

30  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMEN DE TITULO  
FAC. DE QUIMICA

**APLICACION DE JARABES DE MAIZ DE  
ALTA FRUCTOSA EN HELADOS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
Química de Alimentos  
**P R E S E N T A**  
Blanca Estela Yumbe Guevara

MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **JURADO ASIGNADO**

**Presidente**            **Prof. Hugo Rubén Carreño Ortiz**

**Secretario**           **Prof. Francisco Javier Casillas Gómez**

**Vocal**                **Prof. Marco Antonio León Félix**

**1er. Suplente**        **Prof. Felipe de Jesús Rodríguez Palacios**

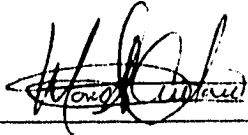
**2do. Suplente**        **Prof. Lucía Cornejo Barrera**

**Sitio donde se desarrolló el tema :**

**Laboratorio de Química y Tecnología de Alimentos ( 4 A y 4 B )**

**Facultad de Química. U. N. A. M.**

**Asesor del Tema**



**Prof. Marco Antonio León Félix**

**Sustentante**



**Blanca Estela Yumbe Guevara**

*A mis padres, en  
agradecimiento por el  
apoyo y cariño que  
siempre me han brindado  
y a quienes debo el logro  
de esta meta.*

*A mis hermanas y a mi  
tía Genia, con quienes he  
compartido los momentos  
importantes de mi vida.*

*A mi abuelita Lolita y a  
mi tío Chucho, quienes  
significaron mucho en mi  
vida y que desafortunada  
mente ya no están con  
nosotros.*

*Agradezco a todos mis amigos, quienes  
me han soportado aún en los momentos  
más difíciles.*

*Un agradecimiento muy especial al  
Ingeniero Carlos Velasco Pérez, ya que  
sin su ayuda no hubiera sido posible la  
realización de este trabajo.*

# ÍNDICE

*ÍNDICE*

Objetivos	1
Capítulo 1. Introducción	2
Capítulo 2. Helados	
2.1 Antecedentes Históricos	5
2.1.1 Los Orígenes	5
2.1.2 Historia	6
2.1.3 Sucesos Importantes en la Industria del Helado	7
2.2 Funcionalidad de los Ingredientes	11
2.2.1 Grasa	12
2.2.2 Sólidos no grasos de leche	12
2.2.3 Carbohidratos	13
2.2.4 Estabilizantes	13
2.2.5 Emulsificantes	17
2.3 Clasificación	19
2.3.1 Helados de Crema	20
2.3.2 Helados de Grasa Vegetal	20
2.3.3 Sorbetes	21
2.3.4 Nieves	21
2.3.5 Helados Suaves	22
2.3.6 Especialidades de Paletería	22
2.3.7 Helados tipo "Premium"	23

---

2.3.8	Leches Heladas	23
2.3.9	Natas Congeladas	23
2.3.10	Otros Productos	24
2.3.11	Clasificación Oficial Mexicana	25
2.4	Proceso de Fabricación	27
2.4.1	Recepción, análisis y dosificación de las materias primas	27
2.4.2	Mezclado	28
2.4.3	Pasteurización	29
2.4.4	Homogeneización	29
2.4.5	Maduración	31
2.4.6	Batido y Congelación	31
2.4.7	Empacado	32
2.4.8	Endurecimiento y Almacenamiento	32
2.4.9	Distribución	34
2.5	Defectos de Fabricación	35
2.5.1	Defectos de Cuerpo y Textura	36
2.5.2	Defectos de la Calidad de Derretimiento	44
<b>Capítulo 3. Jarabes de Maíz de Alta Fructosa</b>		
3.1	Antecedentes Históricos	48
3.2	Aislamiento y Purificación	51
3.3	Propiedades	54



**Capítulo 4. Metodología Experimental**

<b>4.1</b>	<b>Metodología General</b>	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Metodología a Nivel Laboratorio</b>	<b>59</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Desarrollo y Evaluación de las Muestras</b>	<b>59</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Elaboración de las Muestras</b>	<b>64</b>
<b>4.3</b>	<b>Metodología a Nivel Industrial</b>	<b>66</b>
<b>4.4</b>	<b>Evaluación Final de las Muestras</b>	<b>68</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Análisis Descriptivo Cuantitativo</b>	<b>68</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Prueba de Preferencia</b>	<b>76</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Análisis Físicoquímico</b>	<b>77</b>

**Capítulo 5. Análisis de Resultados**

<b>5.1</b>	<b>Nivel de Agrado de las Formulaciones</b>	<b>82</b>
<b>5.2</b>	<b>Determinación del Punto de Equidulzura</b>	<b>85</b>
<b>5.3</b>	<b>Evaluación de los Cambios Sensoriales</b>	<b>88</b>
<b>5.4</b>	<b>Preferencia de los Productos Elaborados</b>	<b>96</b>
<b>5.5</b>	<b>Análisis Físicoquímico</b>	<b>97</b>

**ÍNDICE****IV**

---

<b>Anexo I.</b>	<b>Determinación de Costos de Aplicación</b>	<b>101</b>
<b>Anexo II.</b>	<b>Estudio de la Factibilidad Económica</b>	<b>104</b>
<b>Anexo III.</b>	<b>Ficha Técnica de los Jarabes de Maíz de Alta Fructosa</b>	<b>106</b>
<b>Conclusiones</b>		<b>108</b>
<b>Bibliografía</b>		<b>110</b>

## **OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General :**

- ◆ Sustituir a la sacarosa por jarabes de maíz de alta fructosa ( 42 y 55 % ) como edulcorantes en la formulación de helado.

### **Objetivos Particulares :**

- ◆ Encontrar el punto de equidulzura entre el helado elaborado con sacarosa y los productos obtenidos con jarabe de maíz de alta fructosa como edulcorante.
- ◆ Evaluar los cambios sensoriales que se presenten en el producto al hacer dicha sustitución.
- ◆ Proponer una formulación adecuada de helado con jarabe de maíz de alta fructosa.
- ◆ Realizar un escalamiento a nivel industrial, determinar costos de aplicación y realizar un estudio de la factibilidad económica.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## *INTRODUCCIÓN*

Actualmente la industria azucarera en México se encuentra en una situación de crisis debido a que el azúcar tenía un precio controlado, además de que el 25 % de la caña de azúcar procesada se convierte en melazas que son subproductos de bajo valor comercial.<sup>10</sup> Lo anterior genera problemas durante la elaboración de los productos que utilizan como materia prima al azúcar, tales como los helados. Los problemas que se presentan son principalmente de abastecimiento ( la demanda es mucho mayor que la oferta ), económicos ( alto costo ) y técnicos ( contaminación ). Por esta razón se ha buscado sustituir a la sacarosa por otro tipo de edulcorantes, sintéticos o naturales, lo cual permitiría que los productos tuvieran un precio de venta más bajo.

La sustitución de la sacarosa por los edulcorantes sintéticos no siempre es sencilla, ya que este azúcar no sólo desempeña un papel como edulcorante, sino que, en muchos casos, también actúa como conservador y confiere al producto una textura y una consistencia adecuadas; por otro lado, algunos de estos productos sintéticos, presentan un resabio amargo que no es muy aceptado por el consumidor.<sup>5</sup>

La mayoría de los azúcares tienen la característica de ser dulces ( aunque hay amargos ), pero el poder edulcorante depende de muchos factores como la estereoquímica de la molécula, la mutarrotación, la temperatura y la concentración del azúcar. Uno de estos azúcares es la fructosa ( monosacárido ), que es hasta 1.8 veces más dulce que el azúcar, utilizándose en menor cantidad; su poder edulcorante aumenta a bajas temperaturas, lo cual puede ser aprovechado en la elaboración de helados.<sup>5, 24</sup>

La fructosa disminuye el punto de congelación en mayor grado que la sacarosa y cristaliza de manera diferente, dando productos más suaves a bajas temperaturas, menos arenosos y más fáciles de manejar.<sup>2, 8, 24, 34</sup>

La fructosa se absorbe más rápidamente en el tracto intestinal, pasa por vena porta y es metabolizada en el hígado, disminuyendo las fluctuaciones de glucosa en sangre, pudiéndose utilizar en productos para diabéticos aunque no aumenta significativamente la descarga de glucagón e insulina.<sup>2, 24, 34</sup> Por otro lado, se sabe que sólo la sacarosa participa en la formación de caries dentales.<sup>5, 24</sup>

Industrialmente, la fructosa se utiliza en forma de jarabes de maíz, los cuales tienen sabor y color agradables, sin presentar sabores extraños gracias a los métodos y técnicas empleados en su elaboración.<sup>12</sup> La fructosa cristalina no se

utiliza ya que es demasiado higroscópica convirtiéndose rápidamente en jarabe, por lo que para obtenerla se requiere el empleo de disolventes orgánicos, como el metanol, para formar una sal compleja.<sup>34</sup>



## **CAPÍTULO 2**

### **HELADOS**

## 2. 1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### 2. 1. 1 - Los Orígenes

El origen del helado es antiquísimo; se tiene evidencia de que ya en la antigüedad el hombre apreciaba el refrigerio de nieves y hielo mezclado con miel o frutas.

En las excavaciones de lo que parece haber sido la ciudad de Troya ( hace más de 2500 años ), se han encontrado lugares destinados a la conservación de hielo y nieve. Se conoce también una gruta tradicionalmente llamada *La Nevera de los Etruscos*, que tenía, aparentemente, la finalidad de conservar postres congelados.

Probablemente, dada la difícil conservación de este producto, su consumo en la antigüedad fue muy restringido. 9

### 2.1.2 - Historia

Aunque no se tienen datos exactos sobre las primeras elaboraciones de helado, se sabe que Marco Polo en sus viajes a Oriente, conoció dicho producto y llevó a tierras italianas, en el año de 1295, formulaciones que se elaboraban en China tres milenios atrás.

De esta manera el helado fue difundido a toda Europa, siendo consumido principalmente en establecimientos repostero - confiteros.

En el siglo XVII, la preparación de postres congelados fue la novedad en las diferentes cortes de Europa, comenzando la elaboración de sorbetes a base de hielo mezclado con sal. En 1660, un florentino inauguró una heladería en París.

Aproximadamente a principios del siglo XVIII, emigrantes ingleses introdujeron el nuevo tipo de postres congelados en los Estados Unidos. En el mismo siglo aparecieron los *carritos* para la venta de sorbetes en las calles.<sup>26</sup>

La primera referencia impresa aparece en *The English Experienced House - keeper* en 1769. Desde ese tiempo la manufactura ha crecido con bastante éxito en Inglaterra.

En 1851 el americano Jacob Fussel estableció en Baltimore la primera fábrica de helados, años después construyó fábricas en Washington y New York. A partir de estos sucesos, se consideró a los Estados Unidos como el mercado más importante en la elaboración de helados.

A principios del siglo veinte varias innovaciones técnicas fueron aplicadas en la producción de helados, como los compresores de amoníaco para la refrigeración, las cámaras de congelación, el congelador continuo para helados, etc.

### **2. 1. 3 - Sucesos importantes en la Industria del Helado 4**

1700 El helado es traído a América por los colonos ingleses.

1774 En New York , se elabora helado en conjunto con otros productos de confitería.

1848 Es patentado y probado el primer congelador manual con batidor incluido.

1856 Se abre en Connecticut ( EUA ) la primera fábrica de leche condensada.

- 1895 Se introducen al mercado las primeras máquinas pasteurizadoras.
- 1896 Se desarrolla la industria de la leche en polvo, creando nuevas expectativas para su uso.
- 1899 El homogeneizador se inventa en Francia, después de dos años de fallidos intentos.
- 1900 Es fundada la Asociación de Fabricantes de Helados.
- 1902 Se inventa el congelador horizontal con salmuera circulante.
- 1911 El proceso de homogeneización es aplicado a leches evaporadas y condensadas.
- 1913 Se introduce el congelador de expansión directa. El proceso de congelación continua comienza a utilizarse.
- 1920 El helado es reconocido como un alimento nutritivo y esencial, por lo cual debe ser incluido como parte de la dieta diaria.

- 
- 1925 El hielo seco ( CO<sub>2</sub> sólido ) es utilizado para facilitar la transportación del helado.
- 1926 Es creado el congelador para la elaboración de helados suaves.
- 1935 Se desarrolla y acepta la fabricación de congeladores continuos tipo *Vogt*, mismos que se usan actualmente en producciones a gran escala.
- 1945 Se diseñan las primeras cámaras de almacenamiento en frío, para la óptima conservación de postres congelados.
- 1950 Se manufacturan los primeros productos hechos con grasas vegetales.
- 1953 La pasteurización de alta temperatura y tiempos cortos ( HTST ), es autorizada para mezclas de helados.
- 1960 Las normas de calidad para la elaboración de helados y postres congelados son aprobadas por la FDA.
- 1970 Se desarrollan industrialmente los equipos de manufactura altamente automatizados para la producción de grandes volúmenes.

Es importante resaltar que la verdadera expansión de la producción y consumo se inició con la revolución industrial; a partir de entonces se desarrollaron las técnicas y las máquinas que han propiciado la obtención de un producto fácil de elaborar y de conservar, al mismo tiempo que es asequible.

En México, su consumo ha aumentado en los últimos años, ya que la creación de nuevas plantas ha incrementado la potencialidad de consumos cada vez más fuertes en nuestro país, <sup>25</sup> además de que actualmente ya no se tienen problemas para conseguir los emulsificantes y estabilizantes utilizados en su elaboración.

## 2. 2.- FUNCIONALIDAD DE LOS INGREDIENTES

El término *Helado* es comúnmente utilizado para definir un producto congelado consistente en una mezcla de productos lácteos, azúcar, sabores, colorantes y estabilizantes. El producto terminado puede o no contener huevos, frutas, jugo de fruta, etc.

El helado posee tres propiedades que lo sitúan como un alimento muy importante :

- es nutritivo
- tiene sabor y textura agradables
- su presentación es muy atractiva.

Fisicoquímicamente hablando, el helado es una espuma en la que la fase continua es una emulsión parcialmente congelada. Esta espuma está formada por un 40 - 50 % de aire (*overrun* o *sobrerrendimiento*) y se caracteriza por tener alta viscosidad, baja densidad, alta área y energía superficial. La fase continua es una solución acuosa no congelada que contiene sales solubles de leche, lactosa, azúcares agregados y sólidos dispersos en estado coloidal ( proteínas, sales, estabilizantes y grasa ) en forma de una emulsión. Los cristales están en la fase dispersa, ocupando la mayor porción del espacio entre las celdas de aire. <sup>39</sup>



Los ingredientes que componen generalmente la formulación de un helado son **grasa, leche, azúcar y saborizantes**, los emulsificantes y estabilizantes se agregan para aumentar la calidad del producto. Cada uno de los componentes de la mezcla tiene una función especial :<sup>24,39</sup>

### **2.2.1 - Grasa**

Sus características físicas ( punto de fusión y composición de ácidos grasos ), tienen una influencia considerable en las propiedades sensoriales y la estabilidad del helado. Cuando se utilizan grasas vegetales parcialmente hidrogenadas ( coco, cacahuete, palma, algodón ), el punto de fusión debe estar comprendido entre 28 y 35 °C. Cuánto más alto es el contenido de grasa en la mezcla, mayor es la viscosidad, la incorporación de aire es mejor y la consistencia es más suave y cremosa. Un alto contenido de grasa provoca la formación de cristales de hielo más pequeños.

### **2.2.2 - Sólidos no grasos de leche**

Se componen de lactosa, proteína y minerales; contribuyen notablemente al sabor del helado. Las proteínas de la membrana del glóbulo de grasa ( caseínas ) tienen propiedades emulsificantes, mejorando la distribución de aire durante el

batido y la textura del producto final. Los azúcares presentes en la leche realzan aún más la nota dulce producida por los demás azúcares; en tanto que las sales lácteas tienden a ejercer un efecto de potenciador de sabor en el helado terminado.<sup>30</sup> La lactosa puede cristalizar dando una sensación arenosa, por lo que el contenido de sólidos no grasos de leche no debe pasar del 17 %.

### **2.2.3 - Carbohidratos**

Su función principal es incrementar la aceptabilidad del producto, no solamente endulzándolo, sino mejorando el sabor cremoso agradable.

Aumentan la viscosidad y la concentración total de sólidos en la mezcla; mejoran el cuerpo y la textura del producto, siempre y cuando el contenido total de sólidos no exceda del 42 %. Controlan la suavidad del helado debido a que disminuyen el punto de fusión.

