.7.1)

CONCLUSIONES

Al término de este trabajo se llegaron a definir los siguientes aspectos:

- 1.- El país no cuenta con instituciones que realicen estadísticas de cada producto lácteo elaborado (helados) por lo que es una industria de la cual muy difícilmente se pueden encontrar datos de producción nacional y los proporcionados representan cifras incompletas e irreales, motivo por el cual es imposible realizar la proyección de la demanda, infiriéndose solo por notas internacionales.
- 2.- En los estudios realizados se encontró que existe una demanda de productos alimenticios bajos en calorías de los cuales se elaboran muy pocos y esto es debido a que dichos alimentos requieren de ingredientes especiales en sustitución de ingredientes convencionales que proporcionan las mismas características de calidad pero con diferente valor nutricional. Detectándose así otro de los problemas que existen en el país y estos son de tipo tecnológico ya que el desarrollo de nuevos productos alimenticios incluye desde una investigación a fondo del producto a ela-

borar hasta su desarrollo y obtención final como tal.

Los problemas tecnológicos los encontramos al llegar al desarrollo experimental del producto, para éste caso "Helados en polvo" ya que no existen en México las materias primas adecuadas para el desarrollo del producto teniendo que importarse, aún existiendo filiales en el país que proporcionan éste tipo de materias primas pero que por motivos ignorados no las venden al productor muy fácilmente.

3.- Se determinó encontrar una formulación de helado partiendo de ingredientes en polvo con una composición inicial de un mínimo contenido de grasa. Al concluir la experimentación el análisis del producto comparado con el de un helado convencional nos muestra la gran diferencia que existe en el contenido nutricional entre estos. Definiéndose así la formulación para un helado con presentación en polvo y además bajo en calorías.

4.- Un factor importante que se debe determinar correctamente en la sección experimental, es el establecimiento de las condiciones óptimas del proceso, ya que si se tiene como base una buena determinación a nivel laboratorio se garantiza la optimización del pro-

ceso a nivel industrial.

5.- Se plantean como opciones a trabajos futuros la realización de los siguientes puntos:

- Estudio de la viabilidad económica del producto a nivel industrial.
- Realización de un cambio en la formulación establecida, de la proteína láctea por proteína de soya, lo cual implica un proceso experimental similar al realizado.

TABLA 6.1
TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS

Fórmula	Temperatura de mezcla (°C)	Tiempo de batido (min)	Volumen de aeración (ml)	Volumen antes de con- gular (ml)	desueroado después de conge- lar (ml)
A	24	6	300	50	50
B	20	4	750	0	5
C	21	4	800	0	5
D	25	4	350	0	40
E	24	4	—	—	—
F	22	4	550	4	4
G	24	4	200	100	100
H	24	4	400	—	30

Tabla 6.2

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS

Fórmula	Emulsificante	Temperatura de mezcla (°C)	Solubilidad	Tiempo de mezclado (min)	Volumen de aereación (ml)	Overrun %	ANTES DE CONGELAR		Apariencia
							Textura	Volumen desuerado (ml)	
1	E-4	4	baja	4	500	230	arenosa con grumos	0	heterogénea
2	E-3	4	nula	6	—	—	—	—	—
3	E-2	4	alta	4	400	160	un poco arenosa	0	uniforme
4	E-1	3	alta	4	700	360	suave	0	uniforme

	Cuerpo	DESPUES DE CONGELAR		Textura	Densidad (gr/ml)	Apariencia
		Volumen desuerado (ml)	Derretimiento al paladar			
1	regular	2	lento	arenosa	0.3	no uniforme
2	—	—	—	—	—	—
3	regular	0	moderado	con grumos	0.4	uniforme
4	bueno	0	rápido	suave	0.22	uniforme

Tabla 6.3

FORMULA		1	2	3	4	5
		gr	gr	gr	gr	gr
ENG	Suero (A,B)	16 (A)	16.5 (A)	17,5 (A)		
	Proteína (A,B)	3.5(A)	4.5 (A)	2.5 (A)	16 (A)	16 (A)
	Edulcorante	20	21	22	20	19
	Maltodextrinas	5	5	7	7	5
	Emulsificante	2.5				
	Caseinato de sodio	2	2		5	5
	Estabilizante	1	1	1	2	2
	Almidón					3
	S.T.	50	50	50	50	50
	Agua	100	100	100	100	100
	150	150	150	150	150	

Tabla 6.4

FORMULA	6	7	8	9
Ingredientes	gr	gr	gr	gr
SNG { Suero (A,B)				9 (B)
{ Proteína (A,B)	9 (A)	9 (A)	9 (B)	
Edulcorante	26.5	26.5	26.5	26.5
Maltodextrinas	5	5	5	5
Emulsificante				
Caseinato de Na	3	3	3	3
Estabilizante #	1.5	1.5	1.5	1.5
Almidón	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
S.T.	50	50	50	50
Agua	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>
	150	150	150	150

