



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLÁN"



DESARROLLO DE UN PLATILLO  
CONGELADO A PARTIR DE CHILE  
POBLANO (C. ANNUM G.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A N:  
RITA ESTELA MACIAS ALVARADO  
MIGUEL ANGÉL SUAREZ SANCHEZ

DIRECTOR DE TESIS: I. A. LAURA M. CORTAZAR FIGUEROA

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1992.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivos la evaluación del método de congelación y el período de almacenamiento, mediante atributos sensoriales y propiedades nutritivas, de un platillo precocinado, chiles rellenos. Los atributos sensoriales evaluados fueron: color, olor, apariencia general, sabor, estructura celular, y dentro de las nutricionales se evaluó el contenido de ácido ascórbico.

Para ello el producto se congeló, a diferentes condiciones, utilizando temperaturas de congelación de  $-30$ ,  $-15$  y  $-5$  °C, y velocidades de aire de 3, 5 y 7 m/s para cada temperatura, determinándose la velocidad de congelación para cada par temperatura-velocidad de aire. La congelación se efectuó con aire forzado en una cámara de congelación y posteriormente se almacenó por 4 meses a  $-18$  °C en un congelador comercial. Los atributos sensoriales fueron evaluados por un grupo de jueces semientrenados, la estructura celular fue evaluada mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido, y el ácido ascórbico mediante la determinación de Vitamina C total.

Los resultados obtenidos muestran que, la mayor calificación correspondió a las muestras congeladas a la mayor velocidad de congelación empleada (las correspondientes a la temperatura de congelación de  $-30$  °C y 3, 5 y 7 m/s), resultando superiores en cuanto al contenido de ácido ascórbico y en la estructura celular. Por el lado de los atributos sensoriales se tuvo que para el color y la apariencia general no se pudo establecer relación alguna entre la velocidad de congelación empleada y estos atributos: en el caso del olor del aceite y el olor característico

del producto, las mayores calificaciones las obtuvieron las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$ . En el caso del sabor los jueces no detectaron una diferencia significativa entre la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y la muestra recién preparada.

Además se encontró que el principal factor que influye en la calidad del producto congelado, es el tamaño de los cristales de hielo que se forman durante la congelación y su posterior crecimiento en el almacenamiento, encontrándose daños que van desde el colapsamiento de las células, hasta el rompimiento de la pared celular, y que los demás atributos evaluados se vieron afectados por el tamaño de dicho cristal, acentuándose a las menores velocidades de congelación.

## INTRODUCCION

Hoy en día, el reto para la Industria mexicana de alimentos es grande, ya que en un futuro no muy lejano, tendrá que enfrentar el cambio en su mercado de 80 millones a uno de 360 millones de consumidores, debido a la firma del Tratado de Libre Comercio, con Estados Unidos y Canadá. Los consumidores tendrán más opciones al adquirir los productos alimenticios, y la industria de alimentos tendrá que preocuparse por saber cuáles son las necesidades y preferencias del consumidor.

Por otro lado, algunos cambios ocurridos en la sociedad, que influyen en el desarrollo de una nueva generación de alimentos, "caliéntese y sírvase", son: El aumento progresivo de mujeres con ocupaciones laborales fuera de su hogar, con lo cual se disminuye el tiempo dedicado a la preparación de alimentos; aumento del número de personas que comen fuera de su casa, así como una disminución del tiempo dedicado a la comida, etc. (6).

Los alimentos precocinados satisfacen estas necesidades de los consumidores, adaptándose al ritmo de vida actual. Existe una gran variedad de platillos precocinados, por medio de los cuales se busca disminuir el tiempo de preparación de la comida, además de que los consumidores esperan encontrar en el mercado estos platillos (5).

En el caso de México, los platillos precocinados congelados, ofrecen una alternativa de desarrollo para comidas típicas del país, utilizando alimentos de importancia económica, nutritiva y cultural; tal es el caso del chile poblano (C. annuum g.) que

se utiliza en la preparación de chiles rellenos, cuya importancia económica queda manifiesta al generar numerosas fuentes de empleo, por la mano de obra intensiva que requiere durante su cultivo, y que de esta cosecha se pierde entre un 10 y 20 % durante la producción y transporte (72). En el aspecto nutritivo y cultural, el chile ha sido desde la época prehispánica y hasta nuestros días una parte importante de la dieta de los mexicanos aportando grandes cantidades de vitamina C. Es por ello, que se propone la congelación del chile como una alternativa de conservación para con ello contribuir a la disminución de estas pérdidas.

El presente trabajo, es importante en el campo de la Ingeniería de Alimentos, ya que nos introduce al estudio de un alimento precocinado desde el punto de vista de su estabilidad durante el almacenamiento en: valor nutritivo (ácido ascórbico), atributos sensoriales (color, olor, sabor y apariencia general), así como el estudio del efecto de la recristalización sobre la textura en un alimento de origen vegetal, ya que generalmente la mayoría de los estudios que se han realizado (22) (23), se enfocan a los cambios sobre la textura en productos de origen animal.

## INDICE GENERAL

	Páginas
RESUMEN.	viii
INTRODUCCION.	x
INDICE GENERAL.	xii
INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRAFICAS.	xiv
CAPITULO I ANTECEDENTES.	1
1 Técnico-Científicos.	2
1.1 Materia prima.	2
1.1.1 Aspectos históricos.	2
1.1.2 Características botánicas.	2
1.1.3 Descripción de la planta.	3
1.1.4 Características de calidad.	4
1.1.5 Anatomía del fruto.	6
1.1.6 Importancia nutritiva.	8
1.1.7 Manejo poscosecha.	9
1.1.8 Comercialización.	11
1.2 Congelación de alimentos precocinados.	12
1.2.1 Definición y tipos.	12
1.2.2 Equipos utilizados.	13
1.2.3 Evaluación de la congelación.	14
1.2.4 Descongelación.	15
1.3 Envases.	17
1.3.1 Criterios de selección.	17
1.3.2 Envases para alimentos precocinados.	18
2 Socioeconómicos.	22
2.1 Zonas productoras.	22
Capítulo II METODOLOGIA.	25
1 Objetivos.	26
1.1 Objetivo general.	26
1.2 Objetivos particulares.	26
2 Hipótesis.	27
3 Cuadro Metodológico.	28
4 Desarrollo experimental.	29
4.1 Aplicación del estudio de mercado.	29
4.2 Experimentación.	30
4.2.1 Acido ascórbico.	32
4.2.2 Atributos sensoriales.	33
4.2.3 Estructura celular.	34

5	Diseño experimental.	34
	5.1 Congelación del producto.	34
	5.2 Almacenamiento del producto.	36
Capítulo III ANALISIS DE RESULTADOS.		40
1	Consumo de alimentos congelados.	41
2	Experimentación a nivel laboratorio.	45
	2.1 Velocidad de congelación.	45
	2.2 Acido ascórbico.	49
	2.3 Atributos sensoriales.	53
	2.4 Estructura celular.	69
	2.5 Integración de resultados.	80
Capítulo IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		86
1	Conclusiones.	87
2	Recomendaciones.	89
APENDICE.		91
BIBLIOGRAFIA.		96



## INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRAFICAS

### CUADROS.

	Páginas.
Cuadro No. 1 Clasificación de las especies existentes de <i>C. annum</i> .	3
Cuadro No. 2 Contenido de vitamina C en diversos alimentos.	9
Cuadro No. 3 Condiciones de almacenamiento de chile en estado fresco.	10
Cuadro No. 4 Nombres comunes de chiles en estado fresco y seco.	12
Cuadro No. 5 Métodos empleados en la congelación de comidas preparadas.	14
Cuadro No. 6 Envases utilizados en alimentos precocinados, principales usos y propiedades.	19
Cuadro No. 7 Variedades de chile poblano cultivado en diferentes zonas de México.	22
Cuadro No. 8 Tipos de chile, área sembrada y volumen de producción.	23
Cuadro No. 9 Velocidad de congelación.	45
Cuadro No. 10 Retención de ácido ascórbico durante el almacenamiento de chiles rellenos congelados.	50
Cuadro No. 11 Contenido en de ácido ascórbico en mg/100g.	52
Cuadro No. 12 Resultados de la prueba Dúo-Trío.	67
Cuadro No. 13 Resultados estadísticos de $X^2$ de la prueba Dúo-Trío.	68

FIGURAS.

	Páginas.
Figura No. 1 Fruto de <i>C. annum</i> .	4
Figura No. 2 Microfotografía de <i>C. annum</i> visto al microscopio electrónico de barrido.	6
Figura No. 3 Gráfica de costos de envases para horno de microondas.	21
Figura No. 4 Porcentaje de la población que consume alimentos congelados.	41
Figura No. 5 Consumo de alimentos congelados por estrato socioeconómico.	42
Figura No. 6 Tipos de alimentos congelados que se consumen.	43
Figura No. 7 Consumo de verduras congeladas por estrato socioeconómico.	43
Figura No. 8 Microfotografías de células parenquimáticas de chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido.	69
Figura No. 9 Microfotografías de células parenquimáticas de chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido.	71
Figura No. 10 Microfotografías de la pared celular de chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido.	73
Figura No. 11 Microfotografías de células parenquimáticas y unión celular de chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido.	75
Figura No. 12 Microfotografías de células colenquimáticas de chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido.	77

## GRAFICAS.

Páginas.

Gráfica No. 1	Curva de congelación de chiles rellenos velocidad de aire 3 m/s.	46
Gráfica No. 2	Curva de congelación de chiles rellenos velocidad de aire 5 m/s.	46
Gráfica No. 3	Curva de congelación de chiles rellenos velocidad de aire 7 m/s.	47
Gráfica No. 4	Retención de ácido ascórbico durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ de chiles rellenos.	51
Gráfica No. 5	Evaluación de la apariencia general de chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-5^{\circ}\text{C}$ .	54
Gráfica No. 6	Evaluación de la apariencia general de chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación $-15^{\circ}\text{C}$ .	54
Gráfica No. 7	Evaluación de la apariencia general de chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación $-30^{\circ}\text{C}$ .	55
Gráfica No. 8	Resultados totales de la apariencia general.	55
Gráfica No. 9	Evaluación del color en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-5^{\circ}\text{C}$ .	57
Gráfica No. 10	Evaluación del color en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-15^{\circ}\text{C}$ .	58
Gráfica No. 11	Evaluación del color en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-30^{\circ}\text{C}$ .	58
Gráfica No. 12	Resultados totales del color en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ .	59
Gráfica No. 13	Evaluación del olor característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-5^{\circ}\text{C}$ .	61
Gráfica No. 14	Evaluación del olor característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-15^{\circ}\text{C}$ .	61

Gráfica No. 15	Evaluación del olor característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-30^{\circ}\text{C}$ .	62
Gráfica No. 16	Resultados totales del olor característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ .	62
Gráfica No. 17	Evaluación del olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-5^{\circ}\text{C}$ .	64
Gráfica No. 18	Evaluación del olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-15^{\circ}\text{C}$ .	65
Gráfica No. 19	Evaluación del olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ , temperatura de congelación de $-30^{\circ}\text{C}$ .	65
Gráfica No. 20	Resultados totales del olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a $-18^{\circ}\text{C}$ .	66

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES

## 1. TECNICO-CIENTIFICOS.

### 1.1. MATERIA PRIMA.

#### 1.1.1 Aspectos históricos.

El cultivo del chile en nuestro país se remonta a la era prehispánica, se cree que esta planta es originaria de América del Sur, de los Andes y la Cuenca Alta del Amazonas y se piensa que de ahí fue traída a México, aunque otros autores sugieren que México pudo ser un centro de origen independiente, esta aseveración tal vez se deba a que cinco de las especies que se consumen mundialmente en la actualidad, provienen del género *Capsicum annuum*, que fue domesticada en México (45).

El chile tiene una larga tradición cultural en México, como tributo jugó un papel importante, tanto antes como después de la conquista; en 1540 el corregidor de Chalco y su ayudante recibían como tributo legal, productos y servicios varios que incluían 200 chiles. El imperio mexicana recibía un total de 1600 pacas de chile seco, por parte de sus pueblos conquistados. Como alimento, su importancia quedó manifiesta en los escritos españoles de siglo XVI; el fraile Bernardino de Sahagún hizo una reseña de la comida de los mexicas, encontrando al chile, desde la mesa del emperador, hasta la casa del plebeyo. Así mismo al recorrer los mercados, encontró gran variedad de chiles y salsas, y platillos preparados a base de chile (45).

#### 1.1.2. Características botánicas.

El chile pertenece a la familia de las Solanaceas; su nombre botánico es *Capsicum Annuum*. El cuadro 1. muestra la clasificación de las especies de chile (20).

CUADRO No. 1 Clasificación de las especies existentes de *C. annum*.

GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
<i>C. annum</i>	<i>Grossum</i> (Sendt)	Chile Chipotle, ancho, rojo mulato, pimientos.
<i>C. annum</i>	<i>Longus</i> (Sendt)	Chile pasilla, guajillo.
<i>C. annum</i>	<i>Accuminatum</i> (Fingerh)	Chile mora o morita, güero mirasol.
<i>C. annum</i>	<i>Cerasiforme</i> (Miller)	Chile bola rojo, mulato bola, piquín redondo.
<i>C. frutescens</i>	L.	Chile de árbol, piquín.
<i>C. frutescens</i>	<i>Baccatum</i> L.	Chiltepín, chiltepiquín

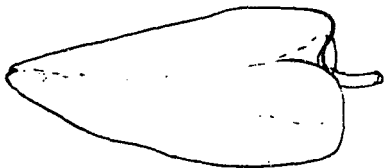
Fuente: Díaz del Pino A. (1957): El cultivo del chile. Bartolomé Turco Editor. (20)

### 1.1.3. Descripción de la planta.

El *Capsicum annum grossum*, se conoce como chile Poblano debido a que probablemente su cultivo se inició en las cercanías de la ciudad de México, en el valle de Puebla, por lo que se le designa con este nombre al consumirse en estado fresco.

Generalmente, son plantas sin pubescencia, de aspecto herbáceo, y altura entre 60 y 70 cm.. El tallo inicia su ramificación a menos de 20 cm. del suelo, dividiéndose en dos o tres ramas, las cuales a su vez se bifurcan cada 8 a 12 cm. en forma sucesiva, unas cuatro o cinco veces (45). Las hojas son de color verde oscuro brillante, de forma ovada - acuminada. En las ramas inferiores las hojas son de menor tamaño; miden de 7 a 12 cm de longitud por 4 a 9 cm de ancho. La flor tiene cinco pétalos de color blanco sucio. El período de floración se inicia aproximadamente a los 50 días y continúa hasta que la planta

muere, normalmente, a causa de las heladas en el invierno. El fruto de este tipo de chile mide de 8 a 15 cm. de largo y 6 cm. de ancho, tiene forma cónica o de cono truncado, con un hundimiento bien definido en la unión del pedúnculo o base, el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato, tiene paredes gruesas y la superficie es más o menos surcada (45), figura 1. Es medianamente picante y de aroma fuerte y agradable. Se cosecha sin madurar o bien maduro. El fruto sin madurar se consume en verde, se cosecha maduro y se deshidrata conociéndosele como chile mulato o ancho.



cada centímetro  
equivale a 1.25 cm.

Figura 1.  
Fruto de *C. annuum*

#### 1.1.4. Características de calidad del fruto del chile poblano.

Las características de calidad que deben reunir los frutos para tener una buena comercialización ya sea en fresco o seco, son las siguientes según el INIA (45):

Tamaño.- Ya sea en fresco o seco, se prefieren los frutos de más de 10 cm. de largo y más de 6 cm. de ancho.



**Forma.**- Los frutos de cuerpo relativamente más aplanados son más convenientes para la producción de chiles verdes. La base del fruto debe ser hundida, o sea, el "cajete" del fruto debe de estar bien definido.