### **2.2.4 - Estabilizantes**

Son moléculas que se hidratan cuando se añaden al agua. Durante este proceso las moléculas más grande de estabilizante se disgregan y se disuelven. Esto lleva a la formación de puentes de hidrógeno que a través de todo el líquido

forma una red, reduciendo así la movilidad del agua restante no enlazada y de las partículas de los componentes de la mezcla ( azúcar, grasa y sueros ).<sup>33, 35</sup>

Aumentan la viscosidad de la mezcla, influyen en la textura y el cuerpo del producto, mejoran la incorporación de aire y la distribución de éste, dan resistencia al derretido, mejoran la estabilidad durante el almacenamiento, evitando la pérdida de aire y la separación de carbohidratos y agua en el fenómeno conocido como sinéresis, conservando la calidad del helado cuando éste es expuesto a cambios bruscos de temperatura, además de que previenen el crecimiento de cristales de hielo, que tanto afectan a las propiedades sensoriales del producto terminado.<sup>27, 33, 35</sup>

Las proteínas lácteas ( caseínas ) presentes en el helado, actúan como estabilizantes, teniendo una mayor importancia que los añadidos.<sup>24</sup>

Los estabilizantes utilizados en el helado y en los postres congelados se obtienen de fuentes naturales ( algas marinas, semillas o exudados de plantas ). En la tabla 2. 2. 1, se presenta una lista de algunos de los estabilizantes más conocidos, clasificados según su origen.<sup>31, 33</sup>

**Tabla 2. 2. 1 : Origen de los estabilizantes más utilizados en la industria alimentaria ( 1<sup>ra</sup> parte )**

FUENTE	PRODUCTOS
Exudados vegetales	Goma Arábica
	Goma Ghatti
	Goma Tragacanto
	Goma Karaya
Semillas	Goma de Garrofin
	Goma Guar
	Goma de semillas de Zaragatona
	Goma de semillas de Membrillo
	Goma de semillas de Tamarindo
	Harina de Algarrobo
Extracto de algas marinas	Agar agar
	Alginatos
	Carrageninas
	Furcelaran

Fuente : 1.- El Origen de los Estabilizantes, ITAL Mensaje, Documento Técnico, Ingeniería Técnica en Alimentos S. A. de C. V., México ( 1991 ).

2.- Emulsionantes y Estabilizantes para la Industria del Helado, Documento Técnico, Grindsted Products, México.

**Tabla 2. 2. 1 : Origen de los estabilizantes más utilizados en la industria alimentaria ( 2<sup>da</sup> parte )**

FUENTE	PRODUCTOS												
Cascarillas y / o frutas	<table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Pectinas</td> <td>{</td> <td>Bajo Metoxilo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Alto Metoxilo</td> </tr> </table>	{	Pectinas	{	Bajo Metoxilo				Alto Metoxilo				
{	Pectinas	{	Bajo Metoxilo										
			Alto Metoxilo										
Derivados de celulosa	<table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Carboximetilcelulosa de sodio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Celulosa microcristalina</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Metilcelulosa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Metiletilcelulosa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hidroxipropilcelulosa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hidroxipropilmetilcelulosa</td> </tr> </table>	{	Carboximetilcelulosa de sodio		Celulosa microcristalina		Metilcelulosa		Metiletilcelulosa		Hidroxipropilcelulosa		Hidroxipropilmetilcelulosa
{	Carboximetilcelulosa de sodio												
	Celulosa microcristalina												
	Metilcelulosa												
	Metiletilcelulosa												
	Hidroxipropilcelulosa												
	Hidroxipropilmetilcelulosa												
Microbiológicas	<table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Dextranos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Goma xantana</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\beta</math> - 1, 3 - glucanos</td> </tr> </table>	{	Dextranos		Goma xantana		$\beta$ - 1, 3 - glucanos						
{	Dextranos												
	Goma xantana												
	$\beta$ - 1, 3 - glucanos												
Proteicas	{ Grenentina												

Fuente : 1.- El Origen de los Estabilizantes, ITAL Mensaje, Documento Técnico, Ingeniería Técnica en Alimentos S. A. de C. V., México ( 1991 ).

2.- Emulsionantes y Estabilizantes para la Industria del Helado, Documento Técnico, Grindsted Products, México.

### 2. 2. 5 - Emulsificantes

Una emulsión es una dispersión de una sustancia inmiscible en otra. Algunos ejemplos típicos en el helado son : la dispersión de grasa en agua y la de aire dentro del producto congelado. Debido a la tensión interfacial entre los componentes, es difícil la formación de una emulsión. Los productos que tienen la capacidad de reducir esta tensión interfacial, facilitando así la formación de una emulsión, son llamados emulsificantes.<sup>32,33</sup>

El efecto principal de los emulsificantes en el helado es su capacidad para desestabilizar la membrana de los glóbulos de grasa, originando la ruptura de éstas durante la congelación y el batido, provocando la liberación parcial de la grasa que contienen. Dicha grasa forma aglomerados que se colocan en el área interfacial que hay entre la fase acuosa y las células de aire incorporado, con lo que se estabilizan las células de aire.<sup>33</sup>

Las principales funciones de los emulsificantes son : mejorar la dispersión de la grasa, controlar la aglomeración y coalescencia de la grasa, facilitar la incorporación y distribución de aire, conferir una textura y consistencia más fina y suave, aumentar la resistencia a la contracción y mejorar las propiedades del derretido.

Los emulsificantes más utilizados son los mono y diglicéridos.

En la figura 2. 2. 1 se puede ver la microestructura del helado.

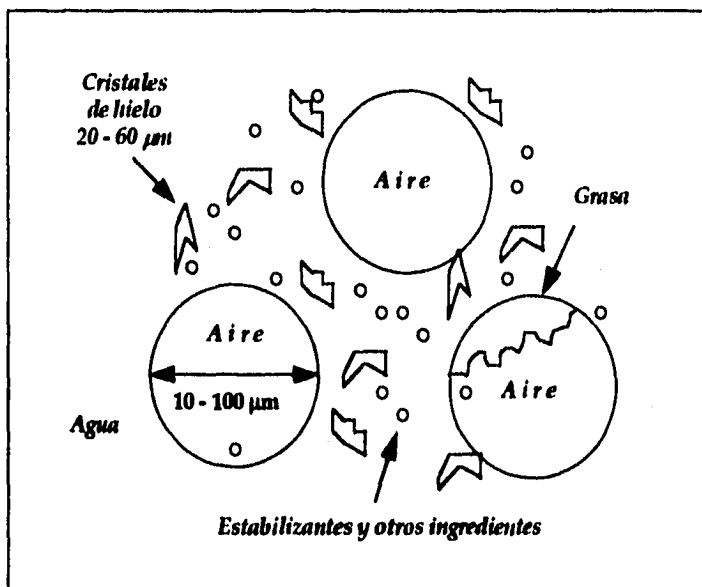


Figura 2. 2. 1 : Microestructura del Helado

Fuente : Emulsionantes y Estabilizantes para la Industria del Helado, Documento Técnico, Grindsted Products, México.

### 2. 3.- CLASIFICACIÓN

Los diferentes tipos de postres congelados son valorados principalmente por su sabor y apariencia agradable, así como por su efecto refrescante. Para efectos de fabricación e identidad del producto, es necesario establecer clasificaciones de los diversos postres congelados. Dichas clasificaciones involucran variables en el proceso y diferencias porcentuales en los ingredientes que componen cada uno de los productos.

La composición de los helados generalmente se expresa en términos de porcentaje de los distintos ingredientes. El porcentaje de grasa varía mucho más que el de los demás componentes, fluctuando de 8 a 24 %.

Todos los tipos de postres congelados se encuentran incluidos dentro de las siguientes clasificaciones : <sup>13</sup>

- |                               |                  |                    |
|-------------------------------|------------------|--------------------|
| - Helados de Crema            | - Nieves         | - Leches Heladas   |
| - Helados de Grasa Vegetal    | - Helados Suaves | - Natas Congeladas |
| - Especialidades de Paletería | - Sorbetes       | - Otros productos  |
| - Helados tipo " Premium "    |                  |                    |



### **2.3.1 - Helados de Crema**

Deben contener un mínimo de 10% en peso de grasa láctea, 6% de sólidos no grasos de leche (SNGL) y un 20% de sólidos totales de leche, excepto cuando se saboriza con un ingrediente que imparte bastante volumen como el chocolate, frutas, nueces, productos de confitería y cereales, en éste caso, no deberá contener menos del 8% de grasa láctea y 16% de sólidos totales de leche. No puede tener más de 0.5% de estabilizantes y 0.3% de mono o diglicéridos como emulsificante; teniendo la opción de utilizar 0.1% de polisorbatos como emulsificante. <sup>22</sup>

### **2.3.2 - Helados de Grasa Vegetal ( Mellorine )**

Se considera como una variación del helado de crema, en el cual, la grasa láctea es sustituida por grasa vegetal. Se utilizan a nivel industrial aceite de soya, de semilla de algodón y primordialmente aceite de coco. El contenido de grasa varía entre un 4 y 10%, dependiendo del fabricante. <sup>16</sup>

### **2. 3. 3 - Sorbetes**

El concepto de sorbete involucra postres frescos, dulces y ácidos que se saborizan con fruta, los cuales deberán contener de 1 - 2% de grasa láctea, de 30 - 40% de overrun y no más del 5% en peso de sólidos lácteos.

El sorbete de frutas deberá contener el doble de sólidos edulcorantes que el helado de crema, aproximadamente 28 - 35%. Una parte de éstos siempre serán a base de glucosa o sólidos de maíz.<sup>35</sup>

### **2. 3. 4 - Nieves**

Las nieves son elaboradas a partir de jugos frutales, azúcar y estabilizantes ( derivados de pectinas ), con o sin adición de ácidos, colorantes y saborizantes. Deben ser congeladas a una consistencia similar al helado de crema. Generalmente contienen de 28 - 35% de azúcar, 20 - 25% de overrun y productos no lácteos.<sup>36</sup>

### 2. 3. 5 - Helados Suaves ( Soft Serve )

Este producto se congela entre - 6 y - 7 °C, siendo ésta la temperatura óptima para su consumo inmediato, debiendo obtener un producto con características suaves, impartiendo un overrun más bajo que el helado de crema ( 30 - 50% ) y sin tener que pasar por una operación de endurecimiento. Es muy importante mantener la mezcla a temperaturas que oscilen de - 1 a 5 °C antes de su congelación.<sup>23</sup>

### 2. 3. 6 - Especialidades de Paletería

Deben contener al menos un 17% en peso de sólidos totales, los cuales provienen en su mayoría de sacarosa y sólidos de maíz. Generalmente son aciduladas con ácido cítrico o tartárico y saborizadas con cualquier tipo de fruta. La congelación se realiza en moldes sin tener una agitación constante. El overrun no deberá exceder del 10%.

Existen también las variedades que se fabrican a base de sólidos lácteos ( mínimo 13% ), que deben contener un mínimo de 33% de sólidos totales. Este producto es conocido como *paleta de crema*, la cual puede contener una cobertura de chocolate para hacerla aún más atractiva.<sup>6</sup>

### **2.3.7 - Helados tipo " Premium "**

Se considera un producto de lujo ya que contiene de 16 - 18% de grasa láctea, haciéndolo muy paladeable, sin embargo, su volumen de producción es muy limitado debido a su alto e inaccesible valor comercial.

### **2.3.8 - Leches Heladas ( Ice Milk )**

Comparada con el helado de crema regular, la leche helada debe contener menos grasa ( 3 - 6% ) y sólidos totales, pero más sólidos lácteos ( 12 - 14% ), edulcorantes y estabilizantes para controlar el cuerpo y la textura.

### **2.3.9 - Natas Congeladas ( Frozen Custard )**

Se les conoce también como helado francés o nata francesa. Este producto tiene la misma composición y regulación que el helado de crema, con la excepción de contener un mínimo de 1.4% de sólidos de yema de huevo. En México la manufactura de natas congeladas es prácticamente nula y el producto es desconocido por el consumidor.<sup>29</sup>

**2. 3. 10 - Otros productos <sup>19</sup>**

Dentro de esta clasificación se incluyen productos como :

- **Pasteles Congelados** : Mínimo 18% de grasa láctea y un máximo de 12% de sólidos no grasos de leche.
- **Yoghurts Congelados** : Hechos a partir de leche entera, conteniendo edulcorantes, estabilizantes, emulsificantes y saborizantes. Puede tratarse de yoghurt sometido a congelación o de una mezcla de éste con helado de crema.<sup>7</sup>
- **Productos fabricados a partir de grasa vegetal ( 3 - 6% )** y cuando menos 10% de sólidos lácteos totales.
- **Productos tipo " Parevine "** : Deben contener 10% de grasa vegetal, sin la adición de ingredientes cuyo origen sea lácteo.

### 2.3.11 - Clasificación Oficial Mexicana <sup>41</sup>

Según la Norma Oficial Mexicana NOM - 036 - SSA1 - 1993. Bienes y Servicios. Helados o nieves, sorbetes de crema, de leche o grasa vegetal y bases o mezclas para helados o nieves, los helados se clasifican en 6 categorías diferentes según su composición (Tabla 2.2.2).

Tabla 2.2.2: Clasificación de los helados en México

COMPONENTE (% mínimo)	CATEGORÍAS					
	a	b	c	d	e	f
Grasa de leche	7.0	2.0	1.0	-----	-----	-----
Grasa vegetal	-----	-----	-----	7.0	2.5	1.0
Sólidos no grasos	7.0	9.0	1.0	7.0	9.0	1.0
Sólidos totales	26.0	25.0	15.0	26.0	25.0	15.0
Proteínas de leche	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Fosfatasa residual (UF / g máx.)	4	4	4	4	4	4
Volumen de aire máx.	2.2	2.0	2.0	2.2	2.0	2.0
Peso por volumen (g / l mín.)	475	475	475	475	475	475

Fuente : Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM - 036 - SSA1 - 1993. Bienes y Servicios. Helados o nieves, sorbetes de crema, de leche o grasa vegetal y bases o mezclas para helados o nieves, México (1994).

*Categorías :*

- a) Helados o nieves de crema
- b) Helados o nieves de leche
- c) Sorbetes
- d) Helados o nieves de crema vegetal
- e) Helados o nieves de grasa vegetal
- f) Sorbetes de grasa vegetal

En el caso de las categorías *d, e ó f* puede utilizarse grasa de crema de leche en combinación con grasa vegetal. Todo producto que contenga grasa vegetal aún en una porción mínima caerá en las categorías *d, e ó f*.

El volumen de aire que se incorpora a los productos, se ajustará a la relación que resulta de dividir el volumen del producto expresado en litros, entre la masa del mismo, expresada en Kg.; relación que no será mayor a 2, la cual podrá ser igual a 2.2, cuando los sólidos totales de estos productos sean superiores a 30%.

## **2. 4.- PROCESO DE FABRICACIÓN**

En la manufactura de postres congelados, es muy importante la forma en que las mezclas han sido procesadas, para obtener un producto terminado con óptimas características para su consumo.

La fabricación de helados se divide en dos procesos tecnológicos :<sup>24</sup>

1. La elaboración de la mezcla, que va desde la recepción de las materias primas hasta la maduración.
2. La fabricación propiamente dicha del helado, que en la producción industrial incluye el envasado y el endurecimiento.

Las etapas que se siguen durante la elaboración del helado son :<sup>24,32,39</sup>

### **2.4.1- Recepción, análisis y dosificación ( pesado ) de las materias primas.**

El análisis que se realiza a cada materia prima permite conocer su calidad, con lo cual es posible estandarizar el producto terminado.



### 2.4.2 - Mezclado

Tiene como finalidad estandarizar la mezcla, de tal modo que todas las materias primas que intervienen en ella se solubilizan y formen una emulsión adecuada.

En primer lugar, es necesario hidratar la leche y el suero; éstos se colocan en el tanque de pasteurización que contiene agua, la cual se va calentando paulatinamente.

Los demás ingredientes sólidos, excepto la grasa, se mezclan en seco; el azúcar actúa como antiaglomerante, evitando que las gomas, el emulsificante y en determinados casos la cocoa, se apelmacen, facilitando de esta manera su solubilización. Se agregan al tanque poco a poco y con agitación constante.

Una vez que la mezcla se encuentra a una temperatura por encima del punto de fusión de la grasa empleada (  $\approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ), ésta puede ser agregada, agitando constantemente para lograr una distribución uniforme.

