

209



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

ESTUDIO PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DEL PROCESO  
Y ALMACENAMIENTO DEL NOPAL (OPUNTIA SP)

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO DE ALIMENTOS

P R E S E N T A :

JUAN CARLOS GUEVARA ARAUZA



MEXICO, D. F.

264868

1998.

TESIS CON  
ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

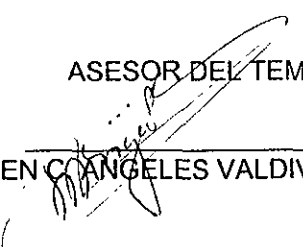
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE	PROF. ITURBE CHIÑAS FRANCISCA.
VOCAL	PROF. VALDIVIA LOPEZ MARIA DE LOS ANGELES
SECRETARIO	PROF. LEON FELIX MARCO ANTONIO
1er. SUPLENTE	PROF. RODRIGUEZ PALACIOS FELIPE DE JESUS.
2do SUPLENTE	PROF. ABRAJAN VILLASEÑOR LUIS ORLANDO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:  
FACULTAD DE QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA  
CONJUNTO "E"  
LABORATORIO 323.

ASESOR DEL TEMA.

  
M. EN C. ANGELES VALDIVIA LOPEZ

SUSTENTANTE.

  
JUAN CARLOS GUEVARA ARAUZA

## **AGRADECIMIENTOS**

A la M en C Ma. Angeles Valdivia López por su valiosa asesoría en la realización de esta tesis.

A la M. en C. Francisca A. Iturbe Chiñas

Al Dr Hermilo Leal Lara por sus consejos y dirección.

Al Q:F:B: Agustín Reyo Herrera por su asesoría.

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado con todo respeto a mis padres, que gracias a ellos y contando con todo su apoyo se logro cumplir la meta fijada, terminar la tesis presente.

Agradeciendo completamente los consejos, junto con toda la confianza que mi padre me dio un día y la sabiduría que me fue impartida, recordando los desvelos de mi madre y toda la atención que me ponía, no me queda mas que dedicarle mi triunfo y decirle que este triunfo es suyo.

En otras palabras como mis padres Paulino Guevara Yañez y Silvia Arauza Álvarez pocos hay en este mundo, les dedico esta tesis ya que ustedes forjaron al hombre que esta levantándose en estos días ya que me ensaaron a valorar las cosas y entender que uno tiene que luchar por sus propias metas ya que nada es fácil en esta vida.

También quiero agradecer a mis hermanos (Pablo, Braulio, Toño, Arturo y Alfredo y Nancy) ya que sin sus bromas y su buen humor no hubieran hecho que la carrera fuera amena sin olvidarse del tiempo y de la vida.

A mis amigos y en especial a Aaron Vaga el mejor de los agradecimientos por que todos aquellos sueños y metas que nos fijamos un día, hoy se están cumpliendo y de no haber sido por aquellas promesas y aquel espíritu de lucha de ser los mejores en cada una de nuestras áreas esta tesis no se hubiera escribiendo.

A Carmen esperando agradeciendo todos los momentos que ha estado junto a mi y que este sea una de las muchas metas que completemos juntos en esta vida y esperando que sirva de ejemplo para nuestros futuros descendientes

## Índice

	Página
1.-OBJETIVOS	1
2.-INTRODUCCION	2
3.- ANTECEDENTES	3
3.1 Actividad fisiológica del nopal	3
3.2 Taxonomía y principales variedades de nopal	4
3.3 Composición química del nopal	5
3.4 Actividad enzimática	5
3.5 Degradación de la pectina	7
3.6 Degradación de la clorofila	8
3.7 Métodos de conservación	9
3.7.1 Escaldado	9
3.7.2 Esterilización por calor	12
3.7.3 Refrigeración	12
3.7.4 Congelación	13
3.7.5 Atmósferas modificadas	14
4.-MATERIALES Y METODOS	16
4.1 Evaluación de la clorofila	16
4.2 Control de las condiciones de escaldado	16
4.3 Determinación de la textura	16
4.4 Determinación de la actividad de Peroxidasa	17
4.5 Evaluación microbiológica	17
5.-EXPERIMENTOS Y RESULTADOS	18
5.1 Determinación de la condiciones de escaldado	18
5.2 Selección de la sal o mezcla de sales que estabilizan textura	19
5.3 Selección de la sal o mezcla de sales que estabilizan el color	27
5.4 Determinación de las condiciones de almacenamiento	34
5.5 Estabilidad de la clorofila durante el almacenamiento	35
5.6 Estabilidad de la textura durante el almacenamiento	37
5.7 Seguimiento enzimático durante el almacenamiento	40
5.8 Análisis microbiológico	40
5.8.1 Determinación de hongos y levaduras	40
5.8.2 Determinación de mesófilos aerobios y mesófilos anaerobios	42
5.9 Análisis de resultados generales	45
6.-CONCLUSIONES	47
7.- Bibliografía	48

## 1.-OBJETIVOS.

### 1.General

Encontrar las condiciones óptimas del procesamiento del nopal, que permitan aportar la mayor estabilidad del color y textura y establecer su vida de anaquel bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

### 2.Particulares

a)Establecer las relación Temperatura-tiempo óptima del escaldado

b)Definir la sal o mezcla de sales así como su concentración, que permitan la mayor estabilidad del color y textura en el nopal escaldado.

c)Establecer la vida de anaquel en refrigeración y congelación del nopal empacado al vacío.

HIPOTESIS: Las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del nopal dependen de las condiciones de escaldado y temperatura que prevalecen durante el almacenamiento y de la naturaleza del empaque.