**Color.**- Los chiles verdes deben tener una coloración intensa y brillante, mientras que los chiles secos deben ser rojo-oscuros.

**Piel.**- Los frutos verdes deben ser completamente lisos, mientras que los chiles ya secos deben tener un aspecto rugoso.

**Pungencia.**- Se prefieren frutos de pungencia intermedia y con el aroma característico del buen chile.

**Pericarpio.**- Se prefieren frutos con pericarpio grueso pues esta característica les da un mayor peso. Posiblemente, esta característica o factor esté relacionado con otras cualidades como el sabor y el aroma.

**Pedúnculo.**- Para la comercialización, es casi imprescindible que el pedúnculo quede adherido a la base del fruto.

En base a las características antes mencionadas se pueden establecer las siguientes categorías de calidad, para la comercialización del chile en fresco:

**Primera.**- Frutos que tengan más de 10 cm. de largo y 6 cm. de ancho, con coloración uniforme y sin deformaciones ni daños causados por insectos, patógenos o alteraciones fisiológicas.

**Segunda.**- Frutos con menos de 10 cm. de largo y/o con pequeñas decoloraciones en círculos o franjas que no excedan del 5 % de la superficie del fruto. Los frutos deformados o dañados, generalmente, no se comercializan en verde.

## 1.1.5. Anatomía del fruto.

Dentro de los tejidos vegetales, el chile pertenece a la categoría de los frutos de pared carnosa. En la figura 2A se presentan los resultados del chile poblano visto al microscopio electrónico de barrido sobre un corte transversal, en la cual se pueden identificar tres capas, las cuales son: el exocarpo

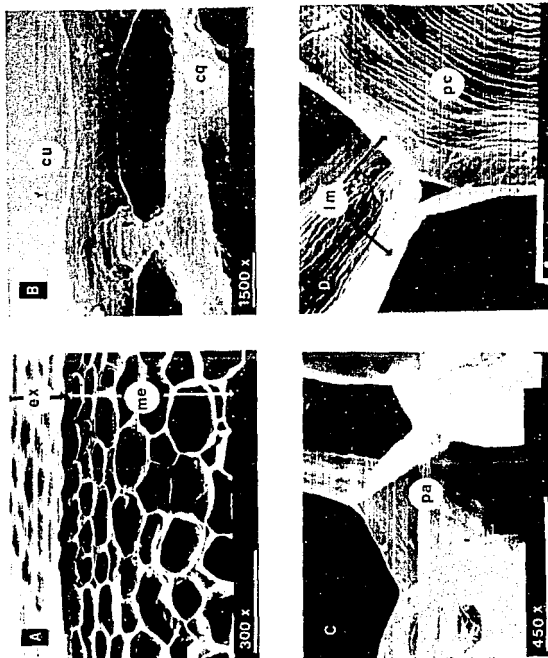


Figura No. 2 *C. annuum* visto al microscopio electrónico de barrido.

(ex) que se conoce como piel; el mesocarpo (me) que constituye la mayor parte comestible; y el endocarpo que forma la pared interior del fruto.

El exocarpo que constituye la superficie externa del chile, está cubierta por una cutícula delgada (cu), esta superficie cuticular es generalmente continua lisa y amorfa (Fig. 2B).

El mesocarpo está constituido por dos estratos de células que son el colénquima y el parénquima. El colénquima (cq) que se encuentra inmediatamente debajo de la epidermis, se encuentra formado por dos o tres capas de células de forma tangencial, cuyas paredes son extremadamente gruesas (Fig. 2B), su función es la de proporcionar sostén mecánico.

El parénquima (pa) está formado por un gran número de capas de células de forma poliédrica con un promedio aproximado de 14 caras, 8 hexagonales y 6 cuadradas, se ha designado como ortotetradecaédrica, y su pared es delgada (Fig 2C). Estas células forman el tejido fundamental del chile y representan la principal parte comestible; en este tejido tienen lugar las actividades esenciales del vegetal, como la fotosíntesis, respiración, almacenamiento de gránulos de almidón, proteína, gotas lipídicas y agua (17).

El componente principal responsable de la estructura, rigidez y en última instancia de la textura del fruto, es la pared celular (29). Las paredes celulares (pc) son de estructura compleja, y en las que pueden distinguirse tres partes fundamentales: la sustancia intercelular o lámina media (lm), la membrana primaria y la secundaria. La lámina media se haya entre las membranas primarias de las células contiguas y la secundaria se

dispone sobre la primaria, en sí aparecen como una unidad (Fig 2D). La pared celular está compuesta por celulosa, hemicelulosa y compuestos pécticos. El agua es un constituyente común de la pared celular, y a menudo está presente en cantidades considerables (60 %) (26), parte de ella se encuentra retenida en las microfibrillas de las sustancias constituyentes, y es relativamente libre; el resto está asociada con sustancias hidrófilas (26). La lámina media funciona como "pegamento" para sostener las células juntas, está constituida por un compuesto péctico que posiblemente esté combinado con calcio (29).

#### 1.1.6. Importancia nutritiva.

La mayoría de los autores, están de acuerdo en que el chile ha contribuido en forma importante en la nutrición de los mexicanos, en el pasado y en el presente, por ejemplo, en 1985 el mexicano consumió cerca de 6 Kg de chile fresco y 0.5 Kg de chile seco. Por ello se calcula que el mexicano consume más chile que otros productos vegetales, como cebolla, tomate, chicharo, camote, garbanzo, habas, etc. (49).

Estos autores señalan que, el chile es una rica fuente de vitaminas, como la vitamina A y la C. Con respecto a la vitamina C, para el chile poblano no se encontró reportado su contenido, sin embargo para el pimiento dulce (un tipo de chile semejante al poblano), el contenido de ácido ascórbico es de 126 mg/100 g a 172 mg/100 g, cantidad que representa una parte importante de la recomendación diaria de consumo de vitamina C para un adulto que es, de 40 a 60 mg por día (13). Además comparada con otras verduras y el grupo de los cítricos que se consideran como una buena fuente de vitamina C, el chile resul-

ta superior en el contenido de ésta, lo cual se observa en el cuadro No. 2.

CUADRO No. 2 Contenido de Vitamina C de diversos alimentos.

VIT C mg/100 g	
Zanahoria	19
Limón	42
Naranja	31
Huauzontle	45
Guayaba	199
Espinaca	40
Coliflor	127
Toronja	53
Frijol	1
Chile Pob.	126 *

Fuente:

Bourges, *et al* Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. INN, 1983. México. (9)

\* Long-Solís J. (1986): Capsicum y cultura: La historia del chilli. Fondo de Cultura Económica, México. (50)

#### 1.1.7. Manejo postcosecha.

Una vez cosechado el chile poblano, se envasa en arpillas reutilizables de fibras naturales, de 30 kg. de capacidad, y de ahí se transporta a los centros de acopio y centrales de abasto. Generalmente los chiles se consumen en estado fresco, se prefiere para su conservación a largo plazo, el secado y la elaboración de chiles enlatados. Es un producto que permite en poca medida la conservación por frío, de aquí que solo un 62 % de los productores almacena el producto (72). La conservación por medio de refrigeración, se lleva a cabo bajo las siguientes condiciones cuadro No. 3:

CUADRO No. 3 Condiciones de almacenamiento del chile poblano en estado fresco.

TEMPERATURA (°C )	TIEMPO (semanas)	HUMEDAD RELATIVA (%)	REFERENCIA
0	3 a 4	90 a 95	16
7.2 a 10	2 a 3	90 a 95	15
7 a 10	1 a 2	85 a 90	15
7 a 10	1 a 3	90 a 95	42

Para el almacenamiento se recomienda estibar 6 niveles de costales sobre tarimas normalizadas ( 1.0 X 1.2 m. ó 0.8 X 1.2 m.) soportando un peso aproximado de 720 kg. (16), o bien el Instituto Internacional de la Refrigeración recomienda protegerlo en bolsas de polietileno o por ceras (42).

#### 1.1.7.1. Comportamiento ante el frío.

Cada producto es susceptible al daño por frío en diverso grado, dependiendo de la relación Temperatura-Tiempo de exposición, origen del producto (tropical o subtropical), producto, variedad, y estado de madurez.

La información disponible sobre el comportamiento del chile ante el frío, es para el chile tipo dulce, conocido como pimiento. En este tipo de productos se manifiestan los daños por frío con las siguientes características: picado, debido a la contracción de células y desecación parcial de tejidos; hinchamiento, que se manifiesta como hundimientos o depresiones acuasas, característico en productos de piel delgada. Otros síntomas pueden ser el desarrollo de aromas y sabores desagradables,

maduración anormal o ausente, y los productos se vuelven más propensos al ataque microbiano (15).

Se ha encontrado que en el pimiento almacenado a temperatura de 0 °C se presentaron daños por frío, los cuales se manifestaron como picaduras, decoloración del cáliz y alteración en el metabolismo normal del fruto (56); además se encontró otra manifestación en forma de un oscurecimiento de las semillas del chile, cuando se almacenó por 7 días a 1 °C (74).

#### 1.1.B. Comercialización.

En la actualidad, se industrializa solo la quinta parte del chile fresco que se produce en México (50), los productos que se obtienen son: oleoresinas, salsas picantes, enlatados, chile en polvo y chiles secos.

Con respecto al chile poblano, se tiene que, aproximadamente el 50 % de la producción nacional se comercializa en verde (45), un 7.5 % se destina a la elaboración de chile en polvo y extracción de colorantes, el resto se destina al secado.

Al chile poblano, cuando se le deshidrata, se le conoce como chile mulato o ancho. La diferencia entre ellos depende de un par de genes que lo hacen madurar a uno en tono rojo oscuro (ancho), mientras que el otro adquiere un color achocolatado casi negro (mulato) (50).

Cabe señalar que a los chiles ya secos se les conoce con un nombre diferente que cuando están en estado fresco (ver cuadro

4).

CUADRO No. 4 Nombres comunes del chile  
en estado fresco y seco.

CHILE EN FRESCO	CHILE SECO
Jalapeño	Chipotle
Poblano	Mulato, Ancho
Chilaca	Pasilla
Mirasol	Guajillo, Cascabel, Catarina
Pimiento	Paprika

Fuente:

Long-Solis J. (1986) Capsicum y cultura: La historia del chilli, Fondo de Cultura Económica, México. (20)

El chile que se consume en verde, es preparado en una gran variedad de platillos, según la región del país que se trate. Generalmente, el chile Poblano se consume relleno, para lo cual se requiere una preparación que consta del pelado, desvenado, relleno, capeado y freído.

## 1.2. CONGELACION DE ALIMENTOS PRECOCINADOS.

### 1.2.1. Definición y tipos de alimentos congelados.

Una de las características de algunos de los alimentos precocinados, es que para su preparación está involucrada la aplicación de altas temperaturas, que necesariamente provocan una disminución de la calidad, lo que ocasiona pérdida de vitaminas termolábiles y cambios en propiedades sensoriales. La reducción del tiempo de manejo en caliente antes de su consumo y transporte, retarda estos cambios; la refrigeración y la congelación reducen este tiempo, y empleados adecuadamente, proporcionan un servicio invaluable para el consumidor (37).



En el ámbito de la congelación, los alimentos precocinados han sido llamados "productos de la segunda generación", y son aquellos que están constituidos por varios ingredientes, tales como: pizzas, bacalao en salsa, hamburguesas, pays, pastelillos, etc.

Existen diversos tipos de alimentos precocinados congelados, y están clasificados en tres grandes grupos (2):

I) Alimentos que se sirven calientes.

Dentro de estos se encuentran, sopas, caldos de pescado con verduras, caldo de res, pasteles de carne, piezas de pollo fritas, pechugas, carne de pavo cocida, rebanadas de pescado precocido, filete de pescado empanizado, empanadas de pescado, croquetas de pescado, papas a la francesa, ensaladas y comidas completas.

II) Alimentos que se sirven a temperatura ambiente.

Dentro de estos productos se encuentran, aperitivos, sandwiches, pan, canapés, roles, croissants, pasteles, galletas, pays y alimentos precocinados que contienen frutas.

III) Alimentos que se comen congelados.

En este grupo se incluyen, helados, nieves, sorbetes, pasteles de helado, paletas, sandwich helado y pay helado.

### 1.2.2 Equipos Utilizados.

Los alimentos precocinados se congelan industrialmente por aire, por inmersión, por contacto y por criogenia. Su utilización se resume en el cuadro No. 5.

CUADRO No. 5 Métodos empleados en la congelación de comidas preparadas.

METODOS DE CONGELACION	ALIMENTOS	REFERENCIA
CHORRO DE AIRE	SOPAS, FILETES DE PESCADO,	2
	CARNE PARA HAMBURGUESA,	37
	PAPAS FRITAS, FILETE DE PESCADO	13
	MACARRONES CON QUESO	37
	PASTEL DE CARNE, PANADERIA	2
IOF *	SOPAS, PAPAS A LA FRANCESA	2 38
INMERSION	SOPAS, POLLO EN TROZOS	2
CONTACTO	FILETES DE PESCADO, SOPAS SOPA DE VERDURAS, CAMARON	2
CRIOGENICO	CALDO DE PESCADO,	37
	PASTEL DE CARNE	2
	MACARRONES CON QUESO	2

\* Individual Quick Frozen.

### 1.2.3. Evaluación de la congelación.

En el campo de la congelación, la tendencia es a producir alimentos de la mejor calidad nutritiva y degustativa posible (22), aunque para ser más precisos el concepto de calidad, hoy en día es más amplio, ya que abarca aspectos tales como, tiempos de entrega del producto, que cumpla las especificaciones señaladas, que cumpla sus funciones correctamente durante el tiempo especificado. y otros aspectos como imagen del producto, atención a proveedores, etc.. todos estos aspectos tendrán que estar disponibles al consumidor a un precio justo (68).

Tomando en cuenta los aspectos anteriores, es difícil medir si un producto está cumpliendo todos estos factores, por lo que

se puede decir en términos más sencillos que, un producto tiene una calidad alta cuando el consumidor queda contento con los satisfactores que le ofrece este producto (68). Así, cada producto posee características que dan respuesta a las necesidades o expectativas del consumidor. La calidad de un producto es medida en términos de estas características, de esta forma la calidad está relacionada con la pérdida de estas cualidades a través de su ciclo de vida (68).

Dentro de este contexto, el presente estudio se avoca a evaluar los cambios que ocurren en las propiedades de los alimentos sometidos a la conservación por congelación. El proceso de congelación, almacenamiento congelado y descongelación, causa que cambien algunas de sus características, en forma gradual e irreversible, principalmente por influencia del tamaño de cristal formado (35). Estos cambios son principalmente de tipo físico y químico (77), que a su vez se manifiestan en variaciones en la textura, apariencia, color, sabor y valor nutritivo, por ello se hace necesario recolectar la evidencia sensorial y nutritiva, con el fin de evaluar el efecto de los diversos tratamientos antes mencionados (22) (23) (37) (79).

#### 1.2.4. Descongelación.

A fin de consumir los alimentos precocinados es necesario que sean descongelados: el proceso de descongelación consiste en llevar la temperatura del producto congelado, hasta que la temperatura de este sea en todos los puntos superior al punto inicial de congelación del mismo (3).

En la práctica a esta operación se le presta poca atención,

sin embargo, requiere de mayor cuidado ya que si la descongelación falla, se pueden perder las características iniciales que tenía el producto antes y después de ser congelado (47).

Durante la descongelación lenta, el producto se descongela inicialmente en la capa externa, y el agua descongelada se convierte en una resistencia a la transferencia de calor, debido a que la conductividad del agua es 5 veces menor que la del hielo (37). De hecho es este fenómeno el que convierte a la descongelación en una operación crítica, ya que si la descongelación es lenta, la superficie del producto permanece por largos tiempos a temperaturas adecuadas para el desarrollo de microorganismos (3).