### 2. 4. 3 - Pasteurización

Cumple dos finalidades : eliminar a los microorganismos patógenos que se pudieran encontrar en la mezcla y obtener la mejor hidratación posible de todos los ingredientes. <sup>1,33</sup>

Las condiciones de pasteurización ( 72 °C durante 30 min. ), son más drásticas que para la leche, debido a que se tiene un mayor contenido de grasa y una mayor proporción de sólidos totales.

En algunas fábricas, se deja reposar la mezcla durante 15 minutos después de la pasteurización, con el fin de determinar defectos en la solubilización de los ingredientes ( formación de grumos ), lo que ocasionaría problemas durante la homogeneización ( obturación de los orificios del homogeneizador ).

### 2. 4. 4 - Homogeneización

Con esta operación las partículas de grasa se fragmentan hasta 1  $\mu\text{m}$  aproximadamente, con lo cual se logra una emulsión más estable. Las mezclas homogeneizadas originan helados con más cuerpo y suavidad que una mezcla no homogeneizada. <sup>37</sup>

En principio, el homogeneizador consiste en una bomba de alta presión y una válvula de reducción, en el que la mezcla del helado se somete a un flujo turbulento, mediante el cual se reduce el tamaño del glóbulo de grasa.<sup>33</sup>

La temperatura de la mezcla en el momento de homogeneizarla puede afectar la aglomeración y la viscosidad. Las mezclas más uniformes se obtienen cuando la homogeneización se realiza a temperaturas cercanas a las de pasteurización.

Las presiones altas de homogeneización pueden originar mezclas excesivamente viscosas. La presión óptima ( $\approx 2200$  p.s.i. ó  $5.5 \text{ Kg. / cm}^2$ ), depende del porcentaje y tipo de grasa, la relación entre la grasa y los sólidos no grasos de leche, la cantidad de estabilizante utilizado, la temperatura y la acidez de la mezcla.<sup>33,40</sup>

#### 2.4.5 - Maduración

Consiste en enfriar la mezcla inmediatamente hasta alcanzar una temperatura de 1 a 4 °C haciéndola pasar a través de placas de enfriamiento, evitando de esta manera el crecimiento microbiano. La mezcla se mantiene en esta temperatura por un tiempo determinado, ( 15 minutos con agitación, 1 hora de reposo total ), con lo cual se promueve la cristalización de la grasa y la hidratación completa de las proteínas lácteas y de los estabilizantes. Con estos cambios aumenta la congelación, la incorporación de aire, el cuerpo, la textura y la resistencia al derretido.<sup>33</sup>

#### 2.4.6 - Batido y congelación

Dentro del congelador, el aire es incorporado a la mezcla por medio del batido. La mezcla se congela como una capa muy fina sobre las paredes del cilindro del congelador y es removida rápidamente mediante la agitación de las navajas de dicho cilindro. La mezcla se vuelve más viscosa y con cierta plasticidad.<sup>27</sup>

El agua en las mezclas de helado comienza a congelarse aproximadamente a los -3 °C, la temperatura exacta depende de la cantidad y tipo de sustancias

disueltas en la fase acuosa. La temperatura va disminuyendo conforme los cristales de hielo se van formando, ya que la solución no congelada está más concentrada con respecto a los ingredientes solubles. Cuando la temperatura se reduce al nuevo punto de congelación, mayor cantidad de agua se congelará.<sup>22</sup>

La descarga del helado que proviene del congelador es un fluido con textura plástica que contendrá, dependiendo de la temperatura, entre 30 - 60 % de agua congelada. Para el helado convencional, el overrun impartido será de 60 - 100% de aumento en volumen.

#### **2.4.7 - Empacado**

Se coloca en el empaque adecuado ( cilindros de cartón, moldes de plástico, etc. ) para su almacenamiento y distribución.

#### **2.4.8 - Endurecimiento y Almacenamiento**

Hasta este punto, el helado sólo se encuentra parcialmente congelado ( 48 - 52 % ); no es lo suficientemente rígido para almacenarlo, transportarlo y que conserve su sobrerrendimiento, cuerpo y textura, por lo que necesita un congela

miento adicional al rededor de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con lo que se logra tener un 85% del agua congelada ( Fig. 2. 2. 2 ). Debe hacerse lo más rápido posible para que los cristales de hielo sean pequeños.

Si la temperatura de almacenamiento es constante ( $\approx -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) el helado puede permanecer por varios meses sin producir defectos de textura. En cambio, si la temperatura fluctúa constantemente se desarrollarán grandes cristales de hielo, resultando productos muy defectuosos.

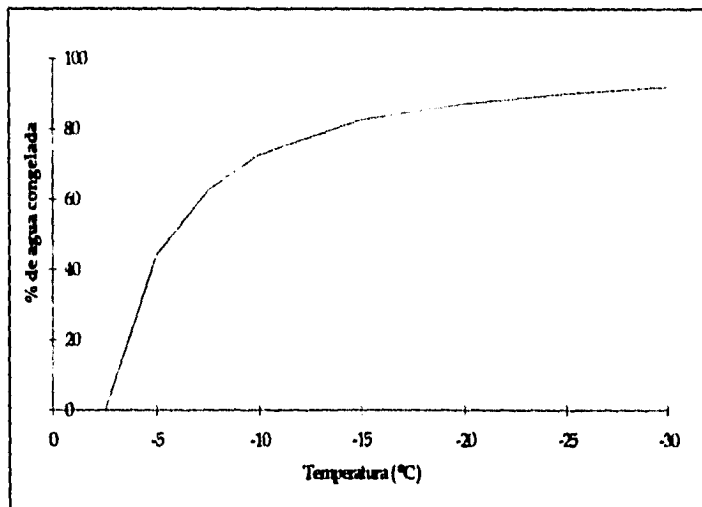


Figura 2. 2. 2 : Formación de cristales de agua en el helado

Fuente : Emulsionantes y Estabilizantes para la Industria del Helado, Documento Técnico, Grindsted Products, México.

**2.4.9 - Distribución**

Una vez que el producto terminado ha tenido un almacenamiento eficiente, se distribuye en camiones equipados con unidades de refrigeración mecánica, cuya temperatura debe ser del orden de - 15 a - 20 °C. <sup>14</sup>

## **2. 5.- DEFECTOS DE FABRICACIÓN**

Las características que se buscan y desean como producto terminado en cualquier especialidad de helados, es que, teniendo una apariencia y consistencia atractivas, sean suaves a la lengua, de masticación agradable, de constitución uniforme y de fusión adecuada. Cualquier variación en una de estas cualidades constituye un defecto, que puede ser originado por diversas causas producidas a lo largo de su proceso de fabricación.

Las causas principales para la aparición de defectos en el helado son :

- a) Ingredientes defectuosos o alterados
- b) Formulación desequilibrada
- c) Error en alguno de los pasos del proceso de elaboración
- d) Defectos de envase y embalaje



### 2. 5. 1 - Defectos de Cuerpo y Textura <sup>26</sup>

El término *cuerpo*, se refiere a la firmeza o resistencia que presenta el producto a la manipulación, en tanto que el término *textura*, se relaciona con el tamaño de las células de aire, tamaño de cristales y constituyentes de la mezcla.

#### a ) Textura Arenosa

Se caracteriza por contener aparentes partículas de arena debido principalmente a la presencia desbalanceada de la lactosa ( exceso de sólidos no grasos de leche ). Este defecto no debe confundirse con la aparición de cristales de hielo, los cuales desaparecen por fusión.

La lactosa está presente bajo dos formas en equilibrio, la forma alfa monohidratada y la beta anhidra, que es más soluble en agua a temperatura ambiente. Hay que tomar en cuenta que si la relación lactosa /agua es mayor a 1 /12.5 existe el riesgo de formación de cristales de alfa lactosa. Esta formación es retardada con la utilización de sacarosa, dextrosa, gelatina, temperaturas elevadas de pasteurización, enfriamiento rápido, así como óptima maduración de la mezcla.

Otras causas :

- ◆ Fluctuaciones de temperatura en las cámaras de endurecimiento.
- ◆ Ablandamiento y endurecimiento alternados en el producto terminado.

**b) Textura Áspera**

Se debe a la formación de cristales de hielo relativamente grandes, que son detectables en la lengua, causada por :

- ◆ Bajo contenido de estabilizantes.
- ◆ Mezcla demasiado ácida.
- ◆ Homogeneización y congelación deficientes.
- ◆ Demora en colocar el producto en cámaras de endurecimiento.
- ◆ Fluctuación constante de temperaturas.
- ◆ Problemas de almacenamiento en la fase de distribución.

**c) Textura Basta**

Ocasionada por la formación de grandes cristales de hielo, carencia de uniformidad y grandes células de aire, estando presentes en helados de agua y / o sorbetes, causada por :

- ◆ Insuficiencia de sólidos totales.
- ◆ Inadecuada selección de estabilizante.
- ◆ Congelación y endurecimiento muy lentos.
- ◆ Demasiado overrun.
- ◆ Choque térmico muy drástico.
- ◆ Falta de endurecimiento.
- ◆ Temperaturas fluctuantes durante el almacenamiento.

**d) Textura Cristalina**

Se caracteriza por la presencia de cristales en la superficie del helado, formando puntos circulares, especialmente en los sorbetes. Se debe a la cristalización de la sacarosa y / o a la congelación del agua liberada.

**e) Producto Flojo**

Al helado le falta masticabilidad y su fusión es mucho más rápida, por :

- ◆ Bajo contenido de sólidos totales.
- ◆ Cantidad insuficiente de estabilizante.

**f) Cuerpo Desmenuzable**

El producto se fragmenta con facilidad, principalmente en nieves y sorbetes, originado por :

- ◆ Overrun excesivo.
- ◆ Bajo contenido de sólidos totales, principalmente sacarosa.
- ◆ Homogeneización excesiva.
- ◆ Cantidad insuficiente de estabilizante.
- ◆ Utilización de ciertos estabilizantes de origen vegetal como goma de tragacanto o agar.

**g) Textura Rígida o Dura**

Se manifiesta de la misma forma que la anterior, con la excepción de que este tipo de defecto tiene lugar en helados de crema. Las causas son :

- ◆ Exceso de estabilizante y de sólidos totales.
- ◆ Poca cantidad de azúcar.
- ◆ Demasiado overrun.
- ◆ Enfriamiento muy lento de la mezcla después de su pasteurización.
- ◆ Mal batido en la congelación.

**h) Textura Harinosa**

Se caracteriza por la textura abierta y grandes células de aire, causada por :

- ◆ Excesivo overrun.
- ◆ Excesiva dosificación de emulsificantes.
- ◆ Bajo contenido de sólidos totales.

**i) Textura Húmeda**

Se distingue por un producto denso, pesado, húmedo y resistente a la fusión. Es frecuente en helados de crema, ocasionada por :

- ◆ Exceso de sólidos no grasos de leche.
- ◆ Impartición deficiente de overrun ( poco desarrollo ).
- ◆ Envasado deficiente del producto terminado.

**j) Textura Pegajosa**

Se trata de un producto escurridizo, gomoso, difícil de derretir, tiende a retener su forma y es difícil de manipular. Es originada por cantidades excesivas de overrun, estabilizante y sacarosa.

**k) Textura Gruesa**

Produce la sensación de un helado mal terminado y poco uniforme. Las causas son :

- ◆ Insuficientes cantidades de sólidos totales, sólidos no grasos de leche, azúcar y estabilizante.
- ◆ Homogeneización a presión insuficiente.
- ◆ Maduración a temperaturas muy altas.
- ◆ Congelación y endurecimiento demasiado lentos.
- ◆ Salida del producto proveniente del congelador a temperaturas muy altas.
- ◆ Fluctuaciones de temperatura muy recurrentes en la fase de almacenamiento y conservación.

### 1) Textura Grumosa

Aparición de grumos congelados en el interior de la masa de helado, causados por :

- ◆ Presencia de determinados estabilizantes de origen vegetal.
- ◆ Batidor del congelador trabajando a marchas forzadas.
- ◆ Exceso de sólidos totales.

**m) Textura Mantecosa**

Defecto caracterizado por la aparición de gránulos de mantequilla en el helado, dejando una película muy desagradable de grasa en el paladar, debido a :

- ◆ Exceso de grasa en la formulación.
- ◆ Homogeneización insuficiente.
- ◆ Temperatura alta en la mezcla antes de la congelación.
- ◆ Escaso contenido de sólidos no grasos de leche.
- ◆ Alta acidez en la mezcla.
- ◆ Operación de batido con las cuchillas del congelador muy desgastadas.

**n) Textura Seca**

Imparte la sensación de un producto de dudosa calidad. Este defecto es originado por :

- ◆ Cantidades excesivas de leche en polvo.
- ◆ Uso de determinados estabilizantes de origen vegetal.
- ◆ Homogeneización a presiones más altas de las establecidas.



### 2.5.2 - Defectos en la Calidad de Derretimiento <sup>15, 17</sup>

Cuando una especialidad de heladería es expuesta a la temperatura del lugar donde va a consumirse, deberá poseer un adecuado derretimiento, es decir, fundirse de un modo uniforme y regular, quedando con una apariencia similar a la que tenía la mezcla original. Un helado que al fundir lo hace, con aparición de espuma, coágulos, estrías o separación de líquido, es considerado por la mayoría de los consumidores como defectuoso y puede hacer pensar que está adulterado o elaborado con ingredientes de mala calidad; como consecuencia será rechazado.

#### a ) Aparición de Coágulos

Se forman grumos en la crema líquida durante el derretimiento. Las causas son:

- ◆ Alto contenido de leche entera, aunado a homogeneizaciones a presión excesiva.
- ◆ Exceso de calcio en los derivados lácteos.
- ◆ Alta acidez de la mezcla en el momento de homogeneizarla, favoreciendo la floculación de proteínas.
- ◆ Almacenamiento muy prolongado del producto terminado.

**b ) Aparición de Espuma**

Se manifiesta por la aparición de distintos tipos de espuma. Sus principal causa es una excesiva dosificación de estabilizante y / o estabilizante.

**c ) Formación de Estrías**

Defecto caracterizado por la presencia de surcos color mate en la superficie del helado fundido. Se debe a la combinación de los siguientes factores :

- ◆ Exceso de emulsificante.
- ◆ Homogeneización deficiente.
- ◆ Congelación excesiva, dando lugar a consistencias muy duras.
- ◆ Congelador trabajando a una capacidad de operación reducida.
- ◆ Períodos muy largos de almacenamiento.

**d ) Derretimiento Lento**

Este defecto causa al consumidor la sensación de estar ingiriendo un producto que no es natural. Sus causas pueden ser :

- ◆ Exceso de estabilizante.
- ◆ Homogeneización de la mezcla a presión excesiva y a temperatura muy baja.
- ◆ Precipitación de proteínas lácteas, debido al uso de estabilizantes que tienden a reaccionar con ellas.
- ◆ Alta acidez de la mezcla.
- ◆ Desnaturalización de las proteínas en el producto debido a una congelación drástica.
- ◆ Uso de mantequilla o nata congelada.
- ◆ Alto contenido de grasa.

#### **e) Separación del Suero**

Se manifiesta por la formación de un líquido claro en productos cuya fusión es lenta, sin que este defecto constituya una sínéresis. Se debe a :

- ◆ Uso de leche con un alto contenido de grasa.
- ◆ Overrun insuficiente.

Otro tipo de defectos puede presentarse debido a : 4.21

- Reacciones químicas no enzimáticas.
- Acción de enzimas presentes en el alimento.
- Acción de la flora microbiana que contiene el producto.

El mecanismo de estos fenómenos es complejo, frecuentemente son varios los factores que en acción sinérgica provocan el deterioro del alimento.

Es de destacar el estudio de la rancidez, la cual puede considerarse como el inicio de la oxidación de los ingredientes grasos que contienen los helados. Básicamente la reacción es de índole química y determina profundas modificaciones sensoriales como sabor añejo, amargo, picante, jabonoso, etc. y los productos resultantes provocan la destrucción de vitaminas.

## **CAPÍTULO 3**

# **JARABES DE MAÍZ DE ALTA FRUCTOSA**

### 3. 1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS <sup>11</sup>

El estudio de los edulcorantes provenientes del almidón comenzó a principios del siglo XIX, buscando un sustituto de la sacarosa, ya que había escasez de ésta debido al bloqueo de los puertos europeos por la guerra entre Francia e Inglaterra.