## 2.-INTRODUCCION

En nuestro país se tiene una elevada preferencia por el consumo de nopal verdura en estado fresco dada su disponibilidad durante todo el año y en contraste es poca la aceptación del nopal enlatado o envasado.

Existe un problema en el consumo de nopal verdura fresco, debido al rápido deterioro que sufre postcosecha, presentando cambios en la textura y el color, los cuales son indicativos de una mala calidad en el producto. Estos cambios son esencialmente mediados por variaciones en el pH, actividad de ciertas enzimas como la clorofilasa, catecolasa del genero de las oxido-reductasas que generan pigmentos indeseables, ocasionando perdida del color.

Otra característica importante que se pierde durante el almacenamiento del nopal es la textura, lo cual se atribuye de igual manera a la actividad enzimática que presentan estas verduras, en este caso en particular a las enzimas, pectinmetilesterasas, poligalacturonasas y pectin-liasas las cuales degradan la pectina en ácido D-galacturónico produciendo el ablandamiento de los tejidos observándose una disminución en la resistencia de los mismos.

Debido a los problemas de perdida de textura y cambios en el color anteriormente mencionados y a que existe una alta disponibilidad del nopal en México, las técnicas de manejo postcosecha que permitan, preservar el nopal por mas tiempo no existen o son carentes, surgiendo la necesidad de establecer un proceso que permita prolongar la vida de anaquel del nopal y así aumentar la explotación del mismo.



### 3.-ANTECEDENTES

La importancia agrícola y social del nopal data desde los albores de nuestra historia, siendo determinante para la formación de algunos núcleos de población humana como es el caso de la ciudad de Tenochtitlan y que fue anunciada a través de la profecía de su dios Huitzilopochtli "El lugar donde encontraran un águila posada sobre un nopal y devorando una serpiente sería el lugar donde vivirían" (Gutiérrez 1991 y Moreno 1995).

Actualmente se sabe que el nopal en la época prehispánica tenía diversas aplicaciones en la medicina, conocida ahora con el nombre de naturista (Olvera, 1995).

En nuestros tiempos la importancia del nopal sigue siendo determinante en el núcleo social y agrícola ya que existen tratamientos contra la diabetes Mellitus a base de extractos de nopal, además de tener una participación más activa en la economía nacional debido a que se están desarrollando actividades de exportación de nopal cocido a diferentes partes del mundo.

#### 3.1 ACTIVIDAD FISIOLÓGICA DEL NOPAL

Después de su recolección, los frutos continúan con su actividad respiratoria, lo que produce intensos cambios durante su almacenamiento.

*El nopal recién cosechado no muere y por ende sus procesos biológicos, fisicoquímicos y fisiológicos continúan; siendo la intensidad del cociente respiratorio en esta etapa un factor determinante a controlar, dado que en tanto la temperatura aumenta, la velocidad de las reacciones bioquímicas es mayor. Se ha encontrado que la variación de la transpiración es directamente proporcional a la variación en la temperatura, dicha transpiración también se ve aumentada por la luz solar debido a que los estomas se abren, por lo que la pérdida de humedad es mayor, disminuyendo así su vida de anaquel (Pérez Sandi, 1990).*

La corta vida de anaquel del nopal es debida, al igual que en otras verduras, al patrón respiratorio que se presenta llegando a la senescencia con la producción de etileno el cual funciona como hormona acelerando el envejecimiento de las verduras (Badui, 1985).

De las condiciones de almacenamiento depende la calidad de los nopales, siendo la humedad relativa y el grado de aireación los factores determinantes de la vida de anaquel, ya que si el medio ambiente es muy seco, el nopal perdería mucha humedad, si el grado de aireación es muy alto, la cantidad de oxígeno presente acelera el metabolismo del vegetal almacenado, resultando así un producto muy perecedero. (Magallanes 1990)

### 3.2 Taxonomía y principales variedades del nopal

La clasificación más aceptada para el nopal es la que cita (Torrez, 1991) la cual consiste:

REINO	Vegetal
SUBREINO	Embryophita
DIVISIÓN O TIPO	Angiospermo
CLASE	Dicotiledonia
SUBCLASE O SERIE	Dialipetala
FAMILIA	Cactáceas
GENERO	Opuntia
SUBGENERO	Cilindropontea playtyopontea
ESPECIE	Vulgaris.
ORDEN	Cactales.
TRIBU	Opunteoideas.

El género *Opuntia* está formado por dos subgéneros: *Opuntia cylindropuntia* y *Opuntia playtyopuntia*, las cuáles se distinguen por la forma de sus tallos, el primero en forma cilíndrica y el segundo en forma aplanada

Al subgénero *Playtyopuntia* pertenecen los nopales verdaderos cuyos frutos son las tunas de nopal dulce y el Xoconoxtle cuando el sabor es ácido (Torrez, 1991).

Las variedades de nopal verdura que se usan para la producción son:

*Opuntia ficus-indica* y *Opuntia undulara*. Es importante señalar que en el estado de San Luis Potosí, Hidalgo y el Estado de México las variedades que más se explotan son: *Opuntia streptocantha* (nopal cardón) y *Opuntia robusta* (nopal tapón) (Castañeda 1996). En la actualidad existen variedades de nopal mejoradas genéticamente con fines hortícolas, mismas que se nombran continuación:

**Variedad COPENA V-1**

**Variedad COPENA F-1**

**Variedad ITALIANA**

**Variedad ATLIXCO**

**Variedad TLAONOPAL (OPUNTIA INERMIS)** (Torrez, 1991).

### 3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NOPAL

Tabla 3.3.1 Composición química de los principales macrocomponentes presentes en el nopal (Estrada, 1990)

PARAMETRO	CONTENIDO (g/100g BH)
Humedad	90.5
Proteínas	1.7
Grasa	0.248
Carbohidratos	2.03
Fibra Cruda	3.14
Cenizas	2.38

De acuerdo a la tabla se puede observar que el nopal esta constituido principalmente por agua, siendo también una fuente importante de fibra y minerales.