Un método que ofrece varias ventajas, es la descongelación por microondas, ya que la principal característica de estas, es la penetración a través del alimento y el rápido aumento de la temperatura, que comparada con los métodos de calentamiento convencionales resulta de 10 a 20 veces más rápida (57) (3), lo que se traduce en las siguientes ventajas:

-El proceso minimiza el crecimiento microbiano en las regiones cercanas a la superficie (70), debido a que la descongelación ocurre a temperaturas inferiores a los que podría haber desarrollo de microorganismos.

-Tiempos de tratamiento cortos, con un considerable ahorro en tiempo durante la preparación de alimentos precocinados.

-Pérdidas de peso pequeñas o nulas. Estas pérdidas de peso se refieren al goteo o exudación que con este método se elimina casi en su totalidad (70).

### 1.3. ENVASES.

#### 1.3.1. Criterios de selección.

Se entiende por envase, al contenedor de la unidad de venta del producto, y, por embalaje a la consolidación de las unidades de venta del producto, en unidades de distribución y transporte, cuya función es la de proteger al producto durante los canales de distribución (43).

Las principales funciones del envase y embalaje son (2):

- a) Contener y proteger el producto contra factores intrínsecos o extrínsecos que pudieran contribuir a su deterioro.
- b) Permitir y facilitar las operaciones que se hagan con el producto ya envasado, y durante el almacenamiento, manejo y transporte.
- c) Permitir la adecuada identificación del producto contenido.
- d) Contribuir a la venta del producto.
- e) Facilitar su utilización por el consumidor final.

Para seleccionar un envase, es necesario tomar en cuenta los siguientes factores (43):

- a) Características del producto a envasar.
- b) Compatibilidad producto-envase.
- c) Los medios de manipulación, almacenamiento y transporte.

d) Beneficios, necesidades y preferencias para productores, comercializadores y consumidores.

e) Operaciones a efectuar en el producto envasado.

### 1.3.2. Envases para alimentos precocinados.

Al envasar alimentos precocinados, se presentan frecuentemente una serie de problemas específicos, que deben ser considerados, y son los siguientes (76):

a) La mayoría de ellos son muy frágiles y no se podrían comercializar si su apariencia o textura ha sido dañada.

b) En muchos casos, es deseable descongelar, recalentar y servir el producto en el envase en que fueron congelados.

La evolución y la amplia gama de productos congelados existentes en el mercado, hacen difícil abarcar la especificación de cada envase, ya que la utilización de uno u otro está determinado por la naturaleza del producto, método de congelación, destino, etc.. Lo anterior se muestra en el cuadro 6.

CUADRO No. 6 Envases utilizados en alimentos precocinados principales usos y propiedades.

ENVASE	PROPIEDADES	USOS	REFERENCIA
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	IMPERMEABLE A GRASAS Y ACEITES. RESISTENTE A ACIDOS DE FRUTOS.	VEGETALES PECOCIDOS FRUTOS	01, 71, 24, 33
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	IMPERMEABLE A HUMEDAD, OXIGENO Y LUZ	JUGOS DE FRUTAS	01, 33
CARTON LAMINADO	IMPERMEABLE A HUMEDAD, GAS Y RESISTENTE A BAJAS TEMPERATURAS	VEGETALES POLLO FRITO PIZZA	01, 71 24
PAPEL HORNEABLE	RESISTENTE A ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS	PALOMITAS HELADO	24
PLIOFILM (CLOROCAUCHO)	IMPERMEABLE A OXIGENO OLORES, GRASAS Y ACEI- TES. ENCOGIBLE.	AVES CARNES	01
SARAN (CLORURO DE POLIVINILIDENO)	IMPERMEABLE A GRASAS, OLORES, HUMEDAD. BUE- NA ADHESIVIDAD.	POLLO	01
HOJA DE ALUMI- NIO RECUBIERTA	EXCELENTE BARRERA AL VAPOR, GRASAS, OLORES. RESISTENTE A ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS.	COMIDAS PREPARADAS PAYS DESAYUNOS	
LAMINACIONES COEXTRUIDAS DE ALUMINIO.	EXCELENTE BARRERA A LA HUMEDAD, GASES, OLORES Y GRASAS.	PESCADO SOPAS ENSALADAS	01, 71
CPET (RESINA DE PO- LIESTER CRIS- TALIZADO)	EXCELENTE BARRERA AL VAPOR, GRASAS Y OLORES RESISTE ALTAS TEMPS.	COMIDAS PREPARADAS PASTAS	24, 33
POLIESTIRENO (MEZCLADA EN OXIDO DE POLI- PROPILENO)	RESISTE ALTAS TEMPE- RATURAS.	SOPAS HOT DOGS	77, 08 24

En la actualidad, en el desarrollo de envases para alimentos congelados la tendencia es a satisfacer las necesidades del consumidor, tomando en cuenta algunos cambios socio-culturales que han ocurrido recientemente, tales como aumento de bienes duraderos en los hogares de los consumidores: frigoríficos, lavadoras automáticas, hornos de microondas, etc.; así como una disminución del tiempo dedicado a la comida, entre otros (6).

A mediados de los 80's y principios de los 90's el uso del horno de microondas se incrementó (24), de tal suerte que Erickson (25) estima que a fines de los 80's y principios de los 90's el número de amos de casa de los Estados Unidos que utilizaban horno de microondas se incrementaría de un 70 % a un 90 %; para el caso de México, en una encuesta realizada en 1990 (51), se encontró que un 17 % de la población estudiada poseía horno de microondas. Debido a ello, los productores de alimentos congelados han tenido que desarrollar envases que sean adecuados para utilizarse, tanto en hornos convencionales como de microondas.

Ante estos cambios repentinos el uso del aluminio como envase para alimentos precocinados congelados tuvo una caída, por ello fue necesario buscar la forma de adecuar su uso en hornos de microondas. A mediados de 1984 se introdujo al mercado una charola de aluminio cubierta con una doble barrera, de vinil y una cubierta epóxica, haciendo a estos envases seguros para ser utilizados tanto en hornos de microondas como en hornos convencionales (48). Gracias a ello, tuvo un desarrollo favorable, ya que en la actualidad este tipo de envase presenta algunas ventajas con respecto al grupo de contenedores plásticos. Entre estas se encuentran: moldeable en múltiples formas, calentamiento uniforme, fácil de reciclar y costos competitivos, re-



sultando de ello un beneficio a los consumidores, al proveerlos de alimentos vesátiles (para dos tipos de hornos) y a costos accesibles (48) ver figura 4.

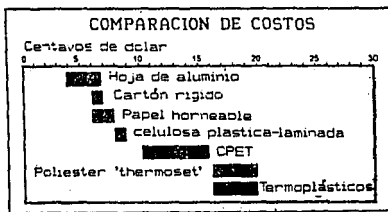


Fig 4  
Gráfica de costos de envases para alimentos  
para someter a hornos de microondas.

Fuente: Erickson, G. (1988): Survey reveals plans for '89, *EN Packaging*, vol. 93 num. 10 Agosto. (24)

## 2. SOCIOECONOMICOS

### 2.1. ZONAS PRODUCTORAS Y PRODUCCION.

En México se cultivan anualmente más de 15,000 Ha. con este tipo de chile, bajo condiciones de riego (45). Las zonas productoras están ubicadas principalmente en los valles semiáridos del área central del país correspondiente a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y Aguascalientes; en toda esta área el cultivo se hace bajo riego. Hay algunas otras zonas de menor importancia en la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit y Coahuila (45), ver cuadro 7 y 8.

CUADRO No. 7 Variedades de Chile Poblano cultivado en diferentes zonas de México.

VARIEDAD	LUGAR DE PRODUCCION
Esmeralda	Bajío, Aguascalientes, San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Jalisco, Sonora, Nayarit, Zacatecas y Yucatán.
Flor de Pabellón	Bajío, Aguascalientes y San Luis Potosí.
Mulato Roque	Aguascalientes, San Luis Potosí y Yucatán.
Mulato V-Z	Aguascalientes, San Luis Potosí y Guanajuato.
Verdeño	Bajío, Aguascalientes, San Luis Potosí, Durango, Guanajuato, Jalisco, Sonora, Zacatecas, Coahuila y Nayarit.

Fuente: SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias) (1987): Listado de variedades liberadas por el INIA de 1942 a 1985, SARH, Marzo, México. (73)

El 60 % del área destinada al cultivo del chile, se dedica al cultivo de chile poblano; de este porcentaje, aproximadamente un 10 % se destina a la exportación. En la región del pacífico norte se utiliza tecnología agrícola avanzada para la producción comercial (50). Este tipo de cultivos requiere de muchos cuidados así como de mano de obra intensiva, por lo que su cultivo genera fuentes de trabajo, además de ser uno de los cultivos que dejan más recompensa económica a los productores (21).

CUADRO No. 8 Tipos de chile área sembrada y volumen de producción, INIA, 1982.

TIPO DE CHILE	AREA SEMBRADA (ha)	RENDIMIENTO PROMEDIO (ton/ha)	VOLUMEN DE PRODUCCION (ton)
Jalapeño	15,500	7.6 v	114,000
Serrano	15,130	11.12 v	168,236
Bell (exportación)	8,700	16.00 v	139,200
Habanero	500	3.00 v	1,500
Poblano	16,400	10.00 v	164,000
		1.30 s	21,320
Mirasol	14,000	1.4 s	19,600
Mulato	4,480	1.30 s	5,824
Pesilla	3,080	1.10 s	3,388
Costeño	2,000	1.00 s	2,000
Cora y de árbol	700	1.50 s	1,050
Otros †	1,000	variable	no estimado
TOTAL	81,490		586,946 v 31,862 s

v Rendimiento verde                      s Rendimiento seco

† Piquín, peron, bolito, chile de agua, etc.

Fuente: INIA (1984): Presente y pasado del chile en México.

SARH, México.

En la mesa central de México, la época de cosecha abarca desde mayo hasta septiembre y en la costa de Nayarit se cosecha de enero a junio. El chile que se produce en Nayarit se destina únicamente para el consumo en fresco, pues esta localidad casi es la única que produce chile en el primer semestre del año (45).

# CAPITULO II

## METODOLOGIA

## 1 OBJETIVOS.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de las condiciones de congelación (velocidad y temperatura de aire) y el periodo de almacenamiento para un platillo precocinado (Chiles rellenos), mediante la evaluación de atributos sensoriales, propiedades fisicoquímicas y estructura celular.

### 1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.

1.2.1 Realizar el estudio de mercado en la ciudad de México que permita conocer el impacto de los productos congelados por parte del consumidor.

1.2.2 Evaluar la velocidad de congelación en los chiles rellenos a partir de las historias térmicas, a las diferentes condiciones de congelación.

1.2.3 Evaluar el comportamiento de los atributos sensoriales del producto congelado a las diferentes condiciones, durante el periodo de almacenamiento de 4 meses.

1.2.4 Evaluar la pérdida de ácido ascórbico en el producto congelado durante el periodo de almacenamiento de 4 meses con el fin de poder evaluar el aspecto nutricional.

1.2.5 Evaluar el periodo de almacenamiento del producto congelado a las diferentes condiciones, mediante los cambios

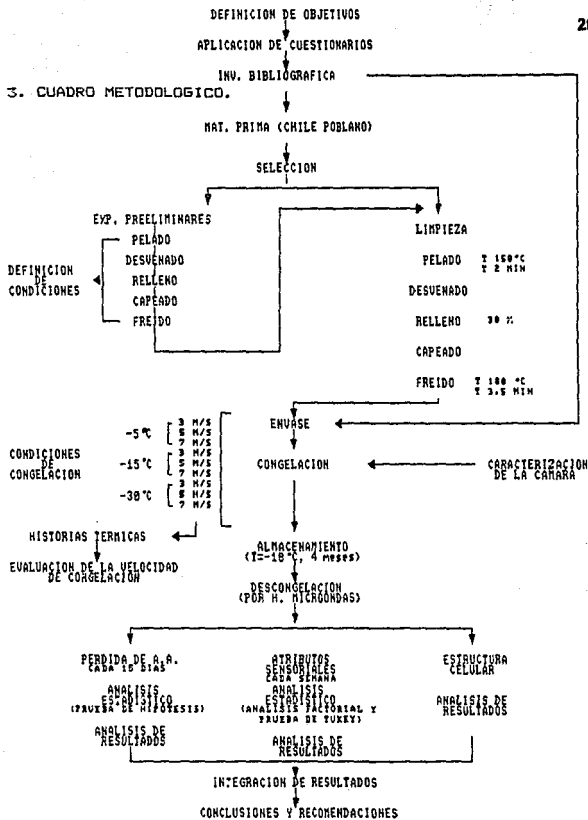
ocurridos en la estructura celular.

## 2 HIPOTESIS.

2.1 Si el porcentaje de ácido ascórbico que se pierde durante el almacenamiento, asociado con el fenómeno de recristalización, se pueden tomar como un criterio para establecer la vida de anaquel, entonces, la relación en la disminución de ácido ascórbico y los atributos sensoriales, definirá este período.

2.2 Si el método de congelación afecta el fenómeno de recristalización durante el almacenamiento y con ésta la estructura celular se deteriora, entonces, cambios en las velocidades de congelación definirán este período.

2.3 Si el período de recristalización está influenciado por el tiempo de almacenamiento y este a su vez por las condiciones de congelación, entonces, la pérdida de ácido ascórbico estará determinada por dicho método.





#### 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

##### 4.1 APLICACION DEL ESTUDIO DE MERCADO.

Sobre el consumo de alimentos congelados en México, prácticamente no existen estadísticas al respecto, sin embargo, al reconocer esta deficiencia, se propuso realizar un estudio de mercado, con la finalidad de conocer la aceptación que tienen los alimentos congelados en el área metropolitana de la ciudad de México.

La población objetivo de estudio fue aquella que realiza sus compras en tiendas de autoservicio, ya que en estos lugares se expenden estos alimentos. Esta población se estratificó en 5 estratos, para ello se consultó el mapa mercadológico BIMSA (7), que divide a la población del área metropolitana de la ciudad de México, en zonas geográficas que corresponden a niveles socioeconómicos, de acuerdo a los ingresos y nivel de vida de la población. Los estratos socioeconómicos estudiados se enumeran a continuación:

Estrato A Ingreso superior a 30 veces el salario mínimo.

Estrato B Entre 20 y 29 veces el salario mínimo.

Estrato C Entre 10 y 19 veces el salario mínimo.

Estrato D Entre 5 y 9 veces el salario mínimo.

Estrato E Entre 2 y 5 veces el salario mínimo.

Una vez seleccionados los estratos se procedió a identificar las zonas representativas dentro de cada estrato en el mapa, y de ahí se localizaron los centros comerciales que estuvieran ubicados dentro de cada zona, resultando electos 12 centros comerciales donde se aplicaron 250 encuestas distribuidas de acuerdo al porcentaje de la población que correspondía a cada

estrato.

#### 4.2 EXPERIMENTACION.

El chile poblano se adquirió en la central de abastos de la Ciudad de México, el cual se transportó, en dos arpillas de 20 Kg., hasta la nave 2000 de Ingeniería en Alimentos de Campo 4, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, donde se llevó a cabo la experimentación.

De acuerdo a la secuencia presentada en el cuadro metodológico, el chile poblano se seleccionó, eliminando aquellos productos no aptos para su procesamiento, retirándose los que no cayeran dentro del intervalo de confianza:  $8.4 \leq \mu \leq 11.7$  cm de largo y  $6.4 \leq \mu \leq 7.3$  cm de ancho, los que presentaban coloraciones rojizas o amarillentas, los que no tenían la forma característica cónico-aplanada y aquellos que presentaban malformaciones y aspecto rugoso.