En 1811, Kirchoff dio las bases para la industria de los edulcorantes de maíz, mientras buscaba un sustituto de la goma arábica utilizada como ligante; descubrió que se obtenía un material dulce al calentar una suspensión del almidón en presencia de ácido sulfúrico.

En 1815, Saussere reportó que la conversión ácida del almidón se llevaba a cabo por hidrólisis en lugar de deshidratación y que el azúcar del almidón era el mismo que el de la uva.

La manufactura comercial de dextrosa por hidrólisis del almidón de papa se llevó a cabo a partir de 1842 y el azúcar de maíz se produjo a partir de 1866 en los Estados Unidos.

A finales del siglo XIX, el almidón era hidrolizado únicamente con ácido diluido para generar glucosa y dextrinas para propósitos comerciales. Los productos y aplicaciones eran limitados debido al sabor y color indeseables que se generaban por la hidrólisis no específica. En 1940, el almidón de maíz era la principal materia prima para la producción de glucosa y la introducción de la tecnología enzimática para las reacciones de hidrólisis permitió obtener jarabes con un contenido específico de ésta, aumentando así su aplicación en diversas áreas; el proceso utilizado era ácido - enzimático.

En los años 60's, la enzima utilizada era una glucoamilasa fúngica y para 1970 se utilizó  $\alpha$  - amilasa bacteriana para sustituir el paso de hidrólisis ácida.

Como azúcar, la fructosa puede encontrarse en muchas frutas y vegetales; es uno de los monosacáridos constituyentes de la sacarosa. Se aisló en 1847 y se preparó por isomerización alcalina de la dextrosa en 1895.

La conversión de jarabes de glucosa en jarabes de fructosa por medio de enzimas se llevó a cabo a partir de 1960. La producción comercial de jarabes de maíz de alta fructosa ( HFCS ) comenzó en Japón en 1966. Inicialmente, el jarabe se producía utilizando enzimas solubles, pero a partir de 1972 se utilizó la tecnología de enzimas inmovilizadas. Desde entonces, el proceso ha sido refinado

teniendo un mejor control del punto final de la hidrólisis, utilizando nuevas fuentes bacterianas de la enzima isomerasa y nuevas técnicas de inmovilización de ésta.



### 3. 2.- AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN

Los jarabes de maíz de alta fructosa ( HFCS ) se obtienen del almidón de dicho cereal, el cual es hidrolizado a glucosa, convirtiéndola después en fructosa por acción enzimática ( glucosa isomerasa ).<sup>5, 11, 34</sup>

Se parte de una suspensión de almidón que ha sido calentada y gelatinizada. La hidrólisis del almidón se lleva a cabo con  $\alpha$  - amilasa a un pH entre 4 y 5, a una temperatura de 105 ó 148 °C. De este tratamiento se obtienen glucosa y dextrinas. Posteriormente, se agrega glucoamilasa para obtener un 95% de glucosa.

El jarabe obtenido se filtra para eliminar impurezas como proteínas y aceites, las columnas de carbón activado remueven color, olor y sabor. Una columna de intercambio iónico elimina los minerales y aniones presentes, obteniéndose glucosa pura.

El jarabe de glucosa se concentra y se pasa por un reactor de enzimas inmovilizadas para lograr la conversión a fructosa ( 55 - 61 °C, pH 7.5 - 8.2 ). Se

agrega sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ) para activar y estabilizar a la enzima, además de que contrarresta el efecto inhibitorio del calcio residual. La adición de sulfitos o bisulfitos es efectiva para aumentar la estabilidad de la enzima y para reducir la formación de color; el cobalto puede ser utilizado en procesos en los que el pH se mantiene en niveles bajos para minimizar las reacciones colaterales. <sup>11</sup> Dicho tratamiento convierte de 40 - 45% de la glucosa.

El producto isomerizado se refina ajustando el pH entre 4 y 5 y tratándolo con carbón activado para retirar el color, sabor y olor indeseables; se pasa por una columna de intercambio iónico para remover las sales presentes. <sup>11</sup>

Finalmente, el contenido de sólidos se ajusta por evaporación a baja temperatura a 71%, obteniéndose la siguiente composición ( peso seco ) : 42% fructosa, 50% glucosa, 8% otros azúcares.

El producto anteriormente descrito ( HFCS - 42 ), puede ser fraccionado para obtener dos tipos de jarabe, el primero con 90% de fructosa ( HFCS - 90 ) y el segundo formado principalmente de glucosa. El HFCS - 90 se mezcla con el HFCS - 42 para obtener uno con 55% del monosacárido ( HFCS - 55 ), cuya composición en peso seco es : 55% fructosa, 41% glucosa, 4% otros azúcares. Este último es el que se utiliza industrialmente ( Fig. 3. 2. 1 ).

El HFCS - 42 debe ser almacenado entre 30 y 32 °C para prevenir la cristalización de la dextrosa presente. En el HFCS-55 la cristalización no representa un problema debido al alto contenido de fructosa y al bajo contenido de dextrosa.

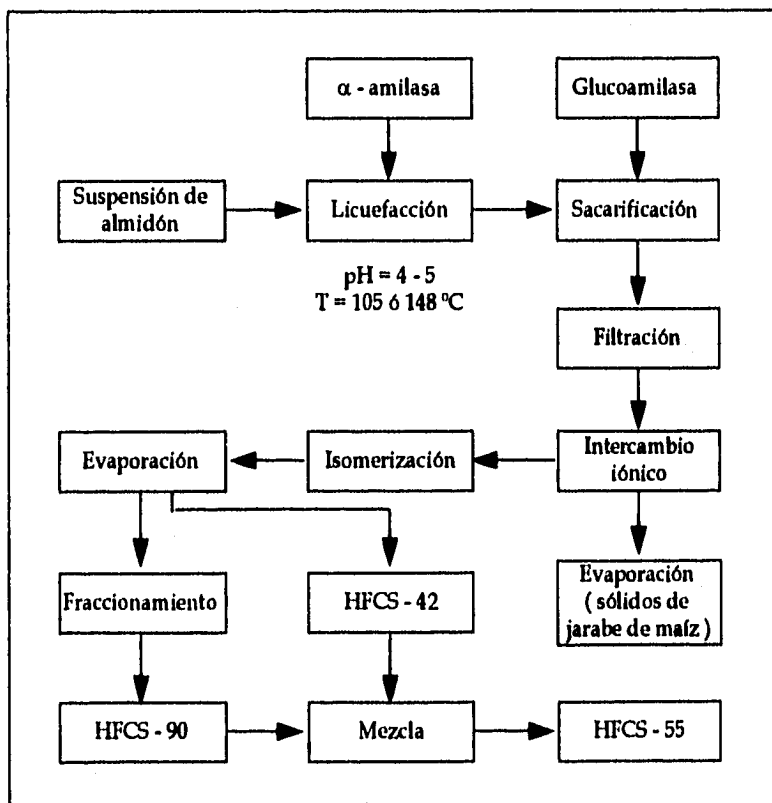


Figura 3. 2. 1 : Diagrama de flujo para la elaboración de HFCS a partir de almidón

### 3. 3.- PROPIEDADES

La fructosa cristalina tiene un dulzor relativo con respecto a la sacarosa de 1.8 y de 2.4 con respecto a la glucosa cristalina; sin embargo, en solución, el dulzor disminuye debido a la presencia de diversas formas isoméricas. El dulzor de la fructosa es mayor a bajas temperaturas, incrementándose en un factor de 1.8 cuando la temperatura disminuye de 60 a 5 °C. La percepción del sabor dulce es mayor a un pH neutro o ligeramente ácido o cuando la fructosa se encuentra en una solución diluida. <sup>11</sup>

La propiedad más importante de los jarabes de maíz de alta fructosa es el dulzor; son menos dulces que la fructosa cristalina, debido a la presencia de dextrosa y oligosacáridos, sin embargo, son considerablemente más dulces que los jarabes de maíz convencionales. El HFCS - 55 tiene el mismo dulzor que la sacarosa, mientras que el HFCS - 42 es 9% menos dulce que ésta. <sup>11, 34</sup> Cuando se utiliza en combinación con la sacarina se presenta un efecto sinérgico, además de que hay una disminución del resabio amargo que ésta presenta. <sup>34</sup>

Otras propiedades funcionales importantes son : su alta solubilidad, que previene la cristalización durante el almacenamiento; su poder humectante, que

incrementa la vida de anaquel de los productos horneados; su descomposición durante el horneado, que genera un color y sabor agradables; y la alta presión osmótica que genera. Debido a su bajo peso molecular, la viscosidad es relativamente baja a altas concentraciones.

Los postres congelados y los helados que contienen jarabe de maíz de alta fructosa como edulcorante tienen una textura más suave a bajas temperaturas debido a que la fructosa disminuye el punto de congelación en mayor grado que la sacarosa. La resistencia de la fructosa a la cristalización da como resultado un producto que es más uniforme y menos granuloso.<sup>34</sup>

Se ha encontrado que la fructosa disminuye la absorción de grasas cuando se consume antes de los alimentos, siendo posible que sirva como un control del apetito.<sup>34</sup>

Sólo se han reportado dos problemas metabólicos relacionados con la ingestión de fructosa : fructosuria e intolerancia a la fructosa. La primera enfermedad se debe a una deficiencia de la enzima fructocinasa y en la segunda la enzima afectada es la fructosa - 1 - fosfatoaldolasa. En los dos casos, el individuo no debe consumir alimentos que contengan fructosa y / o sacarosa.<sup>34</sup>

Otros problemas digestivos ocurren en individuos que presentan cuadros alérgicos a los productos de maíz.<sup>34</sup>

**CAPÍTULO 4**

**METODOLOGÍA**

**EXPERIMENTAL**

#### **4. 1.- METODOLOGÍA GENERAL**

Para obtener los resultados deseados, se desarrolló en el laboratorio una formulación de helado utilizando azúcar como edulcorante, evaluando el nivel de agrado de la misma ( prueba de nivel de agrado ).

Una vez que el producto fue aceptado por el consumidor, se hizo la sustitución del azúcar por jarabes de maíz de alta fructosa. Se determinó el punto de equidulzura entre el azúcar y cada uno de los jarabes empleados ( HFCS - 42 y HFCS - 55 ).

Se hizo un escalamiento a nivel industrial de las nuevas formulaciones, haciendo cambios en el tipo de algunas materias primas y condiciones de proceso.

Los productos obtenidos fueron evaluados mediante un análisis descriptivo cuantitativo, para determinar las diferencias sensoriales que se presentaron con respecto a la referencia.

Se determinaron costos de aplicación y se realizó un estudio de la factibilidad económica de la sustitución ( Figura 4. 1. 1 ).



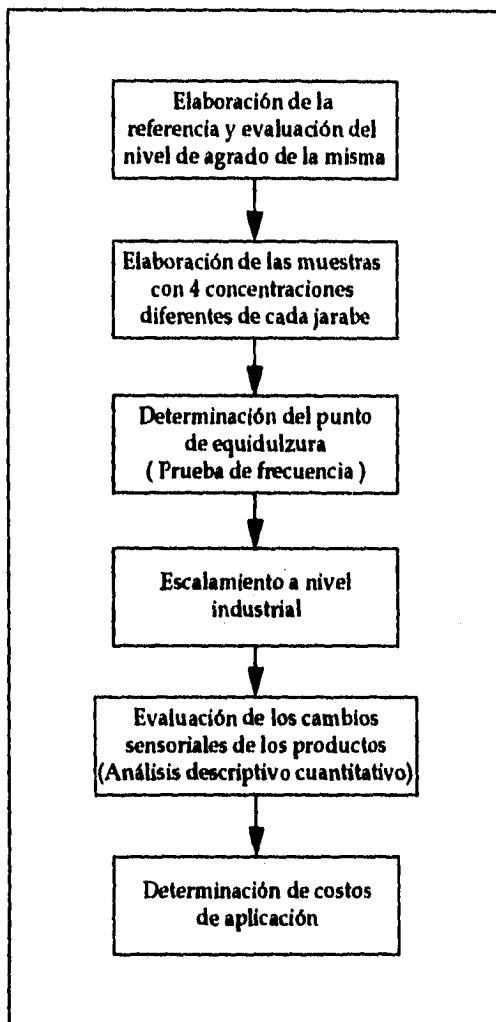


Figura 4. 1. 1 : Metodología General de la Investigación

## **4. 2.- METODOLOGÍA A NIVEL LABORATORIO**

### **4. 2. 1 - Desarrollo y evaluación de las muestras**

Para evaluar la sustitución del azúcar por jarabe de maíz de alta fructosa como edulcorante en la formulación de helado, se decidió partir de un producto elaborado en el laboratorio, que fuera agradable al consumidor. Se trabajó con sabor chocolate por ser uno de los sabores más aceptados.

Se elaboraron dos productos utilizando únicamente saborizante, de dos diferentes marcas. Se evaluaron simultáneamente, mediante una prueba de nivel de agrado, con una escala estructurada de 7 puntos ( Fig. 4. 2. 1 ), para ver cual de los dos era más agradable al consumidor. Cada uno de los puntos de la escala tenía una equivalencia numérica ( Tabla 4. 2. 1 ). La encuesta se aplicó a 72 jueces consumidores de la Facultad de Química de la U. N. A. M.

Nombre : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES :** Pruebe la muestra e indique con una "x" su nivel de agrado, de acuerdo con la escala que se presenta a continuación :

_____ Muestra 725	_____ Muestra 689
_____ Gusta Mucho	_____ Gusta Mucho
_____ Gusta Moderadamente	_____ Gusta Moderadamente
_____ Gusta Poco	_____ Gusta Poco
_____ Me es indiferente	_____ Me es indiferente
_____ Disgusta Poco	_____ Disgusta Poco
_____ Disgusta Moderadamente	_____ Disgusta Moderadamente
_____ Disgusta Mucho	_____ Disgusta Mucho

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Figura 4. 2. 1:* Encuesta utilizada para evaluar el nivel de agrado de los productos

*Tabla 4. 2. 1:* Equivalencia numérica de los puntos de la escala estructurada

Parámetro	Equivalencia
Gusta Mucho	10
Gusta Moderadamente	8
Gusta Poco	6
Me es indiferente	5
Disgusta Poco	4
Disgusta Moderadamente	2
Disgusta Mucho	0

Los datos obtenidos se analizaron mediante una *t de student para muestras relacionadas*, ya que cada uno de los jueces evaluó las dos muestras al mismo tiempo. Las respuestas de los jueces se transformaron a su equivalencia numérica, y se calculó la diferencia entre cada par de calificaciones, considerando el signo que resultó de dicha sustracción. La fórmula aplicada fue: <sup>20</sup>

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

Donde :  $t =$  t de Student

$D =$  calificación muestra A - calificación muestra B

$n =$  número de jueces (72)

$n - 1 =$  grados de libertad (71)

Se comparó contra una *t*, igual a 1.996 ( g. l. = 71,  $\alpha = 0.05$  dos colas ), sin encontrar una diferencia significativa entre los sabores ( $t = 1.98$ ). Debido a que el sabor chocolate no era muy definido y por lo tanto no muy aceptado, se decidió emplear cocoa.

Se elaboraron otras dos formulaciones, con un nuevo sabor y cocoa, a una de las dos se le agregó vainilla al 0.1% para potenciar el sabor. Se evaluaron de la misma manera que las muestras anteriores ( Fig. 4. 2. 1 ), en esta ocasión con 67 jueces ( $t_c = 1.998$ ). No se encontró diferencia significativa entre las muestras ( $t = 0.05$ ), por lo que se decidió trabajar con la que no contenía vainilla ( Tabla 4. 2. 2 ). En esta formulación, se hizo la sustitución del azúcar por jarabe para encontrar el punto de equidulzura.

*Tabla 4.2.2 : Fomulación empleada para hacer la sustitución del azúcar por HFCS*

Ingrediente	Porcentaje
Leche Pasteurizada Preferente	61.35
Crema para batir	20.00
Carragenina	0.008
Algarrobo	0.068
CMC	0.153
Guar	0.017
Monoglicéridos	0.246
Rojo 40	0.008
Azul 1	0.002
Amarillo 5	0.007
Cocoa	3.09
Sabor Chocolate	0.051
Azúcar	15.00
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Considerando que el HFCS - 55 tiene aproximadamente el mismo dulzor que la sacarosa, se elaboraron 4 muestras con 16.36, 17.27, 18.18 y 19.09% del jarabe. Se evaluaron por medio de una prueba de frecuencia ( Fig. 4. 2. 2 ), en la cual, una de las muestras de cada par era la formulación estándar de sacarosa. La evaluación se realizó con 28 jueces *semientrenados* ( alumnos de la carrera de Química de Alimentos que hubieran cursado la materia de Análisis Sensorial ).