Tabla 3.3.2 Composición química de las principales vitaminas presentes en el nopal (Estrada, 1990)

VITAMINA	CONTENIDO (mg/100g) BH
Acido ascórbico	4.00
Caroteno	5.00
Tiamina	0.04
Riboflavina	0.04
Niacina	0.30

En esta tabla se observa que el nopal es una fuente importante de ácido ascórbico (vitamina C) y Caroteno (precursor de la vitamina A) las cuales son vitaminas importantes en el desarrollo de las personas.

### 3.4 ACTIVIDAD ENZIMATICA

Las frutas y los vegetales están constituidos por tejidos biológicamente activos por lo cual contienen una gran cantidad de enzimas

La actividad más común en los frutos deriva principalmente de las enzimas pectinasa, lipasa, lipoxigenasa, clorofilasa, proteasa, peroxidasa, polifenol oxidasa y ácido ascórbico oxidasa (Tabla 3.4.1). Estas enzimas deterioran la calidad de los productos frescos y por eso la industria alimentaria utiliza métodos de preservación como el enlatado, la deshidratación y el enfriamiento para conservar mayor tiempo el alimento. Al emplear estos métodos es necesario tratar los vegetales con un proceso a alta temperatura-corto tiempo por ejemplo el escaldado de manera que se destruyan los sistemas enzimáticos y no se presenten cambios en las características de la verdura. (Badui, 1985)

**TABLA 3.4.1 Enzimas presentes en vegetales que pueden contribuir a la pérdida de calidad de los mismos durante el almacenamiento.**

ENZIMA	DETERIORO	REACCION CATALIZADA
Ac. Ascórbico oxidasa	Nutricional	Oxidación de ácido ascórbico a ácido dehidro-ascórbico en presencia de oxígeno
Celulasa	Textura	Hidrólisis de celulosa.
Clorofilasa	Color	Deterioro de la clorofila
Hidroperoxidasa liasa	Sabor	Formación de aldehídos y otros compuestos a partir de productos generados por la lipoxigenasa
Lipoxigenasa	Sabor, Color, Textura, Nutricional.	Oxidación de ácidos grasos insaturados a hidroperóxidos y radicales hidroperóxidos en presencia de oxígeno.
Pectinasas	Textura	Hidrolización de la pectina a ácido glucónico y galacturónico.
Peroxidasa	Nutricional, Color	Oxidación de compuestos fenólicos a quinonas y otros productos en presencia de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Polifenol Oxidasa Catecolasa	Color	Oxidación de compuestos fenólicos a quinonas en presencia de oxígeno.

Al manejar el nopal debe procurarse no lastimar el tejido a causa de daños mecánicos que sufren estos vegetales, ya que de esta forma las enzimas pueden entrar en contacto con sus sustratos, provocando reacciones de oscurecimiento enzimático, generando compuestos de color desagradable, las cuales se ven favorecidas por la exposición a la luz y al oxígeno. El hecho de que estas reacciones no se efectúen en células intactas indica que existe un microambiente anaerobio que inhibe los mecanismos de oscurecimiento; las frutas y los vegetales se oscurecen debido a reacciones enzimáticas que dan como producto final pigmentos oscuros llamados melaninas (García, 1993). Esta es la causa de que al nopal que se le han eliminado las espinas tenga una vida de anaquel tan corta.

Conforme el nopal va madurando, el pH del alimento se va haciendo óptimo (incrementa) para que actúe la enzima clorofilasa, produciendo una pérdida gradual de la clorofila (color) generando este fenómeno la aparición de un color café pardo verdoso (Feofitina) (Callegas, 1994).

### 3.5 DEGRADACIÓN DE LAS PECTINAS.

El término de sustancias pécticas se refiere al grupo de polisacáridos vegetales en el cual, el ácido D-galacturónico es el principal componente. La estructura básica esta formada por moléculas de ácido D-galacturónico unido por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1-4), algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con un grupo metilo o en forma de sal. Dentro de este grupo de carbohidratos se pueden distinguir varias clases: ácidos pectínicos son los polisacáridos que tienen esterificado parte del ácido galacturónico como éster metílico mientras que aquellos que no están esterificados se les conoce como ácidos pécticos. Las pectinas, por definición, son los ácidos pectínicos con diferente grado de esterificación; son solubles en agua y tienen la capacidad de formar geles en presencia de ácidos, sales y azúcares.

Las sustancias pécticas se encuentran principalmente asociadas con la hemicelulosa en las paredes celulares de las plantas terrestres y son más abundantes en los tejidos suaves. Debido a sus propiedades gelificantes el uso mas importante es en la industria alimentaria en la fabricación de mermeladas y similares pero también se emplean en otras industrias por ejemplo la farmacéutica.