Tabla 6.5

FORMULA	10	11	12	10'	11'	12'
Ingredientes	gr	gr	gr	gr	gr	gr
SNG { Suere	—	—	10.5 (B)	—	—	10.5
{ Proteína	10.5 (A)	10.5 (B)	—	10.5(A)	10.5(B)	—
Edulcorante	19	19	19	19	19	19
Maltodextrinas	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Emulsificante	—	—	—	—	—	—
Caseinato de Na	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Estabilizante #	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Almidón	6.5	6.5	6.5	3.5	3.5	3.5
Leche entera en polvo	—	—	—	3	3	3
S.T.	50	50	50	50	50	50
Agua	100	100	100	100	100	100
	150	150	150	150	150	150

Tabla 6.6
COMPARACION ENTRE CADA FORMULACION POR CAMBIO
DE MATERIAS PRIMAS

Fórmula cambio	Temp. mezcla (°C)	Tiempo batido (min)	Vol. mezcla (ml)	Vol. aereacion (ml)	Overrun %	Vol. desueroado (ml)	Densidad mezcla (gr/ml)
1	4	5	150	725	380	0	0.2
2 s/semul.	3	4	150	700	360	0	0.21
3 s/semul. s/casei.	3	4	150	600	300	0	0.25
4 s/suero	3	4	150	500	233	0	0.3
5 C/βlmidón s/suero	2	4	75	230	206	0	0.32
6 variación cantidad igual a 5	2	4	75	180	140	0	0.41
7 variación estab.	2	4	75	180	140	0	0.41
8 variación proteína	2	4	75	125	66	0	0.6

Tabla 6:6.1

COMPARACION ENTRE CADA FORMULACION POR CAMBIO
DE MATERIAS PRIMAS

Fórmula	Textura	Consistencia	Apariencia	Adherencia	Derritiendo al paladar	Características al corte	Palatabilidad	Cuerpo	Características de batido
1	suave y un poco pesada	de espuma	pegajosa y muy gomosa	es muy adherente se adhiere fácilmente.	tarda en derretirse	no es uniforme presenta burbujas	se siente compacta	flojo y resbaloso	se aereas facilmente
2	suave y pesada	espuma homogénea	fina, pegajosa y gomosa	muy adherente	moderado	es irregular	ligera	flojo y resbaloso	se aereas facilmente
3	muy suave y fina	espuma suave y homogénea	pegajosa	muy adherente	moderado	irregular	muy ligera	flojo y ligero	se aereas facilmente
4	tiesta y pesada	espuma homogénea	pegajosa y húmeda	muy adherente	moderado	irregular	ligera	manejable	se aereas moderadamente
5	cremosa, tiesta y pesada	se asemeja a crema chantilly, es un poco menos suave	húmeda y gomosa	adherente	tarda en derretirse	presenta muchas burbujas irregulares	uniformidad entre las burbujas de aire y la mezcla	manejable y un poco flojo	aeración moderada y un poco dificultad de batido
6	cremosa, menos tiesta pesada	crema muy compacta	disminuye la gomosa y húmeda	disminuye la adherencia	tarda más en comparación con el helado comercial	irregular	uniforme	mayor manejabilidad	ligera dificultad de batido, se aereas moderadamente
7	suave, cremosa y uniforme	crema chantilly	seca, menos gomosa	poca adherencia	tarda más que el helado comercial	uniforme y pareja	uniforme	manejable	poca dificultad, aeración moderada
8	muy suave y cremosa	cremosa muy compacta	compacta, seca	poca adherencia	tarda mucho	pareja y muy compacta	uniforme	manejable y pesada	poca aeración hay dificultad en el batido

Tabla 6.7

COMPARACION ENTRE CADA FORMULACION POR CAMBIO
DE MATERIAS PRIMAS

Fórmula cambio	Temp. mezola (°C)	Tiempo batido (min)	Vol. mezola (ml)	Vol. aireación (ml)	Overrun %	Vol. desueroado (ml)	Densidad mezola (gr/ml)
9 suero (B)	2	4	150	340	126	0	0.44
10 proteína (A)	2	4	150	320	113	0	0.47
11 proteína (B)	2	4	150	250	66	0	0.6
12 suero (B)	2	4	150	390	126	0	0.44
12'	2	4	150	270	80	0	0.55
11'	2	4	150	280	86	0	0.53
12'	2	4	150	230	53	0	0.65