Nombre : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES :** Pruebe las muestras en el orden en que se presentan. Dentro de cada par, encierre en un círculo el número de la muestra que se perciba como la más dulce. Gracias

Par	Muestras	
1	835	766
2	226	607
3	484	550
4	342	743

Figura 4. 2. 2 : Hoja de vaciado de datos para la prueba de equidulzura

De las hojas de respuestas se obtuvieron los datos del número de veces ( en porcentaje ) que se declaró cada concentración de la serie como más dulce que la muestra de referencia ( formulación con azúcar ). Estos datos se graficaron colocando en el eje y el porcentaje de respuestas que se consideran más dulce que

la referencia, y en el eje  $x$  el rango de concentraciones de HFCS - 55. Una vez construida la gráfica, se unieron los puntos trazando la *línea de regresión* ( método de los mínimos cuadrados ), localizando en ella el punto que corresponda al 50% en el eje  $y$ , proyectando este punto al eje  $x$ , encontrando de esta manera la cantidad de HFCS - 55 equivalente al 15% de azúcar en la formulación de helado.<sup>20</sup>

Las 4 muestras que se elaboraron con el HFCS - 42 tenían 21.42, 22.61, 23.80 y 24.99% de jarabe respectivamente. Se evaluaron de la misma manera que las muestras anteriores ( Fig. 4. 2. 2 ).

#### **4. 2. 2 - Elaboración de las muestras**

Todas las muestras se elaboraron siguiendo el procedimiento indicado en la figura 4. 2. 3.

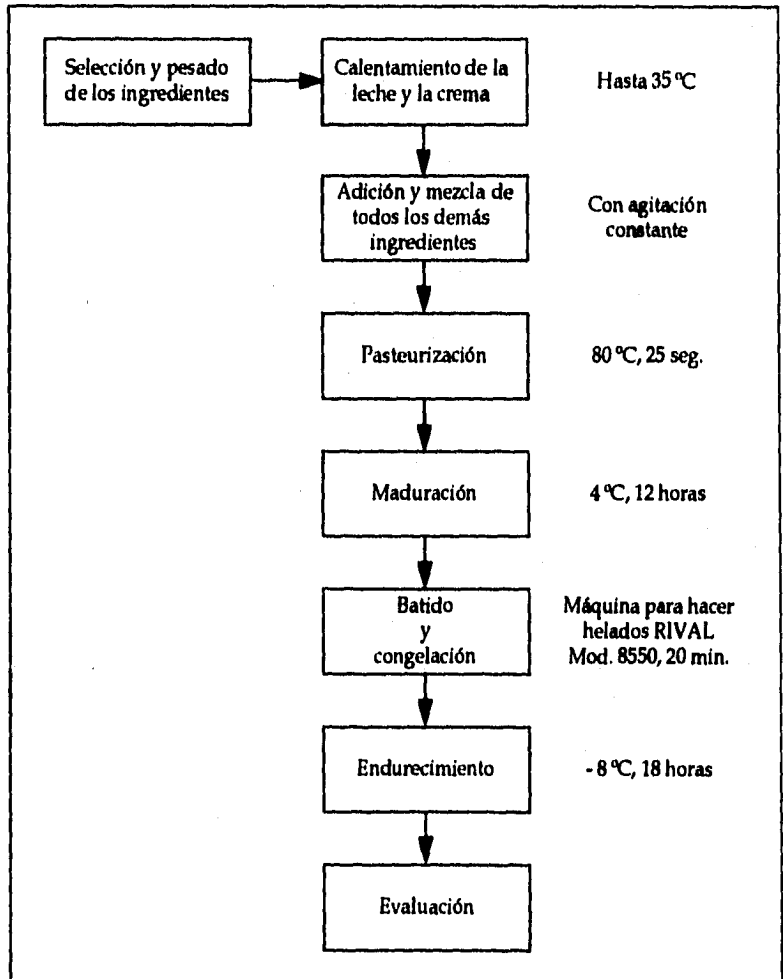


Figura 4. 2. 3 : Diagrama de flujo para la elaboración del helado a nivel laboratorio



### 4. 3.- METODOLOGÍA A NIVEL INDUSTRIAL

Las muestras se elaboraron en la planta de *Helados Americanos S. A. de C. V.* Se utilizaron las materias primas disponibles, haciendo los ajustes necesarios en la formulación (Tabla 4. 3. 1).

**Tabla 4. 3. 1: Formulación de las muestras elaboradas a nivel industrial**

Ingrediente	Formulación A (%)	Formulación B (%)	Formulación C (%)
Leche entera en polvo	5.5	5.5	5.5
Grasa butírica	5.5	5.5	5.5
Suero de Leche	3.1	3.1	3.1
Carragenina	0.008	0.008	0.008
CMC	0.14	0.14	0.14
Guar	0.016	0.016	0.016
Monoglicéridos	0.22	0.22	0.22
Rojo 40	0.008	0.008	0.008
Azul 1	0.001	0.001	0.001
Amarillo 5	0.007	0.007	0.007
Cocoa	3.00	3.00	3.00
Sabor Chocolate	0.05	0.05	0.05
Agua (c. b. p.)	100 l	100 l	100 l
Azúcar	15.00	—	—
HFCS - 42	—	23.04	—
HFCS - 55	—	—	17.82

El proceso utilizado para elaborar las muestras se presenta en la figura 4.3.1

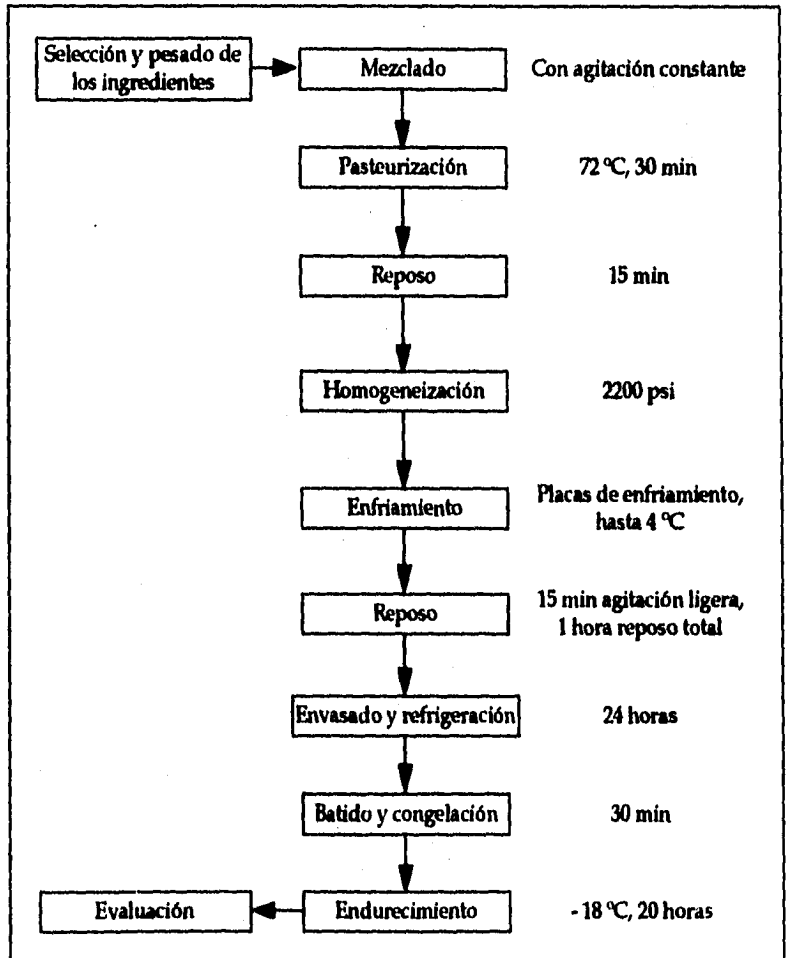


Figura 4. 3. 1 : Diagrama de elaboración del helado en la planta

#### **4. 4.- EVALUACIÓN FINAL DE LAS MUESTRAS**

##### **4. 4. 1 - Análisis Descriptivo Cuantitativo**

El análisis descriptivo cuantitativo tiene como objeto identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto. La información generada sirve para construir un modelo multidimensional cuantitativo que perfila los parámetros que definen o describen a uno o varios productos. Esta prueba tiene las siguientes particularidades : <sup>20</sup>

- a) El grupo de jueces genera y acuerda en sesión abierta una serie de términos que definen al producto en estudio, y en sesión privada califica ( asigna un valor ) a cada parámetro.
  
- b) Para calificar cada parámetro los jueces utilizan una escala de intensidad no estructurada para cada descriptor.
  
- c) Esta prueba se apoya en análisis estadísticos, ( t de student, análisis de varianza, etc.), para cuantificar variaciones, determinar si las diferencias son significativas

y estructurar por coordenadas polares, para representar de manera gráfica a cada descriptor.

La evaluación se llevó a cabo con 13 jueces entrenados de la Facultad de Química de la U. N. A. M.

En la primera sesión los jueces conocieron las muestras y generaron los descriptores que creían adecuados.

En una segunda sesión, los jueces se pusieron de acuerdo en que descriptores se evaluarían y cual sería la definición de cada uno.

Finalmente, se realizó una sesión de evaluación individual, utilizando una hoja de respuestas como la que se muestra en la figura 4. 4. 1. A cada juez se le entregaron simultáneamente las tres muestras ( azúcar, HFCS - 55 y HFCS - 44 ), pidiéndole que las evaluara en la misma escala. También, se les dio una lista de las definiciones de los descriptores ( Figura 4. 4. 2 ).

Las marcas en la escala no estructurada, se tradujeron a calificaciones numéricas, midiendo ( en centímetros ) la distancia que había entre el extremo izquierdo y la marca indicada por el juez.

Nombre : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES :** Evalúe los parámetros siguientes en el orden en que se le indican, utilizando la misma escala para las tres muestras. Enjuáguese entre cada muestra. GRACIAS.

- **Apariencia dura**  

Bajo	Medio	Alto
- **Color café**  

Bajo	Medio	Alto
- **Apariencia porosa**  

Bajo	Medio	Alto
- **Apariencia áspera**  

Bajo	Medio	Alto
- **Olor a leche cocida**  

Bajo	Medio	Alto
- **Olor a jarabe de chocolate**  

Bajo	Medio	Alto
- **Olor a barquillo**  

Bajo	Medio	Alto

Figura 4. 4. 1 a : Hoja de respuestas del análisis descriptivo cuantitativo ( 1<sup>ra</sup> parte )

• Sabor a leche			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Sabor chocolate			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Sabor amargo			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Sabor dulce			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Resabio			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Textura granulosa			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Textura aguada			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Textura cremosa			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			
• Residual			
Bajo	Medio	Alto	
----- -----			

Figura 4. 1 b : Hoja de respuestas del análisis descriptivo cuantitativo ( 2<sup>da</sup> parte )

**EVALUACIÓN DE HELADO****DEFINICIÓN DE DESCRIPTORES****APARIENCIA**

- Duro : Está bien congelado, no se derrite fácilmente.
- Color : Café
- Poroso : No se ve uniforme, tiene pequeños orificios.
- Áspero : Presenta pequeños cristales de hielo.

**OLOR**

- Leche cocida : Olor característico de la leche cuando se hierve excesivamente.
- Jarabe de Chocolate : Chocolate concentrado con azúcar.
- Barquillo

**SABOR**

- Leche
- Chocolate
- Amargo
- Dulce
- Resabio : sabor final a café, tostado, etc.

**TEXTURA**

- Granuloso : No uniforme, se sienten pequeños hielitos en la boca.
- Aguado : Se derrite fácilmente
- Cremoso : Espeso
- Residual : Deja una sensación grasosa en la boca.

Figura 4. 4. 2 : Lista de las definiciones de los descriptores.

Los datos obtenidos, se procesaron a través de un *análisis de varianza de una vía* ( para cada descriptor ), ya que esta técnica estadística permite estudiar si existe diferencia significativa entre la media de las calificaciones asignadas a más de dos muestras.<sup>20</sup> Se realizaron los siguientes cálculos :

$$\begin{array}{ll}
 FC = T_c^2 / T_r & SC_t = SC_t - SC_m \\
 SC_m = [ \sum T_{cm}^2 / N_c ] - FC & gl_t = gl_t - gl_m \\
 gl_m = N_m - 1 & CM_m = SC_m / gl_m \\
 SC_c = \sum C^2 - FC & CM_t = SC_t / gl_t \\
 gl_t = T_r - 1 & F_m = CM_m / CM_t
 \end{array}$$

Donde :

FC = Factor de corrección	SC <sub>t</sub> = Suma de cuadrados total
T <sub>c</sub> = Total de calificaciones	gl <sub>t</sub> = Grados de libertad total
T <sub>r</sub> = Total de respuestas	SC <sub>e</sub> = Suma de cuadrados del error
N <sub>m</sub> = Número de muestras	gl <sub>e</sub> = Grados de libertad del error
C = Calificación asignada	CM <sub>m</sub> = Cuadrado medio para muestras
SC <sub>m</sub> = Suma de cuadrados para muestras	CM <sub>e</sub> = Cuadrado medio del error
gl <sub>m</sub> = Grados de libertad para muestras	F <sub>m</sub> = Relación de variación por muestras



$T_m$  = Total de calificaciones para cada muestra

$N_c$  = Número de calificaciones para cada muestra

Con los datos calculados, se estructuró el siguiente cuadro :

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
Muestras	$gl_m$	$SC_m$	$CM_m$	$F_m$
Error	$gl_e$	$SC_e$	$CM_e$	
Total	$gl_t$	$SC_t$		

El valor calculado de la relación de variación ( $F_m$ ) se comparó con el valor crítico para  $F$  (0.1%).

En los descriptores que se presentó una diferencia significativa, se aplicó una prueba de *Diferencia Mínima Significativa de Fisher*, para determinar cuales eran diferentes entre sí. La fórmula de la diferencia mínima significativa es la siguiente :

$$DMS = t \sqrt{2CM_e/n}$$

Donde:

$DMS$  = diferencia mínima significativa

$t$  =  $t$  de student al 0.1%, ( dos colas,  $gl_e$  )

$CMe$  = Cuadrado medio del error

$n$  = total de juicios efectuados por muestra ( 13 )

Se calcularon las diferencias entre las medias de dos muestras, considerando todas las combinaciones posibles, y se compararon con el valor de  $DMS$  obtenido, sabiendo que si ésta era mayor al valor de  $DMS$ , existía diferencia significativa entre las muestras.

Por otra parte, con las calificaciones generadas para cada descriptor se construyó un sistema de coordenadas polares. En cada escala y de acuerdo con el descriptor correspondiente, se localizó el punto equivalente al valor medio que el grupo de jueces registró, uniendo finalmente, cada uno de los puntos.

#### 4. 4. 2 - Prueba de Preferencia

El objetivo de esta prueba es ordenar, según las opiniones de un grupo de consumidores, una serie de muestras de acuerdo con una preferencia.<sup>20</sup>

La evaluación se llevó a cabo con 75 jueces consumidores, utilizando una hoja de respuestas como la que se muestra en la figura 4. 4. 3.

Nombre : _____		Fecha : _____	
<b>INSTRUCCIONES :</b> Indique el orden de menor ( 1 ) a mayor ( 3 ) preferencia por cada muestra de helado. No se permiten empates. Gracias.			
Muestras	721	558	294
Preferencia	—	—	—

Figura 4. 4. 3 : Hoja de respuestas de la prueba de preferencia.

Los datos obtenidos se analizaron por medio de la prueba de *ordenamiento por rangos*, comparando las tres muestras. En esta prueba se suman las calificaciones de todos los jueces para cada una de las muestras; se calcula la diferencia entre dos muestras, y el valor absoluto de ésta se compara con el valor crítico para ordenación por rangos.<sup>20</sup>

#### 4. 4. 3 - Análisis Fisicoquímico

##### a ) Determinación de Grasa

Se realizó por el *Método Gerber*, según el procedimiento descrito a continuación :<sup>18</sup>

1. Transferir 10 ml de ácido sulfúrico (  $H_2SO_4$ , 90% ), enfriado a no más de 15 °C, a un butirómetro de Gerber.
2. Adicionar cuidadosamente 11 ml de muestra, previamente agitada, a no más de 15 °C ( lentamente para evitar la mezcla ) y 1 ml de alcohol isoamílico. No adicionar el alcohol directamente al ácido.
3. Insertar el tapón y sujetar el butirómetro por el cuello, agitar los líquidos con el tapón totalmente hacia arriba. Cuando la cuajada se haya disuelto por completo continuar la agitación por 15 a 20 segundos para asegurar la digestión.
4. Invertir el butirómetro varias veces para mezclar el ácido remanente en el cuello.