Durante el proceso de los alimentos que contienen pectinas pueden suceder muchos cambios causados por varias enzimas naturales que actúan sobre los polisacáridos, estas enzimas pécticas pueden clasificarse en:

- a) Pectinmetilesterasas, que hidrolizan los enlaces éster metílicos produciendo ácidos pécticos y metanol.
- b) Poligalacturonasas que rompen el enlace glucosídico entre las moléculas poliméricas de ácido D-galacturónico dando como productos monómeros de ácido D-galacturónico.
- c) Pectintranselimininasas o liasas que tienen propiedad de formar dobles ligaduras entre los carbonos cuatro y cinco de la molécula de ácido D-galacturónico lo que trae como consecuencia el rompimiento del enlace glucosídico.

La textura de los frutos y vegetales se ve afectada cuando se sujetan a tratamientos térmicos en presencia de agua, debido a un cambio en la permeabilidad de las células, ya que se rompe la estructura organizada y se vuelven muy flexibles. Los calentamientos ligeros y los tratamientos de escaldado pueden activar la pectinmetilesterasa, lo que trae como consecuencia la hidrólisis de los grupos metilo de las pectinas produciendo un mayor número de grupos carboxilo libres que pueden interaccionar a través de iones divalentes como el calcio, formando estructuras tridimensionales rígidas que aumentan la dureza de los frutos o vegetales que la contienen, generando con esto mayor estabilidad en la textura lo cual aporta mayor vida de anaquel.

### 3.6 DEGRADACIÓN DE LA CLOROFILA.

Otro daño que se produce durante el almacenamiento es la degradación de la clorofila (pigmento verde que se localiza en los cloroplastos de las plantas y a través de la cual se efectúan las reacciones de fotosíntesis). Los tipos de clorofila más importantes son la a y la b, se conoce perfectamente la estructura de ambas y se diferencia una de la otra en que la clorofila a tiene un grupo metilo ( $\text{CH}_3$ ) y la b presenta un grupo formilo ( $-\text{CHO}$ ). Este pigmento tiene una estructura porfirínica con un átomo de magnesio y contiene una molécula de fitol esterificada con una molécula de ácido propiónico. Los anillos pirrólicos están unidos a través de grupos meteno ( $-\text{CH}=\text{}$ ) formando una estructura planar.

La estructura química de la molécula de clorofila es muy compleja y fácilmente alterable por diferentes agentes físicos y químicos, tales reacciones pueden inducir:

- a) La sustitución del grupo Mg por otro ion principalmente hidrógeno.
- b) Eliminación de la cadena de fitol.
- c) La ruptura del anillo tetrapirrólico con la consecuente pérdida total del color.

La primera reacción se denomina feofitización y es el mecanismo más común por el que desaparece el color verde de muchas frutas y verduras, la feofitina formada por estas reacciones puede transformarse en el correspondiente feofórbido al perder la cadena de fitol lo que sucede a temperaturas elevadas, los feofórbidos tienen el mismo color y propiedades espectroscópicas que las feofitinas. La clorofilida se forma cuando se produce la eliminación del grupo fitol, (debido a la actividad de la enzima Clorofilasa) produciendo los correspondientes fitol y clorofilida, los cuales presentan el mismo color y propiedades espectroscópicas de la clorofila.

La clorofila también se ve afectada por los cambios de pH en su medio; la clorofila es estable en soluciones débilmente alcalinas, pero es atacada fácilmente por ácidos débiles, provocando la separación del magnesio que contiene la molécula, formándose la feofitina (Owen, 1985)

Conforme el nopal va madurando, el pH del alimento se va haciendo óptimo para que actúe la enzima Clorofilasa, por lo que se tendrá una pérdida gradual del color de la clorofila y éste fenómeno se traduce en la aparición de un color pardo-verdoso.

La clorofila también puede ser degradada por los hidropéroxidos formados durante la oxidación de grasas insaturadas, por lo que la oxidación de lípidos, tanto por oxígeno como por lipoxigenasas trae consigo pérdidas del color verde de los alimentos. Las irradiaciones también son capaces de producir estos cambios. Los cambios de color se utilizan como índice de calidad y por tanto la reacción de clorofila  $\rightarrow$  feofitina puede emplearse como medida de deterioro de algunos productos, ya que algunos vegetales verdes enlatados y congelados presentan reacciones de decoloración al transformarse la clorofila (verde brillante) en su respectiva molécula de feofitina (café olivo).

### 3.7 METODOS DE CONSERVACION

La presentación del nopal verdura en estado fresco se ofrece al consumidor con espina para prolongar un poco más la vida de anaquel del producto, o bien se ofrece sin espinas lo cual implica que el consumo debe ser casi inmediato (3-5 días). Este se vende al público en penca completa o picada listos para su cocción (Rodríguez, 1983).

Actualmente se esta produciendo nopal enlatado cuya principal ventaja es la de ofrecer un producto de larga vida de anaquel, cumpliendo con expectativas de exportación a países europeos como es el caso de España y Alemania.

Es importante la conservación del nopal debido a que se reporta que existe aproximadamente una perdida del 50% en temporada de cosecha, esto debido principalmente a que existen pocas e ineficientes técnicas de conservación postcosecha.

Mediante la obtención de un método de conservación adecuado se podría generar un suministro continuo del nopal, una disponibilidad durante todo el año, además de generar productos de nopal con larga vida de anaquel.

En la actualidad mediante el uso de diferentes métodos de conservación se ha logrado la exportación de nopal enlatado, nopal en escabeche, diferentes tipos de dulces, además de otros productos, como son cápsulas de nopal, bebidas con leche etc. a continuación se describen algunos de los métodos de conservación.