Una vez seleccionados se procedió a realizar los experimentos preliminares, cuya finalidad fue la de establecer las condiciones del proceso de elaboración de chiles rellenos, ya que bibliográficamente no existía esta información. Previo a este experimento se realizó un análisis para determinar el ácido ascórbico inicial presente en la materia prima.

Establecidas estas condiciones del proceso, se elaboraron los chiles rellenos en tres lotes, uno para cada temperatura de congelación, de la siguiente forma:

Se realizó la LIMPIEZA, cuyo objeto fue el de eliminar tierra, polvo y posibles contaminaciones superficiales. esta se efectuó con una franela húmeda. Se continuó con el PELADO, para eliminar la epidermis del chile, el cual se realizó introduciendo los chiles en aceite caliente a 150 °C y después se realizó el DESVENADO, y en seguida se RELLENARON con queso oaxaca (el cual fue elaborado previamente en el taller de lacteos de campo 4) para ello se estableció el criterio, de adicionar 30 % de queso respecto al peso del chile. Después, los chiles se hicieron pasar por harina de trigo y luego se efectuó el CAPEADO, haciéndolos pasar por una espuma de huevo entero. Una vez impregnados con la espuma de huevo se continuó con la etapa de FREIDO, que se realizó con aceite vegetal a 160 °C, por 3.5 minutos aproximadamente, por último se enfriaron hasta 10 °C y se ENVASARON.

El envase se seleccionó tomando en cuenta los criterios mencionados en el capítulo I. Se eligió la hoja de aluminio recubierta con una doble barrera vinil-epóxica (48), y una película adherible de clorocaucho "pliofilm" (61). Esta operación se efectuó poniendo dos chiles rellenos por envase, y posteriormente se cubrieron con la película de pliofilm, adhiriendo una etiqueta a cada charola para su identificación.

Una vez envasados se pasó a la operación de CONGELACION, en una cámara de congelación enfriada por una unidad motocondensadora. Las muestras se congelaron a las temperaturas de -5, -15 y -30 °C y a velocidades de aire de 3, 5 y 7 m/s en cada nivel de temperatura. Previo a la congelación, la cámara se caracterizó, es decir, se midieron las velocidades de aire para determinar las posiciones donde se iba a congelar el producto (ver apéndice pag. 31).

Finalmente, los chiles ya congelados se trasladaron en recipientes térmicos a Campo 1, donde se llevó a cabo el ALMACENAMIENTO, a  $-18^{\circ}\text{C}$ , en un congelador comercial, por un periodo de cuatro meses.

#### 4.2.1 Acido ascórbico.

La retención de nutrientes es un atributo de calidad, que sirve para evaluar tratamientos de conservación de hortalizas (19). La pérdida de ácido ascórbico, es normalmente tomada como un indicador de la extensión de posibles pérdidas en otros nutrientes; el ácido ascórbico es más fácil de perderse que otros nutrientes importantes. Las medidas que protegen el ácido ascórbico son consideradas también, protectoras de otros nutrientes (19).

Por ello se propuso determinar la pérdida de ácido ascórbico en el chile por su alto contenido, que va de 99 a 126 mg/100 g (50). Para evaluar la pérdida de ácido ascórbico, se utilizó la técnica de determinación de Acido Ascórbico total (4). Las muestras se extraían del congelador cada 15 días durante los cuatro meses de almacenamiento, estas fueron  $-5^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s,  $-15^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s y  $-30^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s, se eligió la evaluación a esta velocidad de congelación por el espacio disponible dentro de la cámara y debido al costo de la técnica para determinar ácido ascórbico. A los resultados obtenidos se aplicó una prueba de hipótesis con "t" de student, para comprobar si las pendientes de las rectas eran estadísticamente diferentes.

#### 4.2.2 Atributos sensoriales.

Algunos alimentos sometidos a los procesos de congelación y almacenamiento, sufren cambios graduales e irreversibles, ocasionando un deterioro de calidad (8). Es importante que los atributos sean definidos en términos de una cuantificación analítica y no como respuesta integral subjetiva (79), se obtiene una evaluación analítica cuando se trabaja con un panel semientrenado (59).

De acuerdo con lo anterior, se realizaron análisis sensoriales de las muestras, para ello se contó con un grupo de 6 jueces semientrenados (los cuales fueron entrenados previamente en las pruebas en que iban a participar (59) (41)) que analizaron el producto semanalmente por cuatro meses en cuanto a su apariencia general, color, olor característico y olor del aceite, con una prueba de estimación de atributos, en la cual era posible asignar una calificación a cada atributo y a cada muestra. Se evaluaron todas las muestras pertenecientes a cada condición, es decir,  $-5^{\circ}\text{C}$  con 3, 5 y 7 m/s;  $-15^{\circ}\text{C}$  con 3, 5 y 7 m/s y  $-30^{\circ}\text{C}$  con 3, 5 y 7 m/s.

Para el análisis estadístico se empleó un análisis factorial, entre las semanas de almacenamiento y las muestras congeladas a diferentes condiciones. Como el tratamiento estadístico indicó que existían diferencias significativas, se procedió a aplicar una prueba de Tukey, de la cual fue posible saber qué medias eran diferentes estadísticamente.

#### 4.2.3 Estructura celular.

La congelación lenta de tejidos vegetales da como resultado la formación de cristales grandes, lo que origina ruptura de la membrana celular (22). Durante el almacenamiento, en la recristalización, los cristales crecen de tamaño a expensas de otros más pequeños. La recristalización es función del almacenamiento (39).

Para evaluar el efecto de la recristalización, la muestra se preparó para ser observada al Microscopio Electrónico de Barrido (29); las muestras que se observaron fueron: Chile fresco como referencia, las congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s,  $-15^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s, y  $-30^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s, (utilizando el mismo criterio que en el caso del ácido ascórbico), después de 4 meses de almacenamiento.

Las charolas se tomaron del congelador aleatoriamente y a su vez en el chile se tomaron las muestras aleatoriamente, por ello se consideran representativas, para el posterior análisis se utilizó la microfotografía.

### 5 DISEÑO EXPERIMENTAL.

#### 5.1 CONGELACION DEL PRODUCTO.

En función a la secuencia metodológica, el primer experimento que se efectuó fue el de la congelación, bajo las siguientes condiciones:

Temperatura de congelación:  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$ , y velocidad de aire de 3, 5 y 7 m/s en cada temperatura, considerando las siguientes variables:

\* Factores a controlar

Tipo de envase

Cantidad de producto

Patrón de estibamiento.

‡ Unidad Experimental

Chiles rellenos envasados en charola apta para horno de microondas y cubierta de pliofilm.

\* Tratamientos.

Temperatura del medio de congelación

Velocidad de circulación de aire

\* Variables de respuesta.

Velocidad de congelación

Atributos del producto: apariencia general, color, olor, sabor, estructura celular y ácido ascórbico .

### 5.1.1 Desarrollo.

Una vez preparados los chiles rellenos y envasados, se procedió a la operación de congelación, para ello se envasaron en 56 charolas conteniendo 2 chiles cada una, por cada temperatura de congelación, distribuyéndose las charolas en igual número en cada posición (previamente elegidas) de la cámara, donde existían las velocidades de aire de 3, 5 y 7 m/s. Se tomó una charola por cada posición para elaborar una historia térmica, colocando 2 termopares por charola, uno en el centro (relleno) y otro en la superficie del chile relleno. Una vez colocadas las charolas dentro de la cámara, se tomó cada 2 minutos la lectura de cada termopar para construir la historia térmica,

y calcular la velocidad de congelación (40).

## 5.2 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO.

### 5.2.1 Evaluación de la congelación.

Posterior a la congelación se efectuó la experimentación durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ , por un período de 4 meses considerando las siguientes variables:

\* Factores a controlar:

Temperatura de almacenamiento

Envase

\* Unidad experimental

Chiles rellenos envasados en charola apta para horno de microondas y cubierta de pliofilm.

\* Tratamientos.

Tiempo de almacenamiento

\* Variables de respuesta.

Pérdida de ácido ascórbico

Atributos sensoriales: Olor característico, Olor del aceite, Color, Apariencia general y Sabor.

Estructura del tejido.

### 5.2.2 Desarrollo.

Después de congelado el producto, se almacenó en un congelador comercial a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 4 meses, en donde a través de este período se realizaron las siguientes evaluaciones:



#### 5.2.2.1 Acido ascórbico.

Durante el transcurso del almacenamiento, cada 15 días se tomó una muestra aleatoriamente del congelador, en la que se realizaba la determinación de la siguiente forma: La muestra se descongeló en un horno de microondas Marca SAMSUNG Modelo MW 5510, en el modo "autodefrost fish", y el tiempo de descongelación lo daba automáticamente el horno al registrar digitalmente el peso del producto expresado en libras. Una vez descongelado se retiraba el capeado y el queso, para realizar la determinación únicamente al Chile.

#### 5.2.2.2 Atributos sensoriales.

Se muestró y se descongeló como ya se mencionó anteriormente. El producto se evaluó cada semana durante 4 meses por medio de un panel integrado por 6 jueces semientrenados. A cada juez se le presentaron 10 muestras a temperatura ambiente, codificadas de la siguiente forma:

- R Referencia preparada el mismo día que realizaba la evaluación.
- A Muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 3 m/s
- B Muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 5 m/s
- C Muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 7 m/s
- D Muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 3 m/s
- E Muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 5 m/s
- F Muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 7 m/s
- G Muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 3 m/s
- H Muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 5 m/s
- I Muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y Vel. de aire 7 m/s

Los jueces asignaban una calificación a cada muestra para cada atributo, olor característico, olor del aceite, color y apariencia general, mediante el uso de una hoja de respuestas, sin que ellos conocieran el significado de las claves.

En el caso de la prueba de sabor, se realizó una prueba de Dup-Trio, cada 15 días para la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, se eligió esta frecuencia para la evaluación por la duración de la misma (15 minutos) y por el tiempo disponible de cada juez, finalmente, se evaluó solamente a esta condición de congelación debido al espacio disponible dentro de la cámara, el muestreo y la descongelación del producto se realizó tal como se ha venido mencionando. A los jueces se les presentó con la siguiente codificación:

- R muestra de referencia, preparada el mismo día de la prueba.
- O Muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s.
- P Muestra de referencia, igual a R.

En la prueba se les pidió a los jueces que dijeran cuál de las tres muestras era diferente a las otras dos, auxiliándose para ello en una hoja de respuestas.

#### 5.2.2.3 Estructura celular.

Se evaluó después de los cuatro meses de almacenamiento por medio de la microscopía electrónica de barrido. Se muestreó al azar y se descongeló en la misma forma que en las determinaciones anteriores. La muestra se preparó para ser observada al microscopio electrónico de barrido, para las siguientes muestras: una referencia de chile fresco, y para las muestras congeladas

a  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $3\text{ m/s}$ ;  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $3\text{ m/s}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $3\text{ m/s}$ . las evaluaciones se realizaron a estas condiciones las cuales coinciden con las de ácido ascórbico para poder tener relación entre las diferentes pruebas. Una vez preparadas las muestras se observaron al microscopio electrónico de barrido marca Joel modelo JSM-255 II, tomándose las microfotografías respectivas.

# CAPITULO III

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 1 CONSUMO DE ALIMENTOS CONGELADOS.

El estudio realizado proporcionó los siguientes resultados:

De la población estudiada (252 encuestas aplicadas entre personas que normalmente realizan sus compras en 12 diferentes centros comerciales del área metropolitana de la ciudad de México), un 36.25 % consume alimentos congelados en general (Figura 4). De este porcentaje de la población estudiada, se observa que en los niveles socioeconómicos más elevados existe un consumo de alimentos congelados mayor que la media poblacional, ver figura 5.

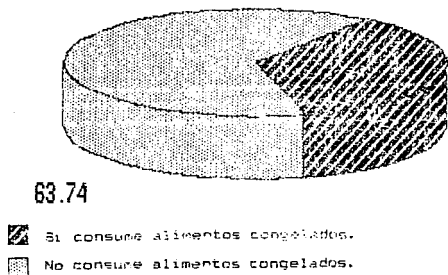


Figura 4. Porcentaje de la población que consume alimentos congelados.

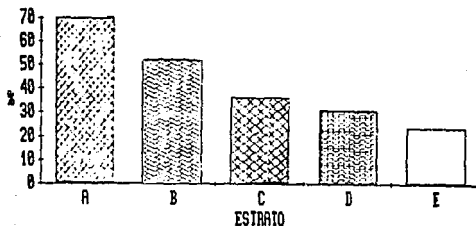


Figura 5. Consumo de alimentos congelados por estrato socioeconómico.

De los alimentos congelados que más se consumen, se encuentran las verduras con un 42.8 %, seguidas por los productos cárnicos con 39.6 % y el pescado con 30.7 %, (ver figura 6).

Con respecto a el consumo de verduras se tiene que, en los tres niveles socioeconómicos más altos, existe un consumo de 75 %, 60 % y 46.2 % respectivamente (figura 7).

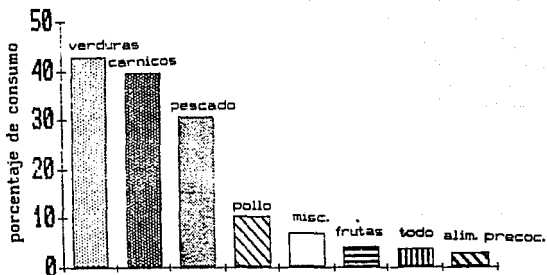


Figura 6. Tipos de alimentos congelados que se consumen.

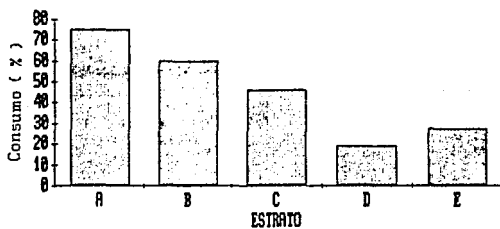


Figura 7. Consumo de verduras congeladas por estrato socioeconómico.

Del total de la población muestreada, a un 70 % se le hizo la pregunta de que si consumiría un platillo precocinado congelado; encontrando que un 26.7 % contestó que sí incondicionalmente, un 13.6 % contestó que no sin dar razón alguna, otro 19.8 % condicionó su consumo a ciertas razones, dentro de las cuales se encuentran principalmente las siguientes: depende de su sabor y de su aspecto. Por último un 39.7 % contestó que no lo consumiría argumentando las siguientes razones: preferencia por productos frescos y desconfianza a los alimentos congelados.

A 100 de las 250 personas encuestadas, se les preguntó ¿cuál platillo congelado le gustaría que estuviera a la venta?, a lo que un 54 % contestó que no tenía preferencia alguna, un 15 % se inclinó por la comida típica mexicana, (dentro de este porcentaje, el 7 % respondió que le gustarían los chiles rellenos) y en tercer lugar los productos cárnicos con 9 %.

De lo anterior se puede concluir que existe un porcentaje importante de la población que consume alimentos congelados, y que dichos alimentos son consumidos por los estratos del mayor nivel socioeconómico de la población. Los alimentos que más se consumen son las verduras. También se encontró disposición por parte de la población estudiada a consumir alimentos precocinados congelados; sin embargo en algunos casos su consumo está condicionado a su aspecto y sabor. Dentro de los platillos que les gustaría que estuvieran a la venta se encuentra la comida mexicana con una ligera preferencia por los chiles rellenos.



## 2 EXPERIMENTACION A NIVEL LABORATORIO.

## 2.1 VELOCIDAD DE CONGELACION.

## 2.1.1 Presentación de resultados.

Para la obtención de las velocidades de congelación se aplicó la siguiente fórmula (40):

$$\text{Velocidad de Congelación} = \frac{(T_i - T_f)}{t}$$

Donde:

T<sub>i</sub> Temperatura inicial del producto en °C.

T<sub>f</sub> Temperatura final del producto en °C.