5. Llevar los butirómetros invertidos a la centrifuga de Gerber ( 1000 r.p.m. ), centrifugar 5 minutos.
  
6. Sacar los butirómetros y leer de inmediato el porcentaje de grasa sobre la escala, haciendo coincidir la base de la columna de grasa con el 0, por medio del ajuste del tapón.

#### **b ) Determinación de Sólidos Totales**

La determinación se realizó por secado en estufa a 100 °C, para lo cual se pesan de 2 a 3 g de muestra en un pesafiltro con tapa, que ha sido puesto a peso constante ( 2 horas, 130 °C ). La muestra se seca hasta peso constante en la estufa a 100 °C, se deja enfriar en un desecador y se pesa. <sup>3</sup>

Para obtener el contenido de sólidos totales se utiliza la siguiente fórmula :

$$\% ST = Pf \times 100 / Pi$$

Donde :    % ST = Porcentaje de sólidos totales en la muestra

Pf =    Peso de la muestra después del secado

Pi =    Peso de la muestra antes del secado

**c) Determinación de Proteína**

Se realizó por el Método de Kjeldahl, según el procedimiento descrito a continuación :<sup>3</sup>

1. Medir con pipeta volumétrica 2 ml de muestra e introducirla en un matraz de Kjeldahl de 800 ml.
2. Agregar 0.3 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ), 5 g de sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), 15 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y piedras de ebullición.
3. Colocar el matraz en el digestor del aparato Kjeldahl y calentar hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución debe quedar completamente cristalina.
4. Enfriar. Diluir con 350 ml de agua destilada y enfriar sobre hielo.
5. Añadir 40 ml de una solución concentrada de hidróxido de sodio ( 100 g de NaOH en 100 ml de agua ), que también ha sido enfriada sobre hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz de manera que se estratifiquen las dos soluciones.

ESTE LIBRO NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

6. Adicionar 0.2 g de polvo de zinc y conectar inmediatamente el matraz a la trampa de Kjeldahl. Agitar para mezclar las dos capas.
7. Recibir en 50 ml de ácido clorhídrico 0.1 N ( HCl ), medidos con pipeta volumétrica, contenidos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y adicionados de 5 gotas de rojo de metilo 0.1% en alcohol.
8. Destilar aproximadamente hasta un volumen de 250 ml.
9. Titular el exceso de ácido con solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N, hasta vire amarillo del indicador.
10. Corregir mediante una determinación en blanco de los reactivos usados.

Para determinar el porcentaje de proteína se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% N = [ ( B - M ) \times N \times 0.014 \times 100 ] / g$$

$$\% P = \% N \times 6.25$$

- Donde :    % *N* = Porcentaje de Nitrógeno en la muestra  
              *B* = ml de NaOH gastados en el blanco  
              *M* = ml de NaOH gastados en la muestra  
              *N* = Normalidad del hidróxido de sodio  
              *g* = Peso de la muestra en gramos  
              % *P* = Porcentaje de Proteína en la muestra

**d ) Determinación del Sobrerrendimiento ( *Overrun* )**

El sobrerrendimiento u *overrun*, se calculó aplicando la siguiente fórmula :<sup>18</sup>

$$\% \text{ SR} = [ ( V_h - V_m ) / V_m ] \times 100$$

- Donde :    % *SR* = Porcentaje de Sobrerrendimiento  
              *V<sub>h</sub>* = Volumen de Helado  
              *V<sub>m</sub>* = Volumen de Mezcla



## **CAPÍTULO 5**

# **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### 5. 1.- NIVEL DE AGRADO DE LAS FORMULACIONES

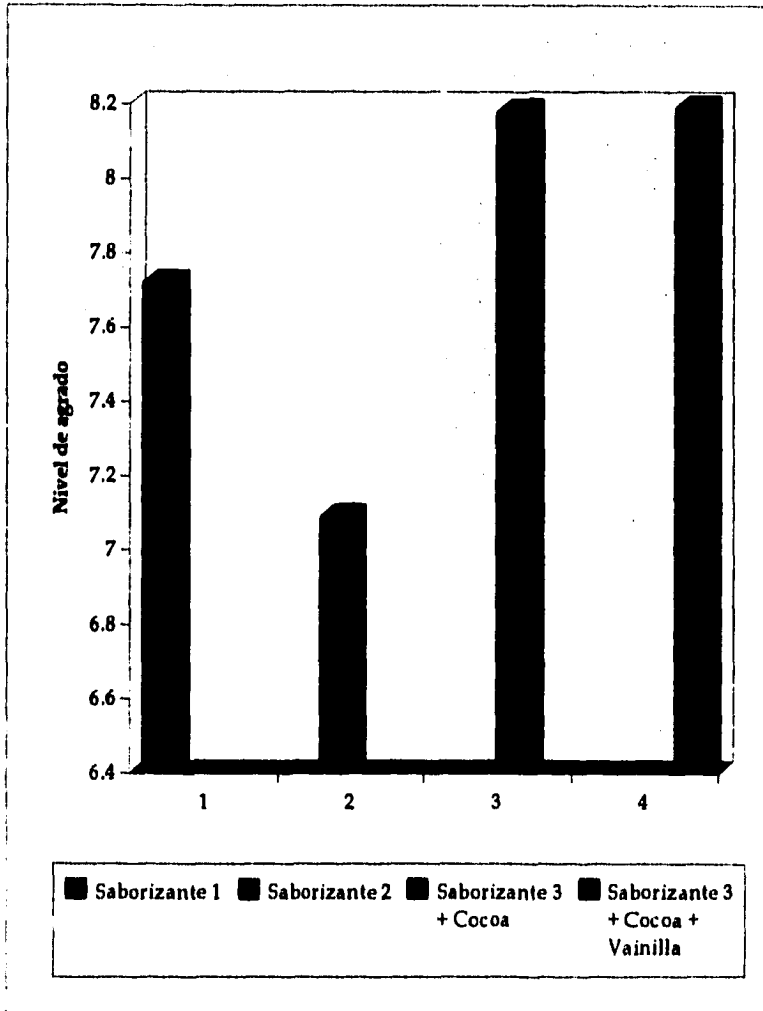
Aunque las dos primeras muestras eran agradables al consumidor, el sabor chocolate no era muy definido, de hecho, algunos de los jueces lo confundían con vainilla e incluso con fresa, además, las muestras presentaban un resabio amargo por la cantidad de saborizante empleado. Lo anterior, disminuyó el nivel de agrado que se tenía del producto, teniendo un promedio de calificación de 7.72 y 7.09 respectivamente, sin encontrar diferencia significativa entre ellos ( $t = 1.98$ ).

Para mejorar el nivel de agrado del producto, se decidió emplear cocoa y saborizante, obteniendo un sabor a chocolate más definido. Se elaboró una muestra con vainilla, para potenciar las notas lácteas y darle otro perfil de sabor al helado. El nivel de agrado aumentó a una calificación de 8.18 y 8.19 respectivamente. Debido a que no había una diferencia significativa entre las muestras ( $t = 0.05$ ), se seleccionó el que no contenía vainilla, ya que ésta representaba un costo extra de producción, que no valía la pena tomar si el consumidor no nota la diferencia.

El aumento en el nivel de agrado de las formulaciones que se elaboraron con cocoa, se debe a que ésta da un sabor a chocolate muy definido, además de que resalta las notas lácteas, dando al producto un sabor más cremoso.

La vainilla utilizada como potenciador de sabor, resalta las notas dulces; en este caso, el perfil del producto tenía más notas amargas y tostadas que dulces, por lo que la vainilla no cumplió su función. Sería interesante hacer una prueba con una vainilla más aromática, para ver si esta tiene un efecto positivo en el sabor del producto.

En la gráfica 5. 1. 1 se compara el nivel de agrado de las cuatro formulaciones.

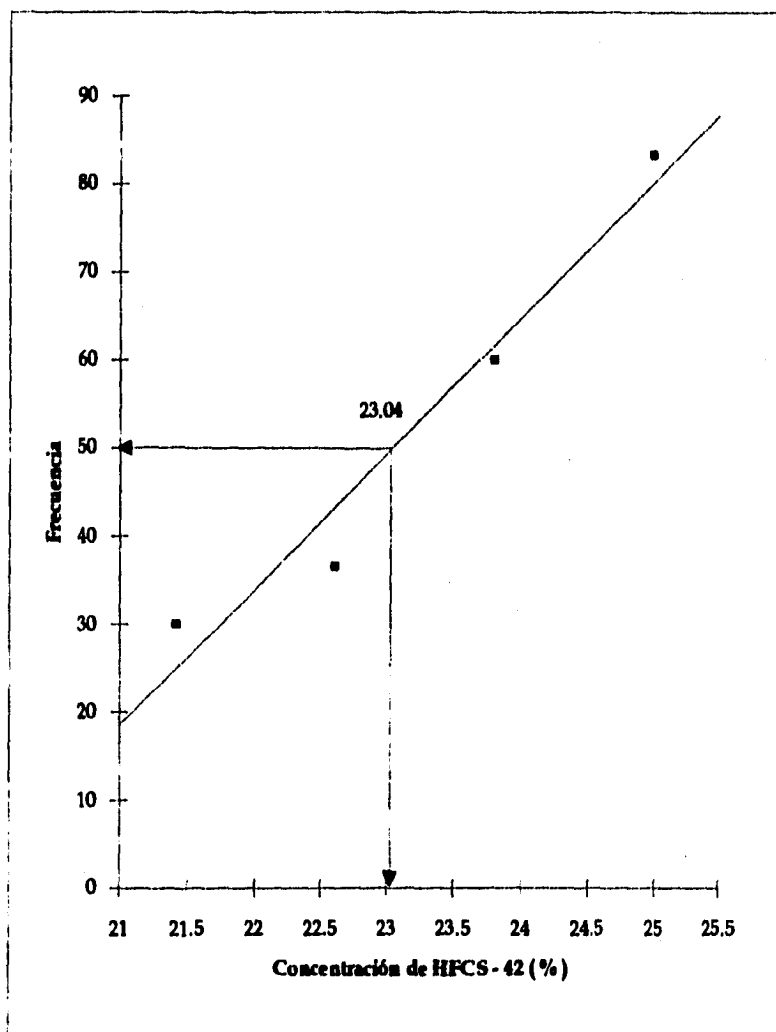


Gráfica 5. 1. 1 : Nivel de agrado de las formulaciones elaboradas

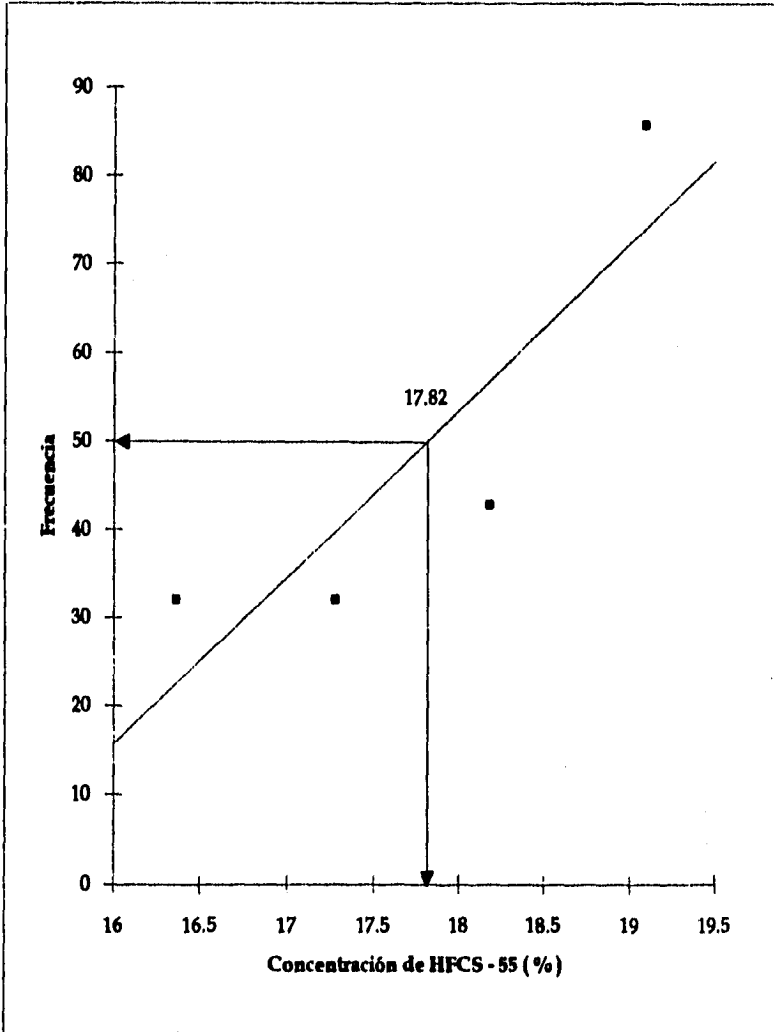
### ***5. 2.- DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUIDULZURA***

Las gráficas 5. 2. 1 y 5. 2. 2 muestran el cálculo del punto de equidulzura entre el azúcar y los jarabes de maíz de alta fructosa respectivamente.

Los puntos encontrados ( 23.04% de HFCS - 42 y 17.82% HFCS - 55 ), dan como resultado que 1 g de azúcar equivale en dulzor a 1.54 g de HFCS - 42 y a 1.19 g de HFCS - 55 como edulcorante en la formulación de helado. Estos valores están muy por debajo de los reportados por el fabricante ( 1.15 g y 1 g respectivamente ), lo cual se debe a que el dulzor relativo de la fructosa disminuye a altas concentraciones <sup>11</sup>. Otra posible causa sería que los jarabes de maíz de alta fructosa, son ricos en azúcares reductores ( 92 y 96% peso seco, respectivamente ), favoreciéndose en el producto las reacciones de Maillard, no sólo durante la pasteurización, sino también, a temperaturas de refrigeración. Lo anterior, trae como consecuencia una pérdida significativa de fructosa, glucosa y lactosa, disminuyendo, de esta manera, el dulzor del producto final. <sup>5</sup>



**Gráfica 5. 2. 1 : Punto de equidulzura entre el azúcar y el HFCS - 42 en la formulación de helado**



Gráfica 5. 2. 2 : Punto de equidulzura entre el azúcar y el HFCS - 55 en la formulación de helado

### 5. 3.- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS SENSORIALES

De los 16 parámetros evaluados, únicamente se encontró diferencia significativa en 6 de ellos; en todos los casos, la diferencia se presentó entre el producto elaborado con sacarosa y los productos elaborados con jarabe de maíz de alta fructosa, pero no entre los dos últimos. Los parámetros diferentes fueron :

Apariencia dura	Resabio tostado
Apariencia áspera	Textura granulosa
Sabor dulce	Textura aguada

Los productos elaborados con los jarabes, tuvieron una apariencia *menos* dura y *menos* áspera, una textura *menos* granulosa y *más* aguada y un sabor dulce *mayor*.

El parámetro que los jueces denominaron *textura granulosa*, es lo que en helados se conoce como *arenosidad*. Como se esperaba, en los productos elaborados con jarabes de maíz de alta fructosa, la arenosidad disminuyó, debido a que la fructosa deprime el punto de congelación en mayor grado que la sacarosa. Lo anterior, trae como consecuencia que el producto tenga una *textura más aguada*,



sin que esto signifique que tenga un defecto. Este fenómeno también incluye a la *apariencia dura y áspera*.

La disminución que se presentó del *resabio tostado*, puede deberse a la interacción de la fructosa, y en general de los componentes del jarabe de maíz, con otros ingredientes de la formulación de helado, modificando el perfil del saborizante empleado. Según la teoría del sabor, el perfil que presenta una molécula, se debe a la estereoquímica de ésta; considerando lo anterior, si hay reacciones durante el proceso, la estereoquímica de la fructosa cambiaría, modificando el perfil de sabor del producto. Estas reacciones podrían llevarse a cabo también con la sacarosa, pero en mucho menor grado, ya que no se trata de un azúcar reductor, lo que disminuye su reactividad y en consecuencia el grado de cambio en el perfil de sabor.