#### 3.7.1 ESCALDADO.

La mayoría de los vegetales crudos pueden ser almacenados solo por un tiempo reducido, aún a -20°C. Esto es por los cambios de textura, color, sabor y calidad nutricional que ocurren por acción de varias enzimas que aún están activas.

El escaldado se aplica antes del procesado para inactivar a las enzimas de frutas y verduras. Esta manipulación no constituye en sí misma un método de conservación, sino tan sólo un pretratamiento normalmente aplicado en las manipulaciones de preparación de la materia prima o previa a otras operaciones de conservación (en especial la esterilización por calor, la deshidratación y la congelación) (Fellows1994).

Los factores que determinan el tiempo de escaldado son los siguientes:

- 1-El tipo de fruta o verdura
- 2-Su tamaño
- 3-La temperatura de escaldado
- 4-El sistema de calentamiento

Un escaldado insuficiente puede causar un deterioro aun mayor que cuando esta operación se omite, ya que es posible que el calor aplicado sea suficiente para romper los tejidos (liberando los sustratos), pero no para inactivar sus enzimas lo que en consecuencia acelera las reacciones enzimáticas (Fellows, 1994).

Otros objetivos del escaldado son los siguientes:

- Reducir la carga microbiana.
- Extraer los gases ocluidos de los tejidos de tal forma que la oxidación durante el almacenamiento sea reducida.
- Darle a los productos un color más vivo.
- Limpieza y eliminación de olores y sabores extraños.
- Reducir el tiempo de cocimiento del producto terminado.
- Contraer y dar flexibilidad al producto.

El escaldado también tiene algunos efectos no deseables sobre el producto como son:

- Pérdida parcial de la textura.
- Pérdidas parciales de color, sabor y calidad nutricional.
- Formación de algún sabor a cocido.
- Algunas pérdidas de sólidos solubles (especialmente en el escaldado con agua).
- Impacto en el ambiente por la gran utilización de agua y energía.

Una operación eficiente de escaldado debe cumplir con los siguientes puntos:

- - Una distribución uniforme del calor en las porciones individuales del producto
- - Un tiempo de escaldado uniforme en todas las unidades del producto.
- - No debe sufrir daños el producto ni durante el escaldado, ni en su cocimiento.
- - Un alto rendimiento del producto y calidad de éste.
- - Bajo consumo de energía y agua.

En la actualidad se llevan acabo diferentes técnicas de escaldado las cuáles se mencionan a continuación:

#### **- Escaldado con agua.**

Este procedimiento es el más empleado y consiste en sumergir las frutas y hortalizas, enteros o troceados, en un baño de agua caliente. La relación tiempo-Temperatura del tratamiento depende del tipo y tamaño del producto oscilando normalmente de 3 a 10 minutos entre 85 y 100°C.

-Las ventajas de este escaldado son:

- Técnicamente fácil de controlar.
- Mejor control de la oxidación del producto, mediante el empleo de aditivos al agua de escaldado, como pueden ser los sulfitos.
- Eliminación de algunos olores y sabores extraños.
- Limpieza del producto.
- Diversidad del equipo

Desventajas del proceso:

Pérdida de valor nutricional (compuestos hidrosolubles) Azúcares, sales minerales, vitaminas etc.



Contaminación de las aguas residuales por aumento de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en las mismas.

Es necesario remover periódicamente el agua del baño para evitar la contaminación microbiana y la aparición de sabores y olores extraños (Fellows, 1994).

### **- Escaldado en el envase**

Evita los daños que pueda ocasionar al producto su movimiento durante el escaldado y después del mismo.

Este proceso consiste en calentar con llama directa durante 3 a 4 minutos, los botes llenos con el producto y semicerrados, con una mínima cantidad de líquido que funciona como vehículo. El calentamiento produce, a partir del pequeño volumen de líquido, una atmósfera de vapor que escalda el producto y elimina el aire a través de la abertura que deja el semicierre. Inmediatamente se procede a cerrar el envase y a la esterilización.

Ventajas del escaldado en lata:

- Carencia de efluentes procedentes del escaldado.
- Reducción considerable del arrastre de nutrientes de los vegetales hacia el reducido volumen de vehículo contenido en la lata (Fellows, 1994).

Desventajas que presenta:

Util solamente para vegetales de porción pequeña.

Util solamente para conservas que requieren una cantidad mínima de vehículo

### **Escaldado con lecho fluidizado**

El procedimiento consiste en mantener el producto en suspensión en el escaldador, por medio de una corriente de vapor de agua y aire a temperatura de unos 100°C. El producto se comporta como un fluido y el calentamiento se realiza de manera uniforme en unos 45-50 segundos (Fellows, 1994). La cantidad de calor que el alimento recibe durante el escaldado altera inevitablemente su valor nutritivo y características organolépticas. Sin embargo, este tratamiento térmico es menos drástico que, por ejemplo, la esterilización, por lo que los cambios que en alimento provoca son menores.

Tomando en cuenta las ventajas y las desventajas que presentan las diferentes técnicas de escaldado existen algunas que no son factibles de ser aplicadas al nopal entero, las cuales se mencionan a continuación:

Escaldado con vacío y vapor, escaldado en envase y escaldado en lecho fluidizado. Dejando como alternativa, que estas técnicas de escaldado puedan generar productos constituidos a base de nopales picados con características similares (menor pérdida de atributos organolépticos) a las del nopal fresco, pero con la ventaja de que estas presentan mayor vida de anaquel.

Existen otras técnicas de escaldado como son: con microondas y con gases calientes, las cuales pueden ser aplicados a nopales enteros con una pérdida mínima de sus características fisicoquímicas y organolépticas, generando nopales con mayor vida de anaquel que en estado fresco.