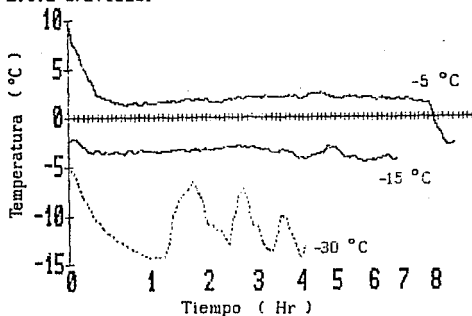
t Tiempo de congelación en horas.

Los resultados se presentan a continuación en el cuadro No. 9.

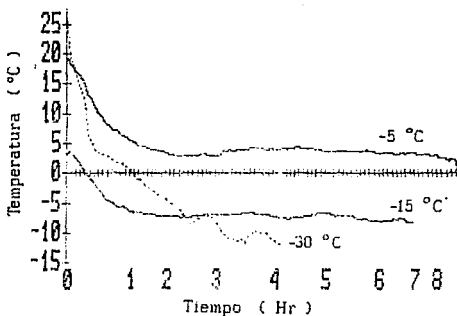
CUADRO No. 9 Velocidad de congelación. ( °C/hr ).

		VELOCIDAD DE AIRE		
		3 m/s	5 m/s	7 m/s
T	T = -5 °C	1.41	2.23	2.27
E	T = -15 °C	0.43	1.81	2.28
M				
P.	T = -30 °C	2.30	8.57	8.62

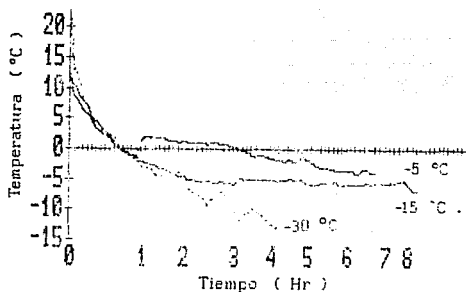
## 2.1.2 Gráficas.



Gráfica 1. Curva de congelación de chiles rellenos  
velocidad de aire 3 m/s.



Gráfica 2. Curva de congelación de chiles rellenos  
velocidad de aire 5 m/s.



Gráfica 3. Curva de congelación de chiles rellenos  
velocidad de aire 7 m/s.

### 2.1.3 Discusión de resultados.

Por lo que respecta a cada temperatura, se observa que para las condiciones a la temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  se presentan las mayores velocidades de congelación (cuadro 9). Cabe mencionar y aclarar que las temperaturas iniciales no parten del mismo punto (gráfica 1 y 2) debido a errores experimentales al momento de tomar la lectura inicial, este error como se puede ver en la gráfica 3 se disminuyó notablemente.

Esta es la razón por la cual la velocidad de congelación sea muy baja para  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s ya que según la gráfica 1, la re-

moción de calor fue mínima con tendencia a mantener constante la temperatura aproximadamente a  $-4^{\circ}\text{C}$ . Algo más que se puede visualizar en el cuadro 9 con respecto a la velocidad de congelación es que esta aumenta notablemente al disminuir la temperatura ( $-30^{\circ}\text{C}$  y  $7\text{ m/s}$ ).

En las curvas de congelación (gráfica 1 y 2) se aprecia que para las velocidades de aire de  $3$  y  $5\text{ m/s}$  presentan una meseta, sin embargo al encontrarse por arriba de  $0^{\circ}\text{C}$  indica que no se podría hablar de un proceso de congelación, por lo que se puede decir que se trata de la etapa de preenfriamiento; y para la velocidad de aire de  $7\text{ m/s}$  (gráfica 3) se puede observar la meseta de congelación. Por lo que respecta a las curvas de congelación a  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $3$  y  $5\text{ m/s}$  respectivamente, se aprecia el mismo error experimental de la temperatura inicial. En estas condiciones no se presentó la etapa de postenfriamiento, mientras que para la velocidad de aire de  $7\text{ m/s}$  (gráfica 3) se observa el inicio de la etapa de postenfriamiento aproximadamente a partir de la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ . Por último, para la temperatura de congelación de  $-30^{\circ}\text{C}$  se observa que la remoción de calor fue rápida sin que se distingan las diferentes etapas de congelación; a  $3\text{ m/s}$  se visualiza una variación de temperaturas (gráfica 1) la cual se debe a que el ciclo de paro y arranque del compresor era muy espaciado, originando que la temperatura del producto se incrementara.

Este comportamiento también se observa para  $5$  y  $7\text{ m/s}$  (gráfica 2 y 3) aunque no sea muy marcado gracias a que las velocidades de aire no permitieron que el incremento fuese notable.

Por lo que respecta a las velocidades de aire empleadas, se observa diferencia con respecto a la temperatura final alcanza-

da, así la muestra congelada a 3 m/s llegó a  $-14^{\circ}\text{C}$ , la congelación a 5 m/s llegó a  $-12.5^{\circ}\text{C}$  y a 7 m/s alcanzó los  $-14^{\circ}\text{C}$ , lo que indica que no hubo diferencia entre las dos muestras, sin embargo, también tomando en cuenta la temperatura inicial del producto se puede observar que la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s disminuyó su temperatura de  $-5$  a  $-14^{\circ}\text{C}$  en cuatro horas y la congelación a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s de 21 a  $-14^{\circ}\text{C}$  en cuatro horas; lo que indica que fue más rápida remoción de calor en la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, o bien que hubo un error experimental en la muestra a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s con respecto a la temperatura inicial.

Todo esto nos lleva a concluir que la aplicación de una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  para la congelación del producto fue totalmente ineficiente y que en realidad este proceso se verificó en el congelador que tenía el propósito de conservar el producto durante los 4 meses.

Por otro lado, para las otras dos temperaturas ( $-15$  y  $30^{\circ}\text{C}$ ) se observa que sí hubo congelación, siendo más adecuada (por la velocidad de congelación alcanzada) la temperatura de congelación de  $-30^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2 ACIDO ASCORBICO.

A continuación se muestran los resultados de la retención de ácido ascórbico durante el período de almacenamiento de 4 meses.

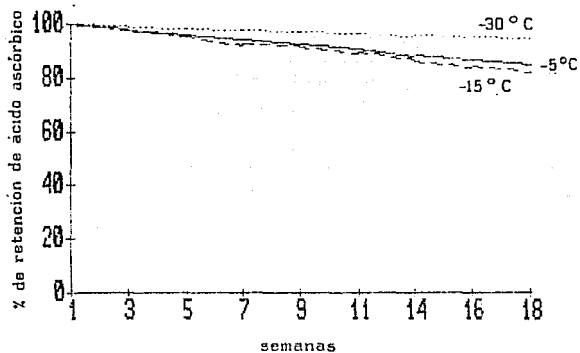
## 2.2.1 Presentación de resultados.

Cuadro No. 10 Retención de ácido ascórbico durante el almacenamiento de chiles rellenos.

SEMANA	-5 °C		-15 °C		-30 °C	
	mg/100g	%	mg/100g	%	mg/100g	%
1	111.73	100.00	59.49	100.00	86.58	100.00
3	109.78	98.25	58.27	97.94	86.06	99.40
5	107.83	96.51	57.04	95.88	85.54	98.79
7	105.88	94.76	55.81	92.51	85.02	98.19
9	103.93	93.01	54.61	91.78	84.51	97.59
11	101.99	91.28	53.36	89.69	83.98	96.99
14	99.06	88.66	51.52	86.61	82.21	96.09
16	97.11	86.91	50.29	84.52	82.68	95.49
18	95.17	85.17	49.07	82.48	82.16	94.84

\* Los porcentajes representan la retención con respecto al contenido inicial, la velocidad de aire durante la congelación fue de 3 m/s.

## 2.2.2 Gráfica.



Gráfica 4. Retención de ácido ascórbico durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$  de chiles rellenos.

## 2.2.3 Análisis estadístico.

Cuadro No. 11 Contenido de Acido ascórbico mg/100g.

T <sup>o</sup> de cong.	Pendientes	Diferencia
- 5 °C	-0.9742	ns
-15 °C	-0.6132	
-30 °C	-0.2600	* ds

\* Existe diferencia significativa al 0.05 entre la muestra congelada a -30 °C y las muestras de -5 °C y -15 °C respectivamente.

## 2.2.4 Discusión de resultados.

De los resultados obtenidos se puede observar que, con respecto a la pérdida de ácido ascórbico, referido al contenido inicial, se tiene que, al final de las 18 semanas de almacenamiento, las muestras congeladas a -5, -15 y -30 °C perdieron un 15, 17.6 y 5.1 % respectivamente, (cuadro No. 10). Estos resultados se encuentran dentro de los intervalos reportados (80), en el cual se manejan de pérdidas que van del 5 al 15 %, para coliflor y espinaca respectivamente, cuando fueron almacenados a -18 °C por 4 meses. Se ha establecido (1) que un criterio estricto para establecer la vida útil de vegetales congelados es cuando han perdido un 10 % de ácido ascórbico. En este caso las muestras perdieron el 10 % de ácido ascórbico, a las 11 y 9 semanas para las temperaturas de congelación de -5 y -15 °C respectivamente, mientras que para la muestra congelada a -30 °C sólo había perdido un 5.1 % hasta la semana 18 (cuadro No. 10).



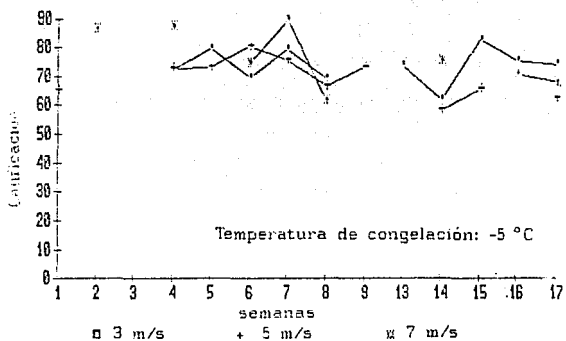
Los resultados mostrados en la gráfica 4, fueron analizados estadísticamente (cuadro No. 11), encontrándose que, no existe diferencia significativa en la disminución de ácido ascórbico entre las muestras congeladas a  $-5$  y  $-15$  °C y que a su vez estas son diferentes estadísticamente respecto a la muestra congelada a  $-30$  °C. Con lo anterior se observa que a la mayor velocidad de congelación se presentaron las menores pérdidas de ácido ascórbico, gráfica 4, concluyéndose que existe interacción entre las condiciones de congelación y la pérdida de ácido ascórbico. Por lo que respecta al contenido de ácido ascórbico, se puede decir que a la temperatura de congelación de  $-30$  °C, el producto todavía se encuentra dentro de su vida útil a las 18 semanas utilizando el criterio ya mencionado.

## 2.3 ATRIBUTOS SENSORIALES.

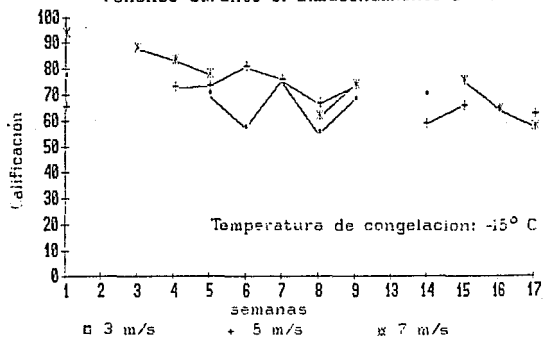
### 2.3.1 Apariencia general.

A continuación se presentan los resultados en forma gráfica de la evaluación de la apariencia general, así como un gráfico de barras sobre los resultados totales obtenidos durante los 4 meses de almacenamiento.

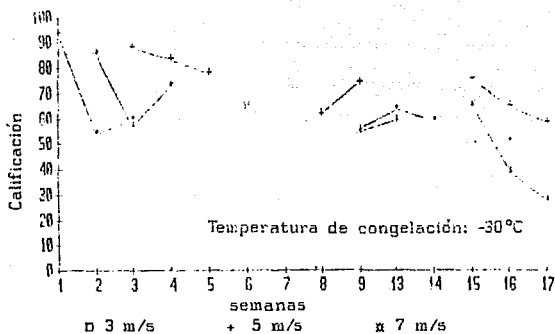
#### 2.3.1.1 Gráficas.



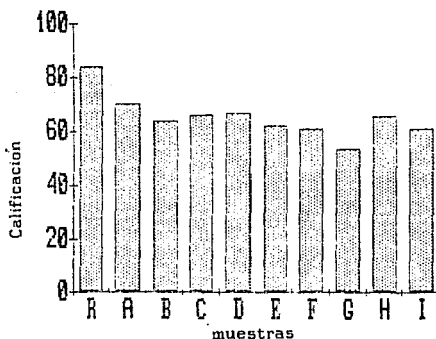
Gráfica 5. Evaluación de la Apariencia General de chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-5^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 6. Evaluación de la Apariencia General de chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-15^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 7. Evaluación de la Apariencia General de chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica No. 8 Resultados totales de la apariencia general.

### 2.3.1.2 Duscusión de resultados.

En el caso de la apariencia general las muestras no presentaron un comportamiento definido, lo que se observa en las gráficas 5, 6 y 7 ya que durante la evaluación, se alternaron las muestras que obtenían la mejor calificación, dentro de cada temperatura, esto se aprecia en la gráfica 5 donde se observa que la calificación más alta en las semanas 2,4 y 7, fue para la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s; en las semanas 15, 16 y 17 la máxima calificación la obtuvo la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s; y en las semanas 9 y 6 la máxima calificación fue para la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s.

Además, como se observa en las gráficas 5 y 6, las muestras no calificaron con una tendencia definida sino con altibajos durante las 17 semanas de almacenamiento. Esto se pudo observar al aplicar una prueba de tukey, donde se observó que existían diferencias significativas entre las semanas intermedias, pero no se encontraron diferencias significativas entre las primeras semanas y las últimas.

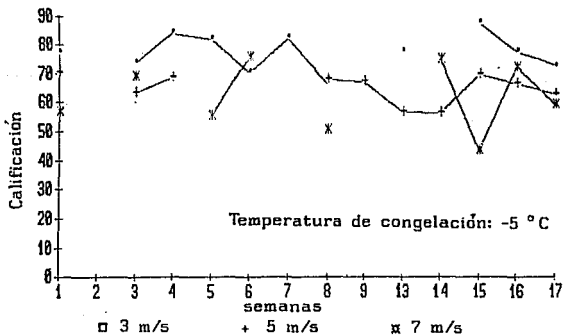
Al promediar las calificaciones totales durante el almacenamiento, se observó (gráfica 8) que las muestras calificaron en un intervalo de 55 a 70, observándose la mayor calificación para para la muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s; y dentro del intervalo de 60 a 66 calificaron las muestras congeladas a  $-15^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s, a  $-15^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s, a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s, a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s y a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s y la más baja fue para la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s. Por lo que no se pudo establecer una relación entre las calificaciones obtenidas y la velocidad de congelación empleada.

La causa de este comportamiento irregular durante la evaluación de la apariencia general, pudo deberse a que esta se encuentra influenciada por el estado de la estructura del capeado, la falta de uniformidad del mismo durante la elaboración de los chiles rellenos, así como el color alcanzado durante el proceso de freído.

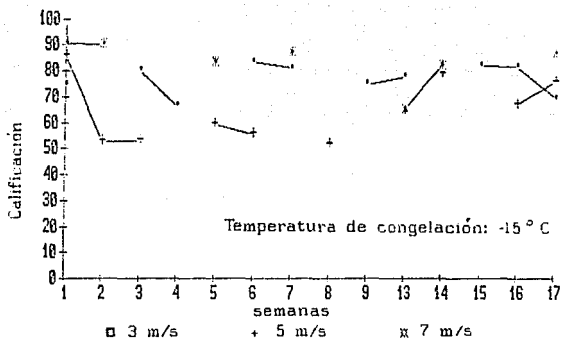
### 2.3.2 Color del producto.