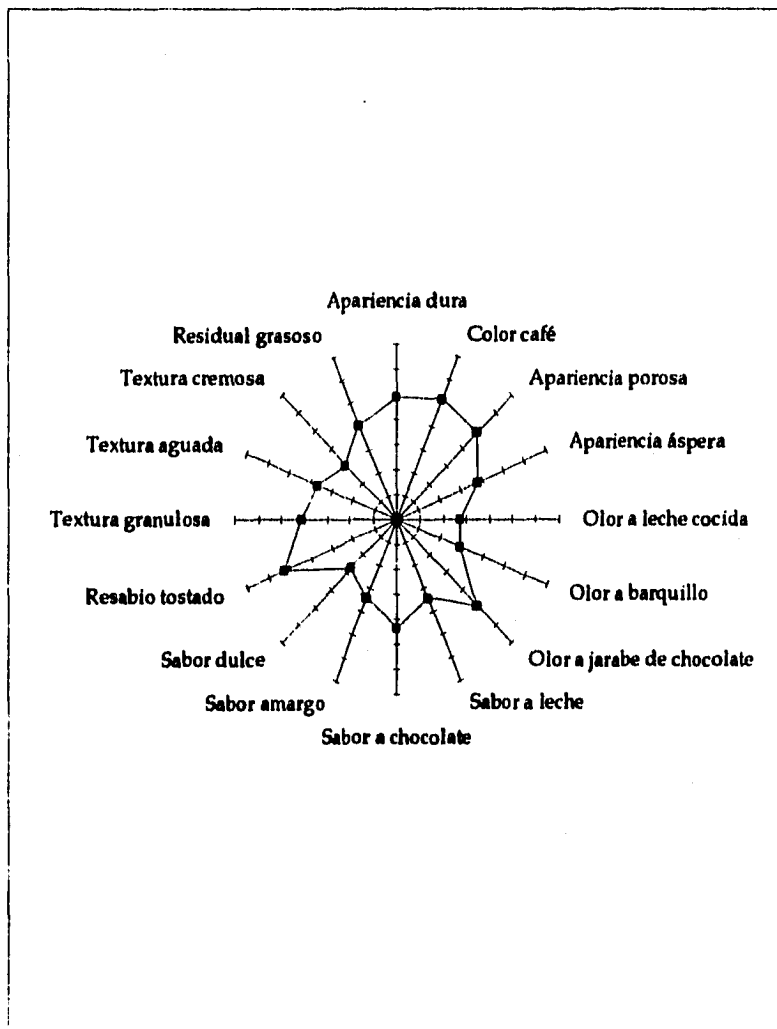
No debería haber cambios en el *sabor dulce*, puesto que se determinó el punto de equidulzura entre los dos tipos de edulcorante, posiblemente, los cambios en la formulación, modificaron dicho punto. Haciendo la prueba de equidulzura con la última formulación, podría ajustarse el nivel de jarabe necesario para igualar al dulzor de la sacarosa en el producto.

Aunque los demás parámetros no presentaron una diferencia significativa, es importante hacer énfasis en algunos puntos :

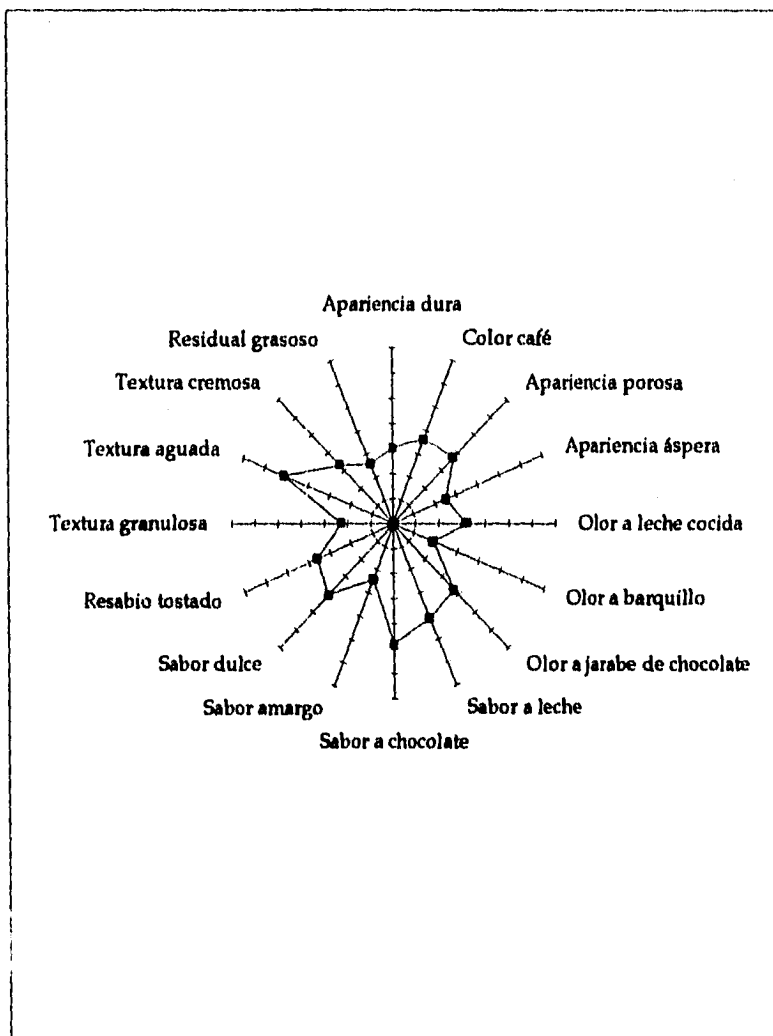
1. La cocoa generó un *sabor a chocolate* adecuado, con un perfil amargo ( *sabor amargo* ) y un olor característico ( *olor a jarabe de chocolate* ). En combinación con el saborizante empleado, se obtuvo un *olor a barquillo* que no es desagradable al consumidor.
2. El *olor a leche cocida*, se debe a las reacciones que se llevan a cabo entre los grupos sulfhidrilo de las proteínas lácteas. Aunque es bajo, es un defecto que se puede eliminar haciendo menos drásticas las condiciones de pasteurización, sin minimizar su eficiencia, esto se lograría al aumentar la temperatura y disminuir considerablemente el tiempo ( 79.4 °C, 25 segundos ), con lo que las reacciones de deterioro se llevarían a cabo en menor grado. Realizando este ajuste en el proceso, también habría una reducción en el *sabor a leche cocida*.
3. La sensación grasosa que deja el producto después de ser consumido ( *residual grasoso* ), se denomina *textura mantecosa*. Una de las causas que originan la aparición de este defecto, es una mala operación de batido, que en este caso se debió a que la máquina de batido y congelación se utilizó a la mitad de su capacidad, reduciendo la eficiencia del proceso; podría corregirse utilizando la máquina a su máxima capacidad.

4. A algunas personas el *color café* les pareció demasiado claro para tratarse de un helado de chocolate, podría hacerse más oscuro si se aumenta la cantidad del colorante *azul 1* en la formulación.
  
5. La aparición de grandes celdas de aire en la superficie del helado (*aparición porosa*), puede deberse a cambios drásticos de temperatura durante el almacenamiento; minimizando estas variaciones puede corregirse este defecto.

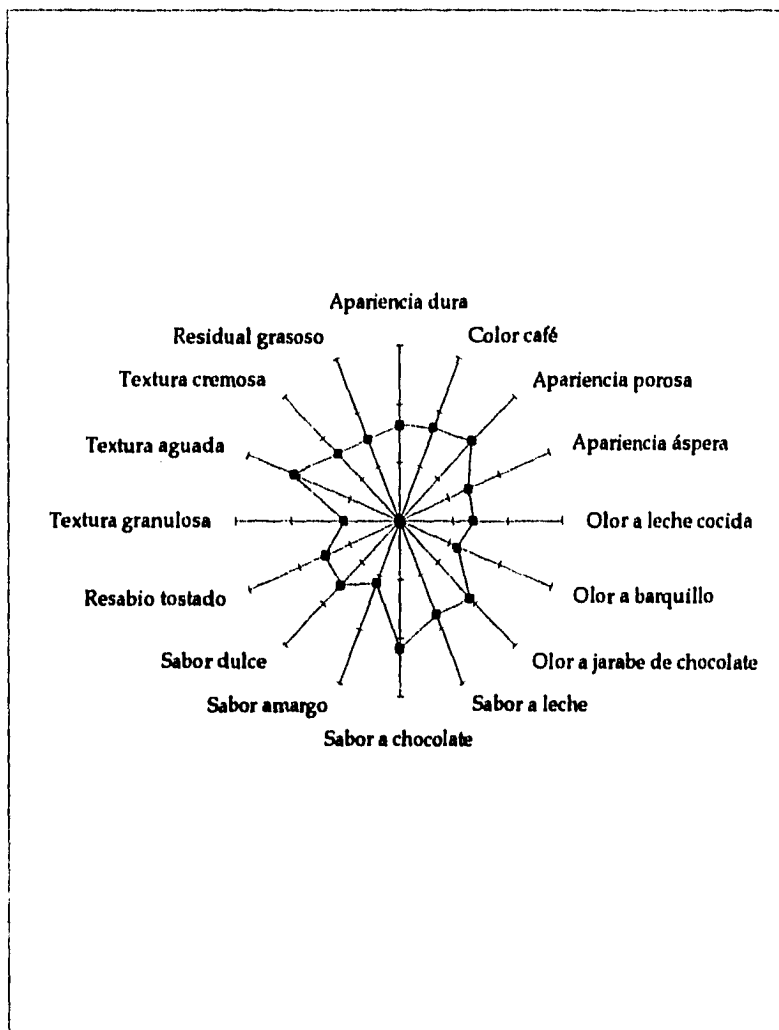
En las gráficas siguientes, se muestra el perfil de cada uno de los productos elaborados ( azúcar, HFCS - 42 y HFCS - 55 ) y la comparación entre ellos.



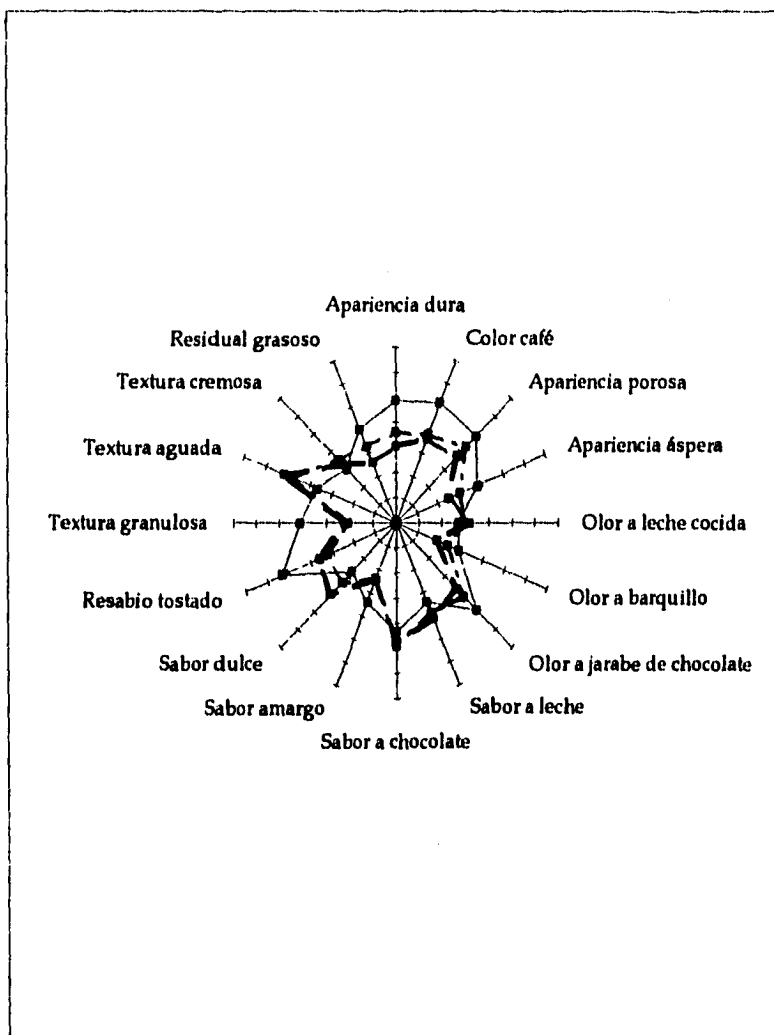
Gráfica 5. 3. 1 : Perfil del producto elaborado con sacarosa



Gráfica 5. 3. 2: Perfil del producto elaborado con HFCS - 42



Gráfica 5. 3. 3 : Perfil del producto elaborado con HFCS - 55

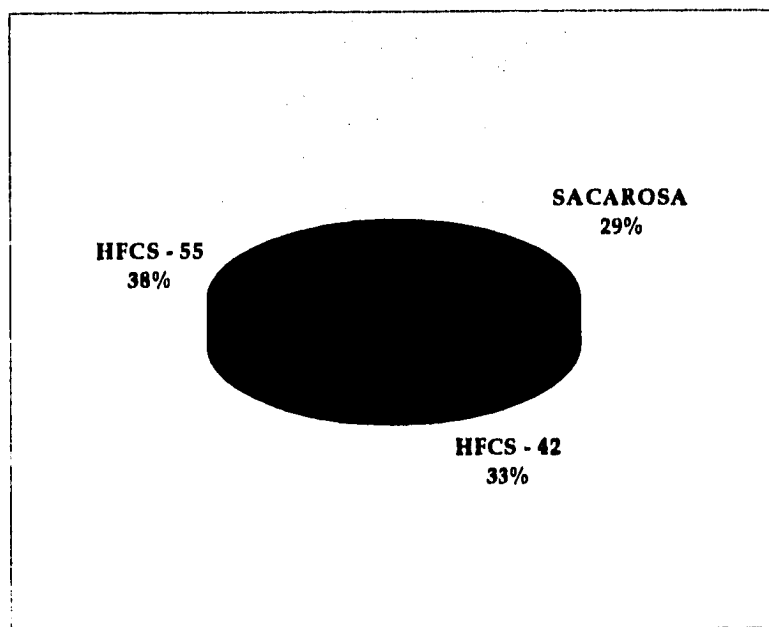


**Gráfica 5.3.4: Comparación del perfil del producto elaborado con sacarosa y los productos elaborados con jarabe de maíz de alta fructosa**

#### 5. 4. - PREFERENCIA DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS

En la prueba de ordenación por rangos, no se encontró diferencia significativa en la preferencia del consumidor por las muestras ( Gráfica 5. 4. 1 ).

Lo anterior, representa una gran ventaja para el productor de helados, ya que puede reducir los defectos de arenosidad y disminuir los costos de producción, sin afectar la aceptación que tenga el consumidor hacia su producto.



Gráfica 5. 4. 1 : Preferencia del consumidor por las muestras



### 5. 5.- ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

#### a) Determinación de Grasa

La determinación se realizó por duplicado, obteniendo los siguientes resultados :

Formulación	Determinación 1	Determinación 2	Promedio
Sacarosa	7.0	7.1	7.05
HFCS - 42	7.3	7.4	7.35
HFCS - 55	7.1	6.9	7.00

Considerando que se trata de la misma formulación, la variación en los resultados es relativamente alta. Para verificar cual era la causa de éste fenómeno, se realizó un análisis de varianza, sin encontrar una diferencia significativa entre los datos; de haberse encontrado, podría tratarse de errores durante alguno de los pasos del proceso, por ejemplo el pesado de los ingredientes.

**b) Determinación de Sólidos Totales**

La determinación se realizó por duplicado, obteniendo los siguientes resultados :

Formulación	Determinación 1	Determinación 2	Promedio
Sacarosa	34.38	31.27	32.83
HFCS - 42	35.15	33.51	34.33
HFCS - 55	32.87	29.57	31.22

Aunque se trata de la misma formulación, en el caso de los sólidos totales si hay una diferencia; esto se debe a que la cantidad de sólidos que proporciona el azúcar, es diferente a la que proporciona cada uno de los jarabes. En esta formulación, el azúcar proporciona un 15% de los sólidos totales, el HFCS - 42 un 16.86% ( 71% sólidos x 23.04% de jarabe en la formulación ) y el HFCS - 55 un 13.54% ( 76% sólidos x 17.82% de jarabe en la formulación ).