Tabla 6.7.1

COMPARACION ENTRE CADA FORMULACION POR CAMBIO
DE MATERIAS PRIMAS

Fórmula	Texture	Consistencia	Apariencia	Adherencia	Derrretimiento al pezar	Características al corte	Falstabilidad	Cuerpo	Características de batido
9	suave y fina	espuma	gomosa	muy adherente.	lento	irregular	muy ligera	ligero	se aerea moderadamente
10	suave, fina y cremosa	helado suave	uniforme ligeramente húmeda	ligeramente adherente (aceptable)	moderado	pareja con algunas irregularidades	ligera y uniforme	manejeable	aeración moderada
11	cremosa con algunos grumos	cremosa, muy pesada	ligeramente húmeda	poca adherencia (aceptable)	muy lento	es muy compacta y al cortarse es pareja	pareja y muy compacta	pesado	poca aeración ligera dificultad de batido aeración moderada
12	suave, fina y cremosa	helado suave	uniforme ligeramente húmeda	poca adherencia (aceptable)	un poco rápido	uniforme	buena distribución de los ingredientes	manejeable	aeración moderada
10'	suave, tersa y cremosa	helado suave	uniforme término medio entre húmeda y seca (normal)	ligeramente adherente	moderadamente	se ve uniforme pareja y lisa	bien distribuida, cremosa y suave	manejeable y suave	aeración moderada (aceptable)
11'	muy cremosa y un poco pieza	cremosa y uniforme	seca	asi no hay adherencia	lento	uniforme y pareja	cremosa con algunos grumos	manejeable	buena aeración
12'	suave, tersa y cremosa	helado suave un poco ligero	uniforme ligeramente húmeda	poca adherencia	moderado	pareja y uniforme	cremosa y uniforme	manejeable	poca aeración

A P E N D I C E

- 1) $1 \text{ nm} = 1 \text{ nanómetro} = 10^{-6} \text{ mm}$
- 2) $1 \mu\text{m} = 1 \text{ micrómetro} = 10^{-3} \text{ mm}$
- 3) **Movimiento Browniano.**-Las moléculas de todas las sustancias se encuentran animadas de un movimiento cuyo cambio de dirección, sentido y velocidad se debe a los choques que se presentan entre ellas los que deben ser perfectamente elásticos, con lo que se conserva la energía y el impetu o cantidad de movimiento. 32
- 4) **Difusión a través de membranas.**- Este fenómeno ocurre cuando tenemos dos sustancias de diferente concentración separadas por una membrana, se lleva a cabo la difusión de la sustancia de mayor concentración a la de menor concentración hasta alcanzar el equilibrio. 32
- 5) **Dispersión de la luz.**- Cuando un rayo de luz incide sobre una disolución coloidal, parte de la luz puede ser absorbida y parte se dispersa, mientras

que la restante se transmite a través de la muestra sin sufrir ninguna alteración. 4

- 6) **Viscosidad.**- La viscosidad de un fluido es aquella propiedad que determina la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes. La viscosidad se debe primordialmente a las interacciones entre las moléculas del fluido. (μ). 4

- 7) **Fluidos Newtonianos.**- Los fluidos newtonianos se comportan de acuerdo a la siguiente ley:

$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dx} \right)$$

Son fluidos con viscosidad constante para una temperatura constante e independiente de la velocidad de tensión cortante y del tiempo de aplicación de la misma (Fig. 1).

La tensión cortante es proporcional al gradiente de velocidades. Ejemplos de este tipo de fluidos son gases y líquidos puros con bajo peso molecular, mezclas inmiscibles de peso molecular bajo, etc.

La viscosidad aparente es igual a la viscosidad absoluta. $\mu = \mu_a = k$ 36

- 8) Fluidos No Newtonianos.- Estos fluidos tienen viscosidades que varían con la velocidad de tensión cortante o bien con el tiempo de aplicación de la misma. Se representan bajo la siguiente ecuación:

$$\frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \phi\left(\frac{dv}{dx}\right)$$

$\phi\left(\frac{dv}{dx}\right)$ = es función del gradiente de velocidad en el punto que se considera

τ = tensión cortante en el punto que se considera.

- 9) Fluidos Pseudoplásticos.- Los fluidos pseudoplásticos son fluidos no newtonianos. La viscosidad aparente disminuye cuando aumenta la proporción de tensión cortante (Fig. 1). 36

$$\tau = k\left(\frac{dv}{dx}\right)^n \quad n < 1$$

$$\mu_a = -k\left(\frac{dv}{dx}\right)^{n-1} \quad n < 1$$

μ_a = viscosidad aparente

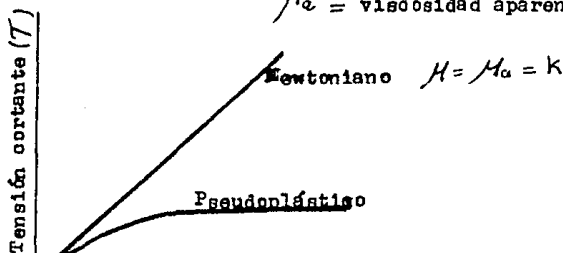


Fig. 1 Índice de esfuerzo cortante o gradiente de velocidades $\left(\frac{dv}{dx}\right)$