En general las diferentes técnicas de escaldado van a producir un incremento en la vida de anaquel de 2-3 semanas con respecto al nopal fresco.

En base a la descripción de las diversas técnicas, y seleccionando el escaldado con agua se pretende generar un proceso mediante el cual se logre incrementar la vida de anaquel del nopal, sin que existan pérdidas nutricionales, sensoriales, generando un producto con las características similares al de un nopal fresco, teniendo la ventaja de poder ser almacenado por más tiempo.

### **3.7.2 ESTERILIZACION POR CALOR.**

La esterilización es una operación unitaria en la que los alimentos son sometidos a una temperatura suficientemente elevada y durante un tiempo suficientemente largo, como para destruir en los mismos la actividad enzimática y microbiana. Los alimentos estabilizados por este sistema poseen una vida útil superior a seis meses.

En los alimentos de baja acidez ( $\text{pH} > 4.5$ ) se tiene como objetivo la eliminación de *Cl. botulinum*. En los alimentos moderadamente ácidos ( $\text{pH} 4.5-3.7$ ) para calcular tiempos y temperaturas de tratamientos se emplean otros microorganismos como indicadores (hongos y levaduras) o enzimas termorresistentes. El objetivo de la esterilización en alimentos ácidos ( $\text{pH} 3.7$  o menor) consiste en inactivar sus enzimas y es por ello que en estos alimentos los tratamientos de esterilización son más suaves (Pasteurización). Como la termosterilización de los microorganismos sigue un curso logarítmico la esterilidad total es imposible alcanzar, se habla entonces de:

*Esterilidad comercial* que es la probabilidad de que este presente un microorganismo en una cantidad definida de producto.

Este principio es aplicado de forma directa en los nopales obteniendo un producto enlatado con calidad de exportación. Otra aplicación de el enlatado es en la producción de jaleas y mermeladas de nopal logrando incrementar la vida de anaquel de un periodo de días a un año por lo menos. Actualmente se utilizan los procesos térmicos de alta temperatura corto tiempo (HTST) para la preservación del color verde en los vegetales aunque la pérdida del color pueda ocurrir durante el almacenamiento de los mismos.

### **3.7.3 REFRIGERACION.**

La refrigeración es aquella operación unitaria en la que la temperatura del producto se mantiene entre  $-1$  y  $8^{\circ}\text{C}$ . La refrigeración se utiliza para reducir la velocidad de las transformaciones microbianas y bioquímicas que en el alimento tienen lugar, prolongando de esta forma la vida útil tanto de los alimentos frescos como elaborados. Dado que los alimentos refrigerados poseen prácticamente todo el valor nutritivo y las características sensoriales del alimento original, son considerados por el consumidor como alimentos frescos y saludables.

Entre los factores que determinan la vida útil de los vegetales frescos almacenados en refrigeración, se hallan los siguientes:

- 1) Tipo de alimento de que se trata y de su variedad o cultivar.
- 2) La parte anatómica del alimento en cuestión (Las partes de crecimiento más rápido poseen una mayor actividad metabólica y su vida útil es más corta.
- 3) Las condiciones del alimento durante su recolección (por ejemplo: heridas, contaminación microbiana, grado de maduración).
- 4) Temperatura durante su transporte y en el mostrador de venta al consumidor.
- 5) La humedad relativa de la atmósfera del alimento (ya que ello influye sobre las pérdidas por deshidratación).

La vida útil de un alimento procesado refrigerado se halla determinada por:

- 1) Tipo de alimento
- 2) Eficiencia del proceso sobre el control de microorganismos y enzimas.
- 3) Condiciones de higiene durante su elaboración y envasado.
- 4) Permeabilidad del envase.
- 5) Temperatura durante su almacenamiento y distribución.

En México esta técnica de conservación no es aplicada con frecuencia en los nopales debido a que existe una elevada producción. Es claro que esta técnica presenta ventajas mínimas al tratar de conservar el nopal, por lo cual es utilizada en conjunto con el escaldado obteniendo un efecto sinérgico en cuanto al aumento en la vida de anaquel.

En una investigación desarrollada por Ramayo en 1978 reportó que los nopales pueden almacenarse satisfactoriamente por 30 días a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  y 80-85% HR. Sin embargo, se presentaron bastantes mermas más por factores externos que por almacenamiento. Otra investigación desarrollada por el mismo autor definió que usando un antimicrobico Benlate se podía aumentar aún más la vida de anaquel del nopal hasta por 28 días más (Yabuta, 1988).

### **3.7.4 CONGELACION.**

Es aquella operación unitaria en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de  $0^\circ\text{C}$ , con lo que una porción elevada del agua que contiene cambia de estado, formando cristales de hielo.

El principal efecto de la congelación sobre la calidad de los alimentos es el daño que ocasiona en las células el crecimiento de los cristales de hielo lo cual se traduce en deterioro en la textura. La congelación apenas si afecta, desde el punto de vista nutritivo, a los pigmentos, aromas o componentes importantes. De hecho, es posible que éstos se hayan ya perdido a lo largo del proceso de preparación o que se pierdan más tarde durante su almacenamiento en congelación.

Por lo general, cuanto más baja es la temperatura de almacenamiento en congelación, menor es la velocidad a la que se producen los cambios bioquímicos y microbiológicos.

En algunos alimentos, también por el escaldado que precede a la congelación cuando ambas operaciones se realizan adecuadamente, las características organolépticas y el valor nutritivo del alimento apenas y resultan afectadas.