En seguida se presentan los resultados en forma gráfica del color del del producto durante los cuatro meses de almacenamiento, así como una gráfica de barras de los resultados totales del mismo.

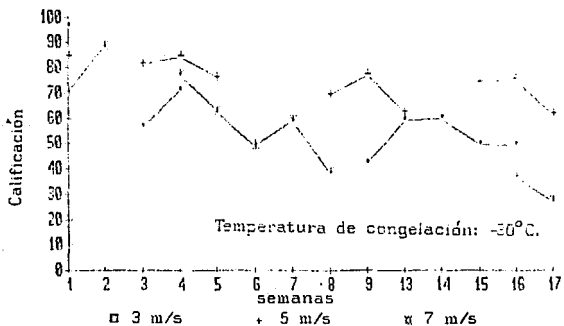
#### 2.3.2.1 Gráficas.



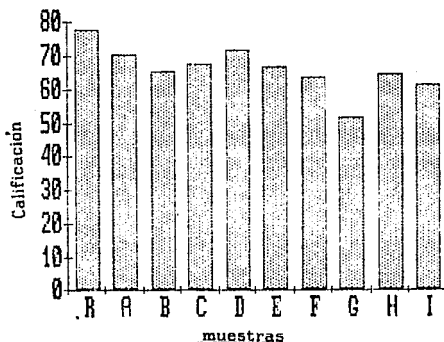
Gráfica 9. Evaluación del Color en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 10. Evaluación del Color en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 11. Evaluación del Color en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 12. Resultados totales del Color en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### 2.3.2.2 Discusión de resultados.

Gráficamente se puede apreciar que no hubo un comportamiento definido durante el período de almacenamiento, dado que en algunas ocasiones la máxima calificación correspondió a la muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $7\text{ m/s}$  (gráfica 10), mientras que en la gráfica 11 se observa que la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $5\text{ m/s}$  fue la que obtuvo la mayor calificación, aunque en todos los casos se presentaron altibajos durante el almacenamiento. Lo anterior fue confirmado cuando se aplicó la

prueba de Tukey, la cual indicó las semanas en las que hubo diferencia significativa, esta diferencia se presentó entre las primeras y las últimas semanas de almacenamiento.

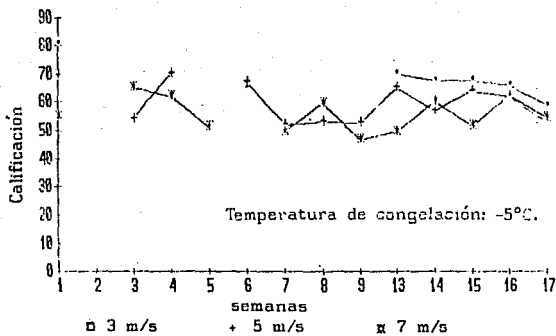
En la gráfica 12 se presentan los promedios de las calificaciones para el color del producto, se puede apreciar que se encuentra en el intervalo de 52 a 72, el cual corresponde a "Me es indiferente" a "Bueno". La mayor calificación fue para la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s con 72 puntos, en seguida con 70 puntos la muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y 3 m/s. Las muestras que se encontraron entre 60 y 68 puntos fueron las congeladas a  $-15^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s,  $-15^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s,  $-5^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s,  $-5^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, y  $-30^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s.

### 2.3.3 Olor Característico.

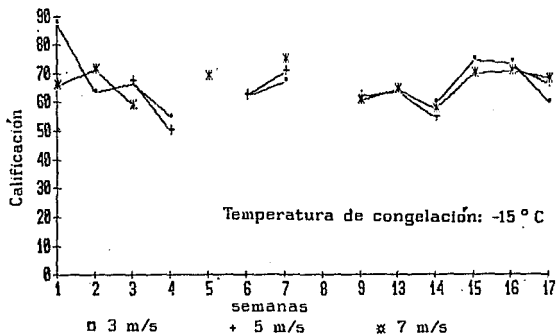
A continuación se muestran los resultados en gráficas sobre el olor característico de chiles rellenos durante 4 meses de almacenamiento.

#### 2.3.3.1 Gráficas.

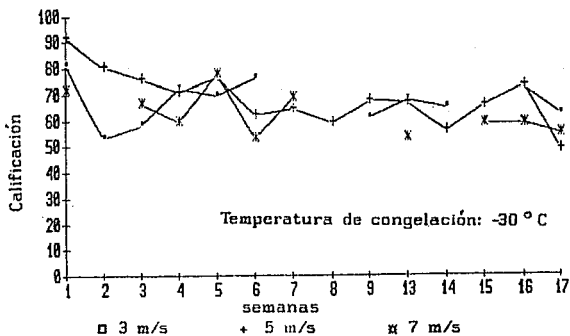




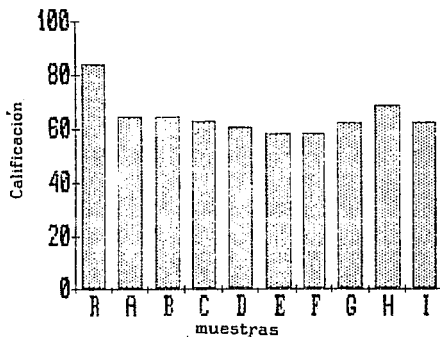
Gráfica 13. Evaluación del Olor Característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 14. Evaluación del Olor Característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 15. Evaluación del Olor Característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 16. Resultados totales del Olor Característico en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### 2.3.3.2 Discusión de resultados.

De los resultados obtenidos se observa que, en general no se aprecian diferencias entre las muestras con respecto a las velocidades de aire, de hecho esto se puede observar en las gráficas 13, 14, 15 y 16, también se observó al realizar una prueba de tukey. Dentro de las tres temperaturas manejadas (gráfica 13) en general las calificaciones más altas correspondieron a la velocidad de 7 m/s en un intervalo de 90 a 65.

Con respecto a la temperatura la mayor calificación la obtuvieron las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$ , como se observa en las gráficas 14 y 15.

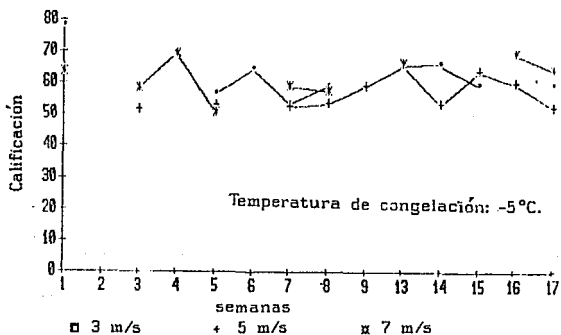
El comportamiento a lo largo del almacenamiento presentó en general un ligero descenso en las 3 primeras semanas de almacenamiento, ver gráficas 13, 14 y 15, con una tendencia a permanecer constantes hasta el final del almacenamiento, además de que no se encontró diferencia significativa desde la tercer semana hasta el final del almacenamiento, excepto para las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 5 m/s y  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s.

En general el comportamiento presentado no mostró diferencias entre las condiciones empleadas, gráfica 16, y las muestras se mostraron estables durante el almacenamiento, dentro de un intervalo entre 60 y 70 que equivale a "me es indiferente" a "bueno".

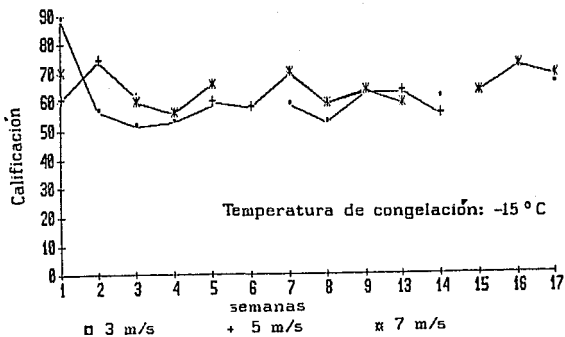
### 2.3.4. Olor del Aceite.

En seguida se presentan gráficamente los resultados del olor del aceite durante 4 meses de almacenamiento del producto, así como la gráfica de barras que muestra el resultado total de este atributo.

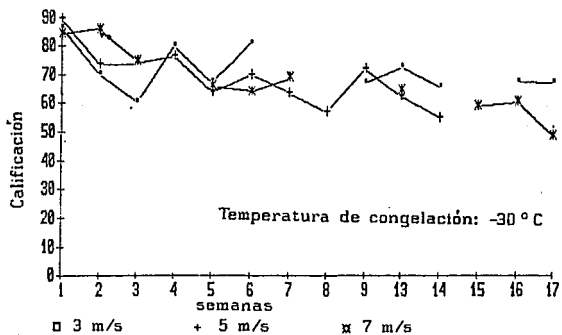
#### 2.3.4.1. Gráficas.



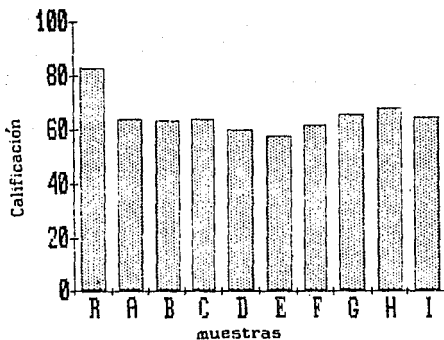
Gráfica 17. Evaluación del Olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 18. Evaluación del Olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Gráfica 19. Evaluación del Olor del aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Grafica 20. Resultados totales del Olor del Aceite en chiles rellenos durante el almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.3.4.2. Discusión de resultados.

El comportamiento del olor del aceite fue similar al del olor característico, donde se puede observar que graficamente no se aprecia diferencia entre cada una de las muestras, gráficas 17, 18 y 19, al igual que en el olor característico se observó un ligero descenso a partir de las 3 primeras semanas, y posteriormente se mantuvieron constantes.

Todas las muestras siguen el mismo comportamiento, excepto la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, que presentó un descenso en las dos últimas semanas (gráfica 19), a pesar de ello las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$ , calificaron por arriba de las demás muestras, gráficas 17, 18 y 19. Lo anterior también se observa en la gráfica No. 20, donde las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 3, 5 y 7 m/s, obtuvieron las mayores calificaciones después de la muestra de referencia. Por otro lado, las menores calificaciones correspondieron a las muestras congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$ , gráficas 17, 18 y 19.

#### 2.3.5 Sabor del producto.

En seguida se muestran los resultados de la prueba de sabor durante el almacenamiento de los chiles rellenos.

Cuadro No. 12 Resultados de la prueba de Duo - Trio.

SEMANA	No. DE ACIERTOS
2	2
4	4
6	5
8	5
13	5
15	5
17	4

Cuadro No. 13 Resultados estadísticos de  $X^2$  de la prueba Duo - Trio.

SEMANA	$X^2$ calculada	$X^2$ Tablas 0.05	DIFERENCIA
2	0.0	2.7	ns
4	0.16	2.7	ns
6	1.50	2.7	ns
8	1.50	2.7	ns
13	1.50	2.7	ns
15	1.50	2.7	ns
17	0.16	2.7	ns

#### 2.3.5.1. Discusión de resultados.

De los resultados que se muestran en el cuadro 12, se puede observar que la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s, conserva sus cualidades sensoriales con respecto al producto recién elaborado ya que los jueces al probar las muestras durante los cuatro meses de almacenamiento, no encontraron diferencia estadística, entre la muestra recién preparada y la congelada esto se puede apreciar en el cuadro No. 13.

En la prueba se les pedía a los jueces sus comentarios sobre el estado en que se encontraba el producto, a esto todos los jueces coincidieron que la muestra congelada perdía textura. Por otro lado, durante las ocho primeras semanas, los comentarios se referían al sabor picante del chile, y hacia las últimas cuatro semanas los comentarios de dos jueces se enfocaron en relación a la aparición de sabores extraños, pero atribuyéndoselas unas veces al producto recién preparado y otras al congelado, es decir no percibían la diferencia entre una y otra muestra.



## 2.4 ESTRUCTURA CELULAR.

69

### 2.4.1 Discusión de resultados.

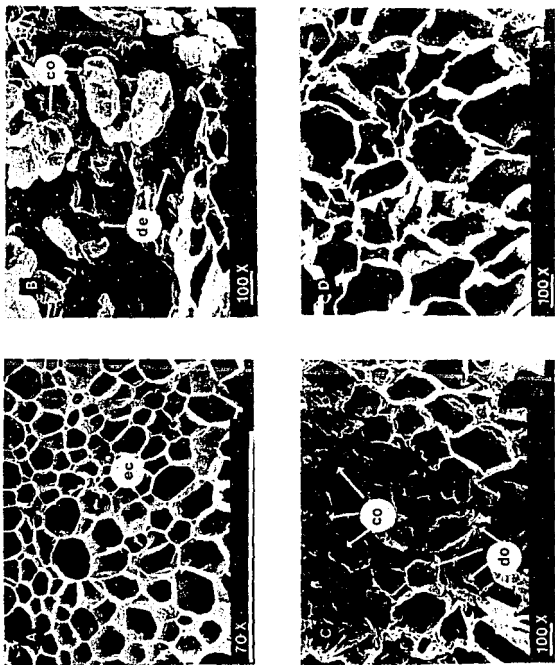


Figura No. 8. *C. annuum* visto al microscopio electrónico de barrido.

La figura B-A muestra la estructura característica (ec) de un chile poblano fresco, donde se observa la rigidez de las células parenquimáticas, así como la forma ortotetradecaédrica de cada una de ellas, lo que hace ver en la fotografía a las células desde diferentes ángulos.

La figura B-B muestra al chile sometido a una temperatura de congelación de  $-5^{\circ}\text{C}$ , en la cual se observa que existe daño en las células parenquimáticas, se observa cómo han perdido la firmeza, dando por resultado células colapsadas (co), de hecho en estas células no se puede observar la pared celular, este colapsamiento origina un desarreglo en la estructura que da lugar a la formación de depresiones (de), lo cual se observa en las zonas negras. Aunque en general el campo se observa con daño, en la parte inferior se aprecia un conjunto de células que aún conservan la estructura característica (ec).

La figura B-C muestra el chile congelado a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , se observa que las células parenquimáticas empiezan a colapsarse, sus paredes comienzan a doblarse hacia adentro (do) perdiendo su forma característica. En la parte superior derecha, se observan ya, dos células colapsadas (co).

La figura B-D muestra el chile sometido a una temperatura de congelación de  $-30^{\circ}\text{C}$ , en la cual se puede observar que las células parenquimáticas conservan en gran medida su estructura característica (ec), aunque la rigidez se empieza a perder, sin presentar el doblamiento de las paredes de la figura B-C, ni el colapsamiento de la figura B-B. Si comparamos las tres muestras con respecto a la muestra de referencia (figura B-A), ésta es la que tiende a parecerse más a ella.

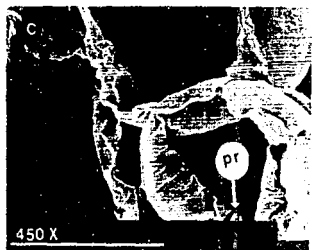


Figura No. 9 *C. annuum* visto al microscopio electrónico de barrido.

En la figura 9-A se presenta un conjunto de células parenquimáticas de un chile poblano fresco, donde se puede apreciar la rigidez de la pared celular.

En la figura 9-B muestra el chile congelado a una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , donde se observa una célula totalmente colapsada, a tal grado que no se puede distinguir su entorno ni distinguir el estado en que se encuentra la pared celular.

La figura 9-C presenta una muestra de chile congelado a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , donde se puede observar un hinchamiento de las paredes así mismo se observa que se están despegándose en su parte interior, lo que provoca que, la célula se empiece a doblar hacia adentro. También se puede observar que las paredes están rotas (pr).