Para estandarizar los sólidos totales en la formulación, podría utilizarse una goma con poca influencia en la viscosidad de la mezcla, como sería el algarrobo, aunque se tendría que verificar si no causa alteraciones en el perfil de sabor del producto.

**c) Determinación de Proteína**

La determinación se realizó por duplicado, obteniendo los siguientes resultados :

Formulación	Determinación 1	Determinación 2	Promedio
Sacarosa	2.68	2.29	2.49
HFCS - 42	2.72	2.35	2.54
HFCS - 55	2.56	2.24	2.40

Para minimizar las variaciones de esta determinación, es necesario realizar simultáneamente el blanco y la muestra, exactamente de la misma manera. En este caso, las variaciones de los resultados, pueden deberse no sólo a errores durante el proceso, sino también durante la titulación de las muestras, ya que la apreciación del vire es muy subjetiva.

Los resultados obtenidos en las tres determinaciones (grasa, sólidos totales y proteína), están dentro de la Norma Oficial Mexicana para Helados y Nieves (7% mínimo, 26% mínimo y 2.5% mínimo respectivamente<sup>11</sup>).

**d ) Determinación del Sobrerrendimiento**

Se obtuvieron los siguientes resultados :

<b>Formulación</b>	<b>Volumen mezcla</b>	<b>Volumen helado</b>	<b>Sobrerrendimiento</b>
<b>Sacarosa</b>	10 l	17 l	70%
<b>HPCS - 42</b>	10 l	19 l	90%
<b>HPCS - 55</b>	10 l	18 l	80%

No se obtuvo el sobrerrendimiento esperado ( 100% ), debido a que la máquina se opero a la mitad de su capacidad, reduciendo la eficiencia del batido, ya que la cristalización de la mezcla, en las paredes del cilindro, es más lenta. Utilizando la máquina a su máxima capacidad, podría obtenerse 100% de sobrerrendimiento.

## **ANEXO I**

# **DETERMINACIÓN DE COSTOS DE APLICACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE COSTOS DE APLICACIÓN**

Los costos de aplicación de cada uno de los jarabes, se calcularon utilizando los precios de las materias primas que se muestran en la tabla I. 1.

*Tabla I. 1: Precio de las materias primas utilizadas en la elaboración de helado*

<b>Ingrediente</b>	<b>Precio (\$ / kg)</b>	<b>Precio ( dls. / kg )<sup>1</sup></b>
Leche entera en polvo	20.95	2.78
Grasa butírica	28.00	3.72
Suero de Leche	7.00	0.93
Carragenina	75.30	10.00
CMC	35.60	4.73
Guar	15.90	2.11
Monoglicéridos	13.50	1.79
Rojo 40	129.43	17.19
Azul 1	380.76	50.56
Amarillo 5	67.87	9.01
Cocoa	9.50	1.26
Sabor Chocolate	112.95	15.00
Agua	0.0025	—
Azúcar	4.00	0.53
HFCS - 42	2.00	0.27
HFCS - 55	2.30	0.31

<sup>1</sup> Cotización del dólar igual a \$7.53, Mayo 1996.

Para calcular el costo primo del producto, se tomaron como base las formulaciones que se presentan en la tabla I. 2, además de las siguientes consideraciones :

1. Durante la elaboración de la base, se pierde un 5% del producto, debido a que se queda atrapado en el equipo.
2. El congelador, cuando se opera a su máxima capacidad, da un 95% de sobrerrendimiento.
3. El costo de producción es del 25%.

Considerando todo lo anterior, el costo primo de los productos es el siguiente :

Formulación con azúcar	\$ 2.68 / litro
Formulación con HFCS - 42	\$ 2.58 / litro
Formulación con HFCS - 55	\$ 2.55 / litro

**Tabla I. 2 : Formulación de los diferentes productos elaborados**

<b>Ingrediente</b>	<b>Formulación A (%)</b>	<b>Formulación B (%)</b>	<b>Formulación C (%)</b>
Leche entera en polvo	5.5	5.5	5.5
Grasa butírica	5.5	5.5	5.5
Suero de Leche	3.1	3.1	3.1
Carragenina	0.008	0.008	0.008
CMC	0.14	0.14	0.14
Guar	0.016	0.016	0.016
Monoglicéridos	0.22	0.22	0.22
Rojo 40	0.008	0.008	0.008
Azul 1	0.001	0.001	0.001
Amarillo 5	0.007	0.007	0.007
Cocoa	3.00	3.00	3.00
Sabor Chocolate	0.05	0.05	0.05
Agua c. b. p.	100 l	100 l	100 l
Azúcar	15.00	—	—
HFCS - 42	—	23.04	—
HFCS - 55	—	—	17.82

La sustitución de azúcar por HFCS - 55 en la formulación de helado, ofrece una mayor ventaja que el uso del HFCS - 42, ya que los costos de aplicación son menores, además de que no hay problemas de cristalización en el producto.



**ANEXO II**

**ESTUDIO DE LA**

**FACTIBILIDAD**

**ECONÓMICA**

### **ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

En una planta productora de helados, la sustitución del azúcar por jarabes de maíz de alta fructosa, implica la adquisición de un tanque para almacenar dicho producto, en el cual, la temperatura pueda controlarse al rededor de 32 °C, para evitar la cristalización de la dextrosa presente.

Las características de un tanque que puede ser utilizado para este fin son :

- ◆ Material del Cuerpo : Acero inoxidable
- ◆ Material de la estructura : Acero al carbón
- ◆ Capacidad : 7500 l ( 10.35 ton )
- ◆ Sistema de calentamiento : Vapor de agua ( enchaquetado )
- ◆ Agitador : Tipo propelas ( hélice )
- ◆ Termómetro
- ◆ Válvula para tomar muestra
- ◆ Costo aproximado : \$ 286, 802.64 ( 38, 088 dólares )<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Maquinaria Jersa S.A. de C.V., mayo 1996.

La planta de *Helados Americanos, S. A. de C. V.*, tiene un requerimiento mensual de 35 toneladas de azúcar, las cuales pueden sustituirse con 53.76 toneladas de HFCS - 42 ó 41.58 toneladas de HFCS - 55. Considerando que el dinero utilizado para la adquisición del tanque, generaría en el banco el 28.31% anual ( mayo 1996 ), tenemos lo siguiente :

Ingrediente	Gasto mensual		Ahorro mensual (\$)	Recuperación de la inversión
	Toneladas	\$		
Azúcar	35	140,000	—	—
HFCS - 42	53.76	107,520	32,480	10.5 meses
HFCS - 55	41.58	95,634	44,366	7.7 meses

El tiempo en que se recupera la inversión, es relativamente bajo, generando, en poco tiempo, un mayor margen de utilidades.

**ANEXO III**

**FICHA TÉCNICA DE LOS  
JARABES DE MAÍZ DE  
ALTA FRUCTOSA**

### **FICHA TÉCNICA DE LOS JARABES DE MAÍZ DE ALTA FRUCTOSA**

Las especificaciones que da el fabricante para los jarabes de maíz de alta fructosa, se presentan en las tablas III. 1 y III. 2.

**Tabla III. 1 : Especificaciones para el jarabe de maíz de alta fructosa 42 (HFCS-42)**

Concepto	Rango
Sólidos	70.9 - 71.9%
pH	3.3 - 4.3
Fructosa	42% mínimo
Monosacáridos Totales	93% mínimo
Color ( Antes de calor )	0.5 máximo
Color ( Después de calor )	2.5 máximo
Olor	Bueno
Sabor	Bueno
Dióxido de Sulfuro	5 ppm máximo
Cenizas	0.05% máximo
Acetaldehído	80 ppb
Bacterias	200 máximo / 10 g de sustancia seca
Levaduras	100 máximo / 10 g de sustancia seca
Hongos	100 máximo / 10 g de sustancia seca

Fuente : A L A M O. Distribuidora y Comercializadora S. A., México ( 1995 ).

**Tabla III. 2 : Especificaciones para el jarabe de maíz de alta fructosa 55 (HFCS-55)**

Concepto	Rango
Sólidos	77.0 - 77.5%
pH	3.3 - 4.3
Fructosa	55.0 - 57.0%
Monosacáridos Totales	95.5%
Color ( Antes de calor )	0.4 máximo
Color ( Después de calor )	2.5 máximo
Olor	Bueno
Sabor	Bueno
Dióxido de Sulfuro	3 ppm máximo
Cenizas	0.05% máximo
Acetaldehido	80 ppb
Bacterias	200 máximo / 10 g de sustancia seca
Levaduras	100 máximo / 10 g de sustancia seca
Hongos	100 máximo / 10 g de sustancia seca

Fuente : A L A M O. Distribuidora y Comercializadora S. A., México ( 1995 ).

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES**

Las principales ventajas de la sustitución del azúcar por jarabes de maíz de alta fructosa como edulcorante en la formulación de helados son :

- ◆ Reducción de los problemas de arenosidad en el producto.
  
- ◆ Reducción de los costos de producción.

Sensorialmente, la sustitución del azúcar trae como consecuencia cambios en la textura del producto, sin que éstos afecten la aceptación del consumidor.

Económicamente, es factible sustituir al azúcar por cualquiera de los dos jarabes de maíz, recuperando la inversión del tanque necesario para su almacenamiento, en poco tiempo ( 10.5 meses para el HFCS - 42 y 7.7 meses para el HFCS - 55 ), después del cual, se genera un mayor margen de utilidades.

La sustitución del azúcar por HFCS - 55 tiene mayores ventajas que el uso de HFCS - 42, debido a lo siguiente :



- ◆ El HFCS - 42, contiene una gran cantidad de glucosa; este azúcar tiene una solubilidad muy baja, por lo que se presentan problemas de cristalización en el producto.
  
- ◆ Debido a la baja cantidad de glucosa presente en el HFCS - 55, no se tienen problemas de cristalización.
  
- ◆ El HFCS - 55, tiene una mayor cantidad de fructosa, por lo que es más dulce, lo cual trae como consecuencia el uso de una menor cantidad de éste en la formulación.
  
- ◆ Los costos de aplicación del HFCS - 55 son mucho menores que los del HFCS - 42, por lo que la inversión se recupera en mucho menos tiempo.

# **BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Alais, C., Ciencia de la Leche, (3 era ed.), Compañía Editorial Continental S.A., México (1981).
2. Anon, Fructose for the health conscious, Dairy Industries International, 53 (12) 125, 27, (1988).
3. Aragón, M. E. y I. Villa, Prácticas de Laboratorio de Análisis de Alimentos, Departamento de Alimentos y Biotecnología. División de Ingeniería. Facultad de Química, U. N. A. M, (1994).
4. Arbuckle, W. S., Ice Cream (3rd edition), The Avi Publishing Corp., U. S. A. (1977).
5. Badui, S., Química de los Alimentos (3 era ed.), p. 65, 87 - 88, 484. Editorial Alhambra Mexicana, México (1993).
6. Benchley, R., Deering Rolls Out Frozen Specialities, Dairy Field, 168 (4) 41 - 44, (1985).
7. Carreño, H., Yogurth Congelado, Industria Alimentaria, 1 (2) 31, (1979).

8. Conforti, F. D., A suggested corn sweetener blend that serves as a replacement for sucrose in a basic ice cream formula. Journal of the Society of Dairy Technology, 46 ( 2 ) 57 - 61, ( 1993 ).
9. Dagioni, P., Dulce y Frío, Dulcelandia, 256 ( 42 ) 6 - 7, ( 1984 ).
10. Franco Coops, R. H., Proceso de elaboración de algunos productos de demanda nacional a partir de mieles y cristalizados. Tesis, U. N. A. M., México ( 1973 ).
11. Hebeda, E., Corn Sweeteners. Corn Chemistry and Technology ( Edited by S. A. Watson and P. E. Robinson ), Chap. 17, p. 514 - 516, 524. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, U. S. A. ( 1987 ).
12. Honer, C., Justifying HFCS in ice cream mix. Dairy Record, 82 ( 9 ) 93, 97, ( 1981 ).
13. Keeney, P., Commercial Ice Cream and Other Frozen Desserts, The Pennsylvania State University, College of Agriculture, U. S. A. ( 1977 ).
14. Kerr, R., Customized Fleets Lower Energy Use, Dairy Field, 168 ( 4 ) 30 - 38, ( 1985 ).

15. Minguella, J., Control de Calidad en Heladería, Dulcelandia, 440 ( 36 ) 3 - 13, ( 1977 ).
16. Minguella, J., Sorbetes, Dulcelandia, 438 ( 36 ) 17 - 22, ( 1977 ).
17. Minguella, J., Tratado Completo sobre Heladería, Dulcelandia, 438 ( 36 ), ( 1977 ).
18. Nieto, Z. y M. E. Cañizo, Prácticas de Laboratorio Productos Lácteos. Departamento de Alimentos y Biotecnología. División de Ingeniería. Facultad de Química, U. N. A. M.
19. Norton, J., Consumer Tastes Divide Producers, Dairy Field, 167 ( 1 ) 30 - 36, ( 1984 ).
20. Pedrero, D. L. y R. M. Pangborn, Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos, p. 77 - 78, 99 - 100. Editorial Alhambra Mexicana, México ( 1989 ).
21. Pérez Correa, C., Helados. Problemas Comunes en su Elaboración y Forma de Resolverlos, Industria Alimentaria, 5 ( 3 ) 5 - 8, ( 1983 ).

22. Seas, S., Quality Ice Cream, Dairy and Ice Cream Field, 159 ( 2 ) 59, ( 1976 ).
23. Taylor, R., A Manual of Recipes and Suggestions for Ice Cream Products, Document, Taylor Freezers, U. S. A. ( 1970 ).
24. Timm, F., Fabricación de Helados, p. 31, 36, 40 - 41, 45, 48 - 50, 68, 99 - 111, 134, 231 - 235. Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España ( 1989 ).
25. Trudeau, J., Purchasing Habits Evolve Favorably, Dairy Field, 168 ( 1 ) 28 - 34, ( 1985 ).
26. Vilardel, Un Estudio Completo Sobre el Helado, Dulcelandia, 436 ( 36 ) 17 - 28, ( 1976 ).
27. Walker, J., Física del Inigualable Helado Casero que Prepara la Abuela, Investigación y Ciencia, 93, 116 - 120, ( 1984 ).
28. Agentes Emulsificantes y Estabilizantes en Helado de Crema, Documento Técnico, Grindsted Products, México ( 1983 ).
29. Chantilly de Nata para Helados, Dulcelandia, 442 ( 36 ) 18, ( 1977 ).

- 
30. Dairy - Based Ingredients, Dairy Research Inc., Food Processing, 38 ( 11 ) 40 - 43, ( 1977 ).
31. El Origen de los Estabilizantes, ITAL Mensaje, Documento Técnico, Ingeniería Técnica en Alimentos S. A. de C. V., México ( 1991 ).
32. Elaboración de Helados, Documento Técnico, Combi Products, Grindsted Products, México ( 1985 ).
33. Emulsionantes y Estabilizantes para la Industria del Helado, Documento Técnico, Grindsted Products, México.
34. Fructose. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition ( Edited by R. Macrae, R. K. Robinson and M. J. Sadler ), Vol. 3, p. 2080 - 2082. Academic Press, Great Britain ( 1993 ).
35. Funciones de los Estabilizadores y Emulsivos de la Germantown Manufacturing Company en el Helado, Documento Técnico, Germantown Manufacturing Company, S. A. de C. V.
36. Helados Especiales y Postres Helados, Tecnología y Producción, Industrias Lácteas, 33 ( 5 ) 36 - 38, ( 1984 ).

37. Ice Cream Mix Processing in Focus, Technical Memorandum, Grindsted Products, Denmark ( 1983 ).
38. Ice Cream Trends, Dairy Field, 165 ( 2 ) 22 - 24, ( 1982 ).
39. Ice Cream. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition ( Edited by R. Macrae, R. K. Robinson and M. J. Sadler ), Vol. 4, p. 2456 - 2464. Academic Press, Great Britain ( 1993 ).
40. Optimum Homogenizing Pressure for Ice Cream Mixes, Technical Memorandum, Grindsted Products, Denmark ( 1983 ).
41. Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM - 036 - SSA1 - 1993, Bienes y Servicios. Helados o nieves, sorbetes de crema, de leche o grasa vegetal y bases o mezclas para helados o nieves, México ( 1994 ).