Las pérdidas de calidad de los alimentos debidas a cambios químicos y en algunos casos, a la actividad enzimática durante el almacenamiento en congelación (-18°C), son lentas, pero se aceleran por efecto del aumento de la concentración de solutos al rededor de los cristales de hielo, por la reducción de la actividad de agua y por cambios en el pH y el potencial de óxido-reducción.

(1)*Degradación de los pigmentos:* En las verduras (incluso escaldadas) la clorofila se degrada lentamente a feofitina, de color marrón. En la fruta, los cambios de pH provocados por la precipitación de las sales las cuales no están presentes en forma ionica, provocan cambios de color en las antocianinas.

(2)*Pérdidas vitamínicas:* A temperaturas inferiores a las de congelación se producen pérdidas en algunas vitaminas hidrosolubles (vitamina C y ácido pantoténico).

(3)*Actividad enzimática residual:* La principal causa de las pérdidas de calidad en las verduras insuficientemente escaldadas, o de la fruta, se debe a la actividad de la polifenoloxidasas que provoca empardeamiento, o a la actividad de la lipooxigenasa en congelación, que provoca, a partir de los lípidos, el desarrollo de aromas y olores extraños.

Esta técnica de conservación puede aplicarse con gran éxito a la conservación de nopal verdura en estado fresco o previamente escaldado generando nopales con pocas pérdidas a nivel nutricional y conservando sus características organolépticas en un alto porcentaje.

Otra técnica de congelación es la criogenica la cual no es aplicada a los nopales debido a los altos costos de inversión que esta genera, ya que existe una elevada producción de nopal, lo cual disminuye el costo del mismo, en consecuencia no justifica la inversión.

### 3.7.5 ATMOSFERAS MODIFICADAS

El aire contiene normalmente el 78% de nitrógeno y el 21% de oxígeno estando el resto constituido por anhídrido carbónico y otros gases. Incrementando artificialmente la proporción de anhídrido carbónico y/o reduciendo la de oxígeno se reduce la actividad respiratoria de las frutas y los vegetales, prolongando así su vida útil. Sin embargo, estos cambios deben controlarse cuidadosamente con objeto de evitar alteraciones fisiológicas en los tejidos vivos, o alteraciones microbianas, como la proliferación de microorganismos anaerobios.

Existen otras formas de modificar las atmósfera en las que se encuentran presente un vegetal, un ejemplo de esto se da en el almacenamiento a vacío relativo, en el cual la concentración de oxígeno en la atmósfera del almacén se reduce la misma proporción la que se halla reducido la presión ambiental (es decir, si la presión se ha reducido por un factor de 10, la concentración de oxígeno se ha reducido por el mismo factor).

Las principales ventajas de este sistema residen en la eliminación continua del etileno y de otras sustancias volátiles que contiene la atmósfera y el control tan preciso que se ejerce sobre la presión del aire ( $\pm 0.1\%$ ). Sin embargo, este método se emplea poco ya que resulta caro.

Un claro ejemplo de atmósferas modificadas se da en el trabajo realizado por (Yabuta, 1988), quien concluye que los nopales tratados con cera de candelilla, (apilados y en costal) presentan mejores propiedades que los que resultan de una inmersión en ácido ascórbico.

Debido a las ventajas que esta técnica de conservación presenta y tomando en cuenta las características fisiológicas que presenta el nopal, esta técnica podría aplicarse en el nopal verdura con fines de exportación en estado fresco, generando una producción constante durante todo el año en diferentes partes del mundo. Estos alimentos pueden conservarse almacenados en cámaras con atmósferas controladas con lo cual se regula la velocidad de respiración, un control adecuado de la temperatura y humedad prolongan enormemente la vida de anaquel (Magallanes, 1990).

## **4.- MATERIALES Y METODOS**

### **Materia Prima**

Para la realización de este estudio se utilizaron nopales de la Delegación de Milpa Alta D.F. México, los cuales fueron cosechados en el mes de Marzo, para ser evaluados durante el periodo que comprende los meses de Marzo a Junio.

### **PROCESO DE ESCALDADO**

Una vez definido el periodo de análisis se procedió a iniciar con el desarrollo experimental, para lo cual los nopales eran picados en cuadros de 1cm por 4cm y colocándolos en una manta de cielo para posteriormente introducirlos en vasos de precipitado de 1l, los cuales contenían 700ml de agua destilada.

#### **4.1 EVALUACION DE CLOROFILA MÉTODO (940.03 AOAC. 1990)**

Para determinar la estabilidad en el color se monitoreo el contenido de clorofila presente en las muestras para lo cual se *homogeneizo 10g de la muestra* realizando extracciones con acetona de cada muestra para posteriormente lavar y determinar la absorbancia de cada una de las mismas, determinando con esto la estabilidad del color.

#### **4.2 CONTROL DE LAS CONDICIONES DE ESCALDADO**

##### **ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE ESCALDADO (NOM-MX1452)**

Para determinar las condiciones de escaldado se tomo como parámetro de control la inactivación de la enzima peroxidasa, dicha técnica consiste en poner en contacto el nopal escaldado a diferentes condiciones con tiras de papel filtro sumergidas en una solución de guayacol- $H_2O_2$ , comprobando la ausencia de color salmón lo cual es indicativo de que la enzima ha sido inactivada.