En la figura 9-D se presenta el chile congelado a una temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$ , y se observa una separación de las paredes celulares (sp), aunque existe una zona donde no aparece este daño. Se observa que no se presentó la hinchazón que hubo en la figura 9-C, aunque con respecto al fresco sí se percibe una diferencia en las paredes y en la forma de las células.

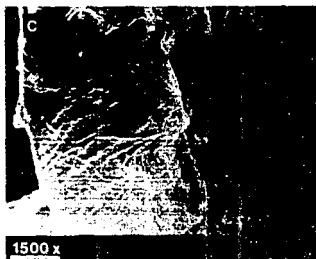
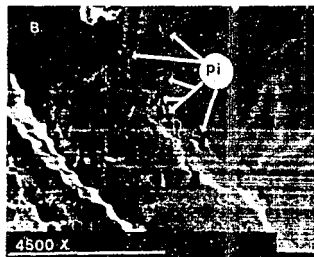
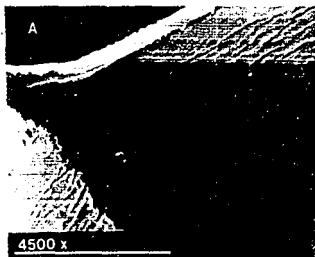


Figura No. 10 *C. annum* visto al microscopio electrónico de barrido.

La figura 10-A muestra el chile pblano fresco, donde se observa la pared celular, donde se distingue la rigidez de la misma.

La figura 10-B muestra el chile congelado a  $-15^{\circ}\text{C}$ , donde se observan picaduras en la pared celular (pi), así mismo se puede apreciar una grieta en la parte inferior izquierda.

La figura 10-C presenta el chile congelado a una temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$ , se observa que está en buen estado, ya que no presenta picaduras en la pared, aunque no está totalmente rígida como en el caso del fresco (fig. 10-A). Esto se observa ya que la pared está ligeramente curva. Cabe mencionar que no se pudo ver el estado en el que se encontraba la pared de la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  debido a que las células se colapsaron.

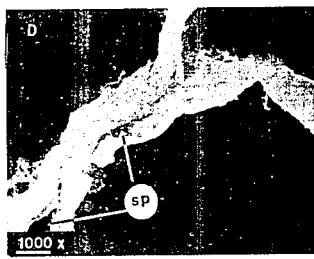
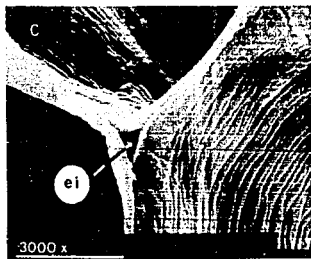
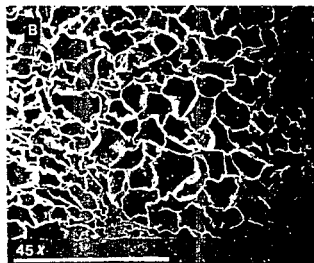
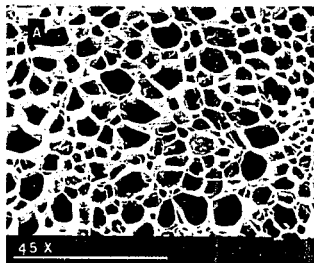


Figura No. 11 *C. annum* visto al microscopio electrónico de barrido.

La figura 11-A muestra el chile poblano fresco, donde se observan las células parenquimáticas, con su forma característica.

En la figura 11-B se muestra el chile congelado a  $-30^{\circ}\text{C}$ , se observan las células parenquimáticas que aún conservan en gran medida su forma, aunque comienzan a perder la rigidez de sus paredes.

La figura 11-C presenta el chile fresco, en la cual se puede observar cómo la pared forma una unidad entre dos células contiguas, se aprecia la rigidez de la pared y el espacio intercelular (ei).

La figura 11-D muestra el chile congelado a  $-30^{\circ}\text{C}$ , en el cual se ha perdido la rigidez característica de la pared celular, y se aprecia cómo se comienza a perder la unidad entre las células contiguas, se ve cómo se comienzan a despegar las paredes celulares (sp).



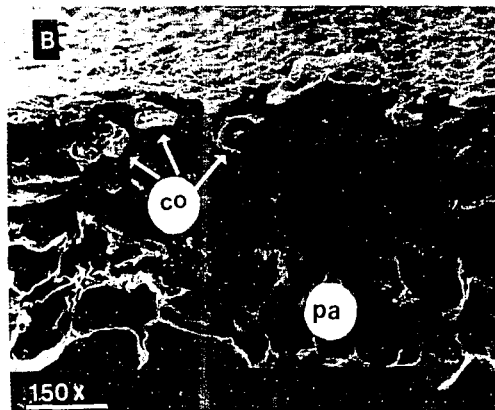
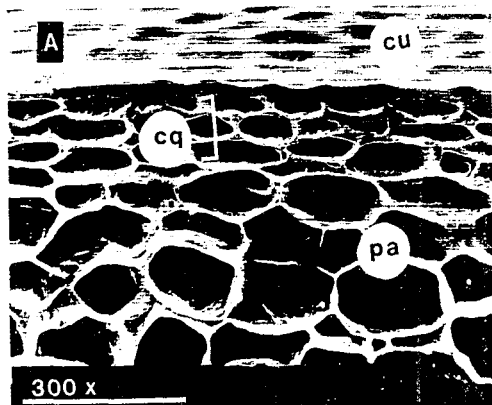


Figura No. 12 *C. annuum* visto al microscopio electrónico de barrido.

Por último la figura 12-A muestra el chile fresco, en donde se aprecia la cutícula (cu), el colénquima (cq) y el parénquima (pa).

En la figura 12-B se muestra el chile congelado a  $-30^{\circ}\text{C}$ , donde se observa la superficie de la muestra que ya no tiene cutícula, debido al proceso de preparación de los chiles rellenos (49), se aprecia cómo las células del colénquima se han colapsado (co) ocasionando con ello que no se pueda distinguir su forma; las células del parénquima (pa) comienzan a perder su estructura característica.

De las microfotografías anteriores se observa que, los menores daños celulares se presentaron en la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$ , y gradualmente el daño fue aumentando conforme la velocidad de congelación fue disminuyendo ver fig 8-A, 8-C, 8-B y 8-D.

El daño observado, (colapsamiento de las células) en las muestras congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$ , puede deberse a que, durante la congelación el inicio de la formación de cristales fuera extracelularmente, al ocurrir este fenómeno el agua del interior de la célula se desplazó al exterior, formando grandes cristales de hielo en el exterior de las células, al mantener este estado por un tiempo prolongado, la membrana perdió su permeabilidad y al descongelar la muestra, se presentó el fenómeno de plasmólisis (disminución del volumen de una célula por la pérdida de agua) (13), perdiendo por lo tanto su turgencia.

Por lo que respecta a la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  se observa que existe menor daño celular, lo que indica la posibili-

dad de que la formación de cristales fuera intra y extracelularmente, sin que el desplazamiento del agua que se observa durante una congelación lenta ocurra, por lo tanto no se observan los daños de la muestra anterior, como fue el colapsamiento de la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$ , e indica la posibilidad de la existencia de una velocidad de congelación más rápida, que en los casos anteriores.

En lo que se refiere a la muestra congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$ , se encuentra en una etapa intermedia respecto al daño observado en la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$  y el estado en que se encuentra la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$ , aunque se puede ver fig. 10-B, que se presentan picaduras en la pared celular, lo que puede indicar que, durante el almacenamiento los cristales hayan aumentado de tamaño provocando este daño. Al no haber observado este daño en la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  (fig. 11-C), indica la posibilidad de que en esta última muestra existieran un gran número de cristales pequeños, y que durante la recristalización no aumentaron su tamaño a tal grado que provocarían picaduras en la pared celular.

## 2.5 INTEGRACION DE RESULTADOS.

Del análisis realizado anteriormente, se pueden integrar los resultados parciales para explicar el fenómeno de congelación y almacenamiento del producto y los cambios ocurridos sobre los parámetros de calidad evaluados; y de esta forma dar paso a las conclusiones generales de este estudio.

En este caso se apreció diferencia en las velocidades de congelación empleadas, mediante los cambios observados en los parámetros de calidad como son estado del tejido y pérdida de ácido ascórbico.

La evidencia principal para poder asegurar que se manejaron diferentes velocidades de congelación, fue que, los cambios observados durante el estudio, se deben principalmente al daño mecánico provocado por los cristales de hielo sobre la pared celular con lo cual se ven afectados los atributos sensoriales del producto.

Al haberse presentado daños en diversas magnitudes (característicos de la congelación lenta y rápida) sobre el tejido celular (figuras 8, 9, 10, 11 y 12), confirman la posibilidad de haber trabajado con velocidades de congelación rápida con los menores daños sobre la estructura celular, figuras 8-D y 9-D; y los daños mayores en la velocidad de congelación más lenta, figuras 8-E, 9-B y 10-B.

Cabe hacer la aclaración que no se podría hablar de una congelación propiamente dicho cuando se aplicó la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , sin embargo la muestra se congeló por completo ya en el almacenamiento.

El haber obtenido en la congelación rápida los menores daños, bibliográficamente indica la formación de cristales intra y extracelularmente; y al no haber observado picaduras en la pared celular en las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$  figura 10-C, confirma esto ya que, posiblemente existió durante la congelación una gran cantidad de pequeños cristales, característicos de una congelación rápida (22); por el contrario, al haber observado grandes daños en las células tratadas, (Figuras 8-B, 9-B y 10-B, bajo las condiciones mínimas de temperatura de congelación ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) empleadas, se debió a que al haber formación de cristales extracelularmente durante la congelación lenta, propició la formación de pocos cristales y de gran tamaño, los cuales más tarde provocaron los daños que ya se han visto.

En relación a los cambios observados a través del período de almacenamiento, se deben principalmente a dos fenómenos; a que la congelación actúa sobre la muestra como un medio hipertónico (mayor concentración en el exterior de la célula lo que origina que haya migración de agua hacia afuera y la célula se contrae) (13), y el subsecuente crecimiento de los cristales durante el tiempo que se almacenó el producto. El medio hipertónico originó que las paredes celulares perdieran su permeabilidad y por consiguiente la célula pierde su presión de turgencia, reflejándose en la pérdida de la textura del tejido (figuras 9-C y 11-B).

Las picaduras observadas en la pared celular del producto almacenado a las condiciones de congelación de  $-15^{\circ}\text{C}$  (Figuras 8-C, 9-C y 10-B) y el estado en que se encontraron las paredes celulares (Figuras 9-B, 9-D y 10-C) de las muestras congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$  brindan la posibilidad de poder explicar que, la variación de las velocidades de congelación empleadas (gráficas 1, 2 y 3) tienen un efecto sobre el estado final en que se en-

contraron las paredes celulares al final del almacenamiento.

Esto es, que los mayores daños se presentaron en las muestras congeladas a la menor velocidad de congelación, debido principalmente al tamaño de los cristales formados durante la congelación lenta y al medio hipertónico, a que se somete el producto durante el almacenamiento. Por el contrario, el producto congelado a la mayor velocidad de congelación presenta el menor daño causado por el tamaño de los cristales, ya que este medio hipertónico es menos drástico y el producto conserva mejor su estructura celular. Por lo que se puede decir que, la velocidad de congelación más rápida conservó, en mejor estado y por mayor tiempo, el producto almacenado ya que el estado en que se encontraba la estructura celular de las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$ , (figuras 11-B, 11-D y 12-B) permitía que el producto fuera almacenado por más tiempo.

Los daños físicos provocados por la congelación y el almacenamiento tienen como consecuencia cambios en otras propiedades de los alimentos congelados (13) tales como: ácido ascórbico y propiedades sensoriales. Al presentarse daño sobre las membranas celulares, debido al tamaño de los cristales, y el consecuente desplazamiento del agua del interior al exterior de la célula, debido al tamaño de los cristales y al aumento en su tamaño a causa de la recristalización, provoca que se pongan en contacto enzimas y sustratos (22), así como que el interior de la célula se vuelva más concentrado ocasionando cambios en las funciones de las mismas.

Los cambios observados en relación a este fenómeno fueron que, por lo que respecta a los atributos sensoriales se observó un comportamiento similar para la apariencia general y el co-

lor, con un comportamiento irregular pero dentro de un intervalo constante (gráficas 5 a 8 y 9 a 12); en lo que se refiere al olor característico y al olor del aceite se presentó un ligero descenso en las primeras semanas del almacenamiento y tendencia a permanecer constantes hasta el final del mismo (gráficas 13, 14, 20 y 21) donde las muestras congeladas a la temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$  conservaron en mayor medida estos atributos gráficas 15 y 19; aunque en este aspecto es necesario señalar que el comportamiento irregular de los atributos sensoriales (apariciencia general y color) se debe en gran medida a la falta de un control más estricto durante el capeado y el freído.

En este caso, durante el freído se presentaron reacciones de Maillard, al reaccionar los grupos amino de las proteínas con los azúcares reductores (glucosa residual) de la espuma del huevo (capeado), dando reacciones de oscurecimiento, (13) (5). Sin embargo, el panel no detectó estos pequeños cambios, al calificar las muestras dentro de un intervalo constante.

Las reacciones de oxidación también se reducen cuando la temperatura de almacenamiento disminuye (5), por esta razón se puede afirmar que en lo que al olor (característico y del aceite) las variaciones no fueron drásticas ni fácilmente detectables por los jueces.

En cuanto al sabor del producto, simplemente confirmó las ventajas de congelar rápidamente, ya que como se había mencionado anteriormente los jueces no detectaron diferencia alguna entre la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y la recién preparada (ver cuadro No. 13 ).

En el caso del ácido ascórbico las pérdidas fueron del 5.1

al 17.6 % (gráfica 4), lo que está de acuerdo con lo reportado bibliográficamente. Se encontró además que las menores pérdidas de ácido ascórbico correspondieron a la velocidad de congelación más rápida, de lo que se puede deducir que, la velocidad de congelación tiene influencia en el contenido de ácido ascórbico además es posible afirmar que, existe una relación entre el contenido de ácido ascórbico y el estado de la estructura del tejido. Considerando lo expuesto anteriormente, es posible explicar que las diferencias encontradas se deben a este fenómeno, es decir se ponen en contacto ascorbato oxidasas con el ácido ascórbico, o bien hay pérdida del ácido ascórbico en el líquido exudado durante la descongelación (13), debido al daño provocado por el crecimiento de cristales durante el almacenamiento.

Por lo que respecta a los atributos sensoriales su deterioro está relacionado con la pérdida de la estructura celular, al igual que el ácido ascórbico con la estructura celular, ya que como se había mencionado anteriormente respecto al olor del producto, es probable que el comportamiento (una tendencia a permanecer constante) se deba a una disminución en la velocidad de reacción de estos complejos que se pudieran haber formado durante la congelación. En los demás atributos, color y apariencia general, no se encontró un comportamiento definido, sino un comportamiento irregular dentro de un intervalo dado, por lo que no se puede encontrar la relación existente. En cuanto al sabor, dado que no se detectó diferencia entre la muestra de referencia y la congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$  y 7 m/s proporciona una evidencia más de que la velocidad de congelación rápida conserva



mejor los atributos del producto.

# CAPITULO IV

## CONCLUSIONES Y

## RECOMENDACIONES

## 1 CONCLUSIONES.

Mediante la metodología aplicada en el presente trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En cuanto al consumo de alimentos congelados se encontró una alta aceptación por parte del consumidor, con lo cual se garantiza la aceptación de este producto.
  
- La congelación al provocar un medio hipertónico provoca que las paredes celulares pierdan su permeabilidad, reflejándose en la estructura celular (textura). Esto comprueba que la velocidad de congelación tiene efecto sobre el estado de la estructura celular, con los menores daños en la muestra congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$ , y los mayores daños en la muestra congelada a  $-5^{\circ}\text{C}$ .
  