10) U.I. Unidades internacionales en miligramos

R E F E R E N C I A S

- 1.- Arbuckle W.S. ICE CREAM 3rd Edition
AVI Publishing Company (1975)
- 2.- Arbuckle W.S. ICE CREAM 4th Edition
AVI Publishing Company (1982)
- 3.- Fennema Owen R. FOOD CHEMISTRY
PRINCIPLES OF FOOD SCIENCE
INC. New York and Basel (1976)
- 4.- The Swedish Institute FOOD EMULSIONS SURFACE CHEMISTRY
Stig Friberg
- 5.- Morris B. Jacobs THE CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF FOOD
AND FOOD PRODUCTS
Interscience Publishers (1973)
- 6.- Norman W. Desrozier ELEMENTS OF FOOD TECHNOLOGY
AVI Publishing Company (1977)
- 7.- Donald K. Tressler, William J. Sultan
FOOD PRODUCTS FORMULARY - VOL II
AVI Publishing Company (1975)

- 8.¹¹- Eric Dickinson, George Stainsby COLLOIDS IN FOOD
Applied Science Publishing (1982)
- 9.¹¹- David Pearson THE CHEMICAL ANALYSIS OF FOOD
J. and A. Churchill . Gloucester Place, London (1970)
- 10.- Taylor R.J. FOOD ADITIVES
John Wiley and Sons (1980)
- 11.- Philip Sherman EMULSION SCIENCE
Unilever Research Laboratory (1968)
- 12.- Harper, W.J. James DAIRY TECHNOLOGY AND ENGINEERING
Hall-Westport AVI Publishing Company (1976)
- 13.- Byron H. Webb, Arnold H. Johnson and Jhon A. Alford
FUNDAMENTALS OF DAIRY CHEMISTRY
AVI Publishing Company (1965)
- 14.¹¹- E.L. Thomas STRUCTURE AND PROPERTIES OF ICE CREAM
EMULSIONS Food Technology (January 1981)
- 15.¹¹- Michel C. Phillips PROTEIN CONFORMATION AT LIQUID
INTERFACE AND ITS ROLE IN STABILIZING EMULSIONS
AND FOAMS Food Technology (January 1981)

- 16.- S.C. Sharma GUMS AND HIDROCOLLOIDS IN OIL-WATER EMULSIONS Food Technology (January 1981)
- 17.- Pérez González Jorge PANORAMA GENERAL DE LOS HELADOS
Tesis (1986)
- 18.- F. Leslie Hart A.M. Harry Johnstone Fisher
ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS
- 19.- J.G. Brennan, J.R. Butters, N.D.V. Lilly
FOOD ENGINEERING OPERATIONS
Applied Science Publishers
- 20.- Dennis r. Heldman, r. Paul Sing
FOOD PROCESS ENGINEERING, AVI Publishing Company (1981)
- 21.- Donald K. Tressler, Clifford F. Evers
THE FREEZING PRESERVATION OF FOODS (1978)
- 22.- Roy J. Dossat PRINCIPIOS DE REFRIGERACION
Cia. Editorial Continental, S.A. (1980)
- 23.- Secretaria de Salud, Alimentos-Lácteos-Helados
- 24.- S.S.A.
DIRECCION GENERAL DE CONTROL SANITARIO DE BIENES Y
SERVICIOS

- 25.- Banco de México INDICADORES ECONOMICOS
- 26.- Elaboraciones de Nacional Financiera S.A.
Gerencia de Información Técnica y Publicaciones,
a partir de datos censales CENSOS DE POBLACION
- 27.- CAMARA NACIONAL DE PRODUCTOS ELABORADOS CON LECHE
- 28.- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
- 29.- INSTITUTO MEXICANO DE INDUSTRIA Y TECNOLOGIA
- 30.- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFOR-
MATICA
- 31.- Datos concernientes al helado y su elaboración
Via Lactea Mexicana Año 1 Mayo 1978 Número 11
- 32.- Arthur W. Adamson PHYSICAL CHEMISTRY OF SURFACES
John Wiley and Sons (1976)
- 33.- G.G. Birch and J. Parker SUGAR SCIENCE AND TECHNOLOGY
Applied Science Publishers (1979)
- 34.- R. Gaurt Hansen, Bonita W. Wyse and Ann W. Soreson
NUTRITIONAL QUALITY INDEX OF FOODS
AVI Publishing Company INC.(1979)

35.- Roberts S. Harris and Endel Karmas

NUTRITIONAL EVALUATION OF FOOD PROCESSING

AVI Publishing Company INC. (1975)

36.- Faust PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS

Cia Editorial Continental (1983)