- No se pudo determinar la relación de pérdida entre el ácido ascórbico y los atributos sensoriales del producto, para definir con esta relación el periodo de almacenamiento, pero la pérdida de ácido ascórbico por sí sola, sí define dicho periodo.
  
- La relación que se encontró para definir el periodo de almacenamiento, fue entre la estructura celular y los atributos sensoriales (olor característico y del aceite), ya que los daños observados durante el estudio se deben principalmente al daño mecánico provocado por los cristales de hielo sobre la pared celular.

- Se encontró que la velocidad de congelación tiene influencia sobre el contenido de ácido ascórbico, obteniendo las menores pérdidas (5 %) en la muestra congelada a la velocidad de congelación rápida.

- La velocidad de congelación rápida (temperatura de congelación de  $-30^{\circ}\text{C}$  y su almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ ) es la que preserva en mejor estado y por mayor tiempo, los atributos evaluados, estructura celular, ácido ascórbico, olor y sabor.

- El sabor del producto confirmó que las muestras congeladas a  $-30^{\circ}\text{C}$  fueron las de mejor aceptación y las que se encontraban dentro del intervalo de vida útil.

- Se encontró una excelente aceptación del producto por parte del panel con que se trabajó, dándole calificaciones al producto dentro de los intervalos de 85 a 65.

## 2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda estandarizar el color del producto durante su elaboración, así mismo, se propone evaluar el color por medio de un método analítico.
- Se recomienda estudiar el proceso de capeado con un capeador preparado, y del color final durante el freído, ya que se convierten en etapas críticas del proceso y de la apariencia general del producto y por lo tanto de su aceptación, así mismo estudiarlo en una freidora industrial con la cual se pueda controlar mejor esta etapa.
- Se propone agregar un agente antioxidante al aceite de freído para preservar mejor las cualidades del producto.
- Se recomienda, para este producto, utilizar una temperatura de congelación de  $-30^{\circ}\text{C}$ .
- Se recomienda estudiar el daño celular a diferentes intervalos de tiempo durante el almacenamiento.
- En cuanto a los intervalos de temperatura, se recomienda que éstos sean más bajos (criogénicas) para poder visualizar mejor la influencia de la temperatura de congelación.
- Se propone variar la temperatura de almacenamiento para visualizar la influencia de ésta sobre los atributos del producto.

- Por último se propone el estudio de diversos platillos precocinados para obtener un panorama más amplio sobre la vida útil de los mismos al ser sometidos al proceso de congelación.

# APENDICE

## 1 CARACTERIZACION DE LA CAMARA DE CONGELACION.

La caracterización de la cámara de congelación se efectuó de la siguiente forma:

a) Se tomaron las dimensiones internas de la cámara. Con respecto al largo de la cámara se restó el espacio que ocupa el evaporador, siendo las dimensiones: 2.44 m. de largo, 2.92 m. de ancho y 2.18 m. de alto; en base a estas dimensiones la cámara se dividió en tres partes iguales a lo largo, ancho y alto de la cámara (ver fig. 1), con el fin de efectuar un perfil de velocidades.

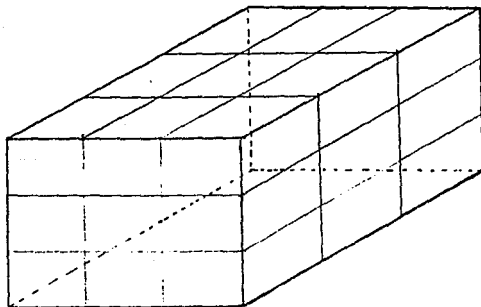


Figura No. 1



b) Previo a la realización del perfil de velocidades, se realizó un diagrama de dirección del flujo de aire, para ello se colgaron cintas de papel del techo de la cámara, de diversos tamaños, con el fin de conocer la dirección del flujo de aire a través de la cámara. En donde se encontró que, el flujo de aire que sale del evaporador sigue una línea recta a través del techo hasta que choca con la pared del frente y baja por ella, regresando al evaporador por el piso y anaqueles (ver fig.2).

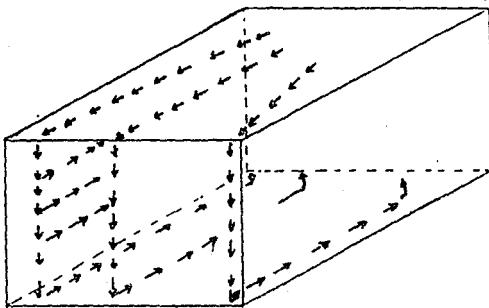


Figura No. 2

c) Con lo anterior se descartaron: la parte central de la cámara por no existir flujo de aire; los costados (anaqueles) y la parte inferior (piso), porque el aire viene de regreso. Una vez realizado esto se calculó la velocidad de aire y se procedió a elegir las posiciones en las cuales la velocidad de aire

fuera de 3, 5 y 7 m/s, dichas posiciones se muestran en la figura 3.

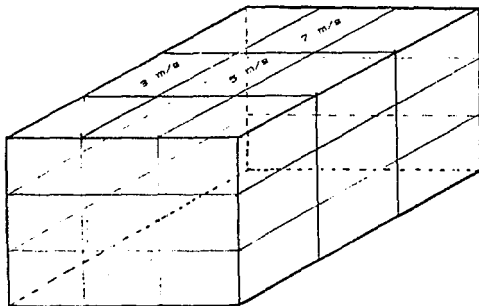


Figura No. 3.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- AFARICIC, C. y Garcia M. (1955): Quality of frozen cauliflower during storage, en: Journal of food science, num. 2, vol. 53, pp 491-495.
- 2.- ASHRAE, (1970): ASHRAE Handbook, refrigeration systems and applications. S.I. Edition, Atlanta.
- 3.- Aspectos fundamentales de la descongelación de alimentos (1978): Calor-frío-Aire acondicionado, Abril.
- 4.- Association of Vitamin Chemist (1966): Methods of Vitamin Assay, 3era edición, Interscience publishers, New York.
- 5.- BADUI, D.S. (1981): Química de los alimentos. Alhambra, México.
- 6.- BERNAL, P.H.J.M. (1986): Factores del envase que valora el consumidor final, en: Alimentaria, mayo, España, pp 61-67.
- 7.- BIMSÁ, (1990): Mapa mercadológico, México.
- 8.- BOEGH, S. L. y JUL. M. (1985): effects of freezing and thawing on foods, en: Frozen foods, edited by R. K. Robinson, Elsevier applied science publishers, LTD.
- 9.- BUORGES, H. y otros (1983): Valor nutritivo de los alimentos mexicanos: Instituto Nacional de la Nutrición, México.
- 10.- BRANWARTHE, J. (1982): Microbiología básica de los alimentos, Ediciones bellaterra S. A.
- 11.- BRENNAN, J. y otros (1980): Las operaciones de la ingeniería de los alimentos, 2a. edición, Acribia, España.
- 12.- EOURNS, E.E. y otros (1978): Quality and processing attributes of selected jalapeño pepper cultivars, en: Journal of food science, vol. 43.
- 13.- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL H.; y BESANCON P. (1977): Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos, Acribia, vol. I y II España.
- 14.- CHICHESTER, C.D. (1973): Advances in food research, Academic Press, vol. 2, Nueva York.
- 15.- COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA: Manual de almacenamiento de frutas y hortalizas, CONAFRUT, México.

- 16.- CONTRERAS y ZAZUETA (1986): Estudio de los sistemas de distribución de frutas y hortalizas en fresco, tesis. UNAM, México.
- 17.- CORTES, F. (1966): Cuadernos de histología vegetal, 2a. edición. Marban, Madrid.
- 18.- DESFOISIER N.W. (1982): Conservación de los alimentos, Cia. Continental, México.
- 19.- DESFOISIER, N. y TRESLER D. (1977): Fundamentals of food freezing, The AVI publishing company Inc., Westport Connecticut.
- 20.- DIAZ del Pino A. (1957): El cultivo del chile; Bartolomé Turco Editor.
- 21.- DIAZ del Pino A. (s/f): Estudio teórico y práctico del cultivo del chile, México.
- 22.- EDWARDS, M. y HALL, M. (1988): Freezing for quality, en: Food manufacture, marzo, pp 41-45.
- 23.- EDWARDS, M. y HALL, M. (1988): Freezing for quality, en: Prepared foods, noviembre, pp 67-70.
- 24.- ERICKSON, G. (1988): Microwaves shake up frozen foods, en: Packaging, vol. 33, num. 4, marzo, pp 38-40.
- 25.- ERICKSON, G. (1988): Survey reveals plans for '89, en: Packaging, vol. 33, num. 10, agosto, pp 39-43.
- 26.- ESAU, K. (1976): Anatomía vegetal, Ediciones Omega, Barcelona.
- 27.- FAO, (1977): Symposium on frozen and quick frozen food, New aspects for agricultural production and marketing, DNU, Nueva York.
- 28.- FENNEMA, O.R. (1985): Introducción a la ciencia de los alimentos, Reverté, España.
- 29.- FLDROS, J. y otros (1987): Chemical (NaOH) peeling as viewed by scanning electron microscopy: pimiento peppers as a case study, en: Journal of food science, vol. 52, num. 5, pp 1312-1316 y 1320.
- 30.- FOOD ENGENIERING, (1987): Getting frozen foods to consumers, Mayo.

- 31.- GILLETTE, M. H. y otros (1984): A new metod for sensory evaluation of red pepper heat, en: Journal of foos science vol. 49, pp 1028-1033.
- 32.- GONZALEZ, T. y otros (1976): El uso de capsaicina como un potenciador del sabor de menta y su posible mecanismo de acción, en: Tecnología de alimentos, vol. 11, pp 105-113.
- 33.- HARTLEY, D. (1988): Packaging-Duo vadis?, en: Food Austria Octubre.
- 34.- HELDMAN, D.R. (1983): Factors influencing food freezing rates, en: Food technology, Abril.
- 35.- HELDMAN D.R. (1982): Food properties during freezing, en: Food technology, febrero, pp 92-96.
- 36.- HEISS, R. (1978): Principios de envasado de los alimentos Guía internacional, Acribia, España.
- 37.- HOLDSWORT, S.D. (1987): Physical and engineering aspects of food freezing, de: Developments in food preservation -4, Elsevier applied science publishers, Inglaterra.
- 38.- HOLDSWORT, S.D. (1988): Conservación de frutas y hortalizas, Acribia, España.
- 39.- HUNG, Y. C. y THOMPSON, D. R. (1989): Changes in texture of green peas during freezing storage, en: Journal of food science, vol. 54, num. 1.
- 40.- INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRID (1990): Alimentos congelados, procesado y distribución, Acribia.
- 41.- INSTITUTE OF FOOD TECNOLOGYST (1981): Sensory evaluation guide for testing food and beverage products, en: Food tecnology, IFT, noviembre, pp 50-59.
- 42.- INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION (1979): Recommendations for chilled storage of perishable produce, IIR, París.
- 43.- INSTITUTO MEXICANO DEL ENVASE Y EMBALAJE (1975): Apuntes del curso general de envase y embalaje, IMEE, México.
- 44.- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS (1982): Diagramas de las principales especies vegetales con las que se efectuan investigaciones agricolas en México, SARH, México.

- 45.- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS (1984): Presente y pasado del chile en México, SARH, México.
- 46.- KUHNE, G. (1976): Envases y embalajes de plástico, Gustavo Gili ediciones.
- 47.- LANGE, J. (1989): Panorama sistemático de las aplicaciones de la tecnología de bajas temperaturas a los alimentos, UNAM, México.
- 48.- LARSON, M. (1986): Foil in microwave ovens: It's not unthinkable, en: Packaging, vol. 31, num. 3.
- 49.- LOMELI, A. (1987): El chile y otros picantes, Prometeo, (Colección biblioteca del consumidor), México.
- 50.- LONG, S. (1986): Capsicum y cultura: historia del chilli, Fondo de Cultura Económica, México.
- 51.- MACIAS R. y SUAREZ M. (1990): Encuesta sobre el consumo de alimentos congelados en el area metropolitana de la ciudad de México, (inédita). México.
- 52.- MATTHEWS, R. y HALL, J. (1978): Ascorbic Acid, Dehydroascorbic acid and Diketogluconic acid in frozen green peppers, en: Journal of Food Science, vol. 43, num. 5 pp. 532 - 534.
- 53.- MEDINA G. y PLASCENCIA B. (1984): Envases plásticos para alimentos, UNAM, tesis.
- 54.- MERCAMETRICA: Investigación práctica de mercados, Mercamétrica ediciones, México.
- 55.- MOHSENI N. (1980): Thermal properties of food and agricultural materials, por Gordon and Breach, Science Publishers Inc.
- 56.- MOLINAS, F. (1970): Frigoconservación y manejo. Frutas, flores y hortalizas, Ahdos, Barcelona.
- 57.- MUDGETT, R. (1989): Microwave food processing, en: Food technology, IFT, vol. 43, num. 1, Enero.
- 58.- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (1974): Hidrogenación de aceites vegetales y producción de ohi vegetal, ONUDI, Nueva York.

- 59.- PEDRERO, D. y PANGBORN, R. (1989): Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos, Alhambra mexicana.
- 60.- PINAGA F. y otros (s/f): Estabilidad de platos precocinados en relación al proceso de conservación II. Ensayos con menestra de verduras, en: Revista agroquímica tecnológica alimentaria, vol. 21, num. 1, pp 137-147.
- 61.- PLANK, R. (1963): El empleo del frío en la industria de la alimentación, Reverté, Barcelona.
- 62.- POPE, J. (1981): Investigación de mercados, Colombia, Ed. Norma.
- 63.- POTTER, N. (1978): La ciencia de los alimentos, Edutex, México.
- 64.- RAY, P. (1981): La planta viviente, Cía. editorial continental, CECSA, México.
- 65.- REID, D.S. (1983): Fundamental physicochemical aspects of freezing, en: Food technology, num. 4, vol. 37, Abril, pp 110-115.
- 66.- REMY, J. (1987): Modern freezing facilities, en: Revista Internacional del frío, vol. 10, Mayo.
- 67.- REYES, M. (1990): Evaluación sensorial de alimentos, en: Información científica y tecnológica, ICIT, vol. 22, num. 12, Septiembre.
- 68.- ROOS P.J. (1989): Taguchi techniques for quality engineering, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- 69.- ROBINSON, R. (1985): Microbiology of frozen foods, Elsevier applied science publishers, LTD, Londres.
- 70.- ROSENBERG, V. y BOGL, W. (1987): Microwave, thawing, drying and baking in the food industry, en: Food technology, Junio.
- 71.- SACHAROW, S. (1980): Principles of food packaging.
- 72.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (1982): Estudio sobre la comercialización de frutas y hortalizas, SARH, México.



- 73.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (19887): Listado de variedades liberadas por el INIA de 1942 a 1985, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH, Marzo, México.
- 74.- SUAREZ, E. y ZEPEDA, F. (1982): Determinación del rango de temperatura y período de almacenamiento refrigerado en chiles picantes (*C. annum L.*), Tesis, Chapingo, México.
- 75.- TRESLER, D.K. y otros (1981): The freezing preservation of foods, 4<sup>a</sup> ed., The AVI publishing Co. Inc. Wesport Connecticut.
- 76.- TRESLER, D. y otros (1968): The freezing preservation of foods, The AVI publishings, Wesport Connecticut, vol. 4.
- 77.- VAN ARSDEL, V. y otros (1969): Quality and stability of frozen foods.
- 78.- WATADA, y otros (1987): Quality of green bell peppers and spinach stored in polyethylene bags, en: Journal of food science, vol. 52, num. 6.
- 79.- WELLS, H. y otros (1987): A graphical interpretation of time-temperature related quality changes in frozen food, en: Journal of food science, vol. 52, num. 2.
- 80.- WOOLLEN, A. (1970): Food industries manual, Chemical publishing Co. Inc., Nueva York.