#### **4.3a DETERMINACIÓN INDIRECTA DE LA TEXTURA**

##### **DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES**

##### **MÉTODO DE FENOL SULFÚRICO (SOUTHGATE, 1970)**

Para determinar la textura en las muestras se cuantifico la cantidad carbohidratos solubilizados que se encuentran tanto en el agua de escaldado, como en el exudado liberado por las muestras, para lo cual se realiza la hidrólisis de los carbohidratos con ácido sulfúrico generando con esto derivados del furfural los cuales reaccionan con el fenol produciendo compuestos coloridos.

#### **4.3b DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS INSOLUBLES EN ALCOHOL(Kramer Amihut, 1973)**

Para corroborar los resultados obtenidos mediante la prueba de carbohidratos solubilizados se evaluaron las muestras mediante la prueba de sólidos insolubles en alcohol.

Mediante esta técnica se determina la integridad del tejido para lo cual las muestras se extraen con Metanol, para posteriormente ser secadas y determinar gravimetricamente la cantidad de tejido no extraído el cual es una relación directa del tejido que no ha sufrido deterioro.

#### **4.4 DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE PEROXIDASA (King, 1980)**

La técnica de seguimiento enzimático consiste en obtener un extracto de la enzima el cual al ponerlo en contacto con agua oxigenada y pirogalol producen un compuesto colorido cuya producción es directamente proporcional a la actividad enzimática presente en las muestras.

#### **4.5 EVALUACION MICROBIOLOGICA (988.18 AOAC1990)**

##### **DETERMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS, MESOFILOS AEROBIOS, MESOFILOS ANAEROBIOS**

Para cuantificar el desarrollo de los diferentes tipos de microorganismos se utilizo la técnica de cuenta en placa, teniendo como mayor dilucion  $10^{-3}$ , los diferentes medios de cultivo utilizados fueron Agar Papa Dextrosa para Hongos y Levaduras, mientras que en el caso de Mesofilos Aerobios se utilizo Agar cuenta en Placa y por ultimo para Mesofilos Anaerobios Agar Schaedule

## 5.- EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

Para llevar a cabo la presente investigación la estrategia de trabajo se desarrolló en 2 etapas, la primera etapa se describe a continuación:

1ª Etapa:

1. Montar las metodologías experimentales.
2. Definir las condiciones de escaldado (Relación tiempo/Temperatura)
3. Definir la sal o mezcla de sales a utilizar.
4. Definir las condiciones de almacenamiento.

En la etapa número dos las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

2ª Etapa:

1. Escaldado.
2. Monitoreo.

### 5.1 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ESCALDADO

Como primer punto en esta investigación fue necesario definir las condiciones de escaldado para lo cual se determinó a diferentes temperaturas el tiempo de inactivación de la enzima peroxidasa bajo la técnica descrita en el método (3.2), también se realizó la determinación de la textura midiendo Carbohidratos Solubilizados en el agua de escaldado e Índice de Integridad del tejido para evaluar que condición generaba menor daño en el nopal (método 3.3a y 3.3b), al igual que se cuantificó la cantidad de clorofila bajo el método (3.1) determinando de esta forma la estabilidad del color.

En la tabla 5.1 se resumen los resultados obtenidos.

**TABLA 5.1 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ESCALDADO**

DESCRIPCION		TEXTURA		COLOR
Temperatura °C	Tiempo de inactivación de la peroxidasa (min.)	Carbohidratos Solubilizados mg glu/100g nopal BH.	Integridad de tejido (gtejido/100g nopales) BS.	Clorofila solubilizada (mg/100 g muestra) BH.
80	21	790	24.3	1.53
85	10	560	29.3	1.44
90	5	440	34.91	0.96

Como era de esperarse se observó que a mayor temperatura fue necesario menor tiempo de escaldado y a su vez se produjo menor deterioro sobre el vegetal como se reporta en la bibliografía (Fellows, 1994).



Para verificar los resultados anteriores fue necesario definir ciertos puntos de referencia y establecerlos como controles, para lo cual se midió el efecto del tiempo de escaldado sobre la textura del nopal estableciendo varios controles como son:

- a) Control fresco con el cual se determino el daño causado por el corte del nopal y el tiempo de mantenimiento en agua sin calentamiento.
- b) Control escaldado con el cual se mide el deterioro generado por el escaldado.
- c) Control de degradación con el cual se determino el tiempo necesario para degradar completamente el nopal mediante la determinación de los carbohidratos solubilizados en el agua de escaldado, tabla 5.2.

De los resultados obtenidos mediante el método 3.3a se puede observar que el deterioro producido por el corte es mínimo ya que solo se pierde un 2.9% de textura, mediada como carbohidratos solubilizados, mientras que el proceso de escaldado produce un deterioro del 46.2% en la textura mediada como carbohidratos solubilizados. Se estableció un tiempo de 45min de escaldado para generar el completo deterioro de la textura del nopal. Definiendo perdida de la textura como la cantidad de carbohidratos solubilizados en el agua de escaldado, referidos en porciento a los carbohidratos solubilizados que se encuentran presentes una ves que del nopal se ha deteriorado completamente.

## 5.2 SELECCIÓN DE LA SAL O MEZCLA DE SALES QUE ESTABILIZAN TEXTURA.

De la búsqueda bibliográfica se determinaron las sales que serian evaluadas en este trabajo experimental para lo cual las sales seleccionadas se manejan en dos grupos, sales estabilizadoras del color y sales estabilizadoras de la textura las cuales se mencionan a continuación

Sales Estabilizadoras del Color	Sales Estabilizadoras de la Textura
Sal de Zn1	Sal de Mn1
Sal de Zn2	Sal de Mn2
Sal de Zn3	Sal de Alumina
Sal de Mg1	
Sal de Mg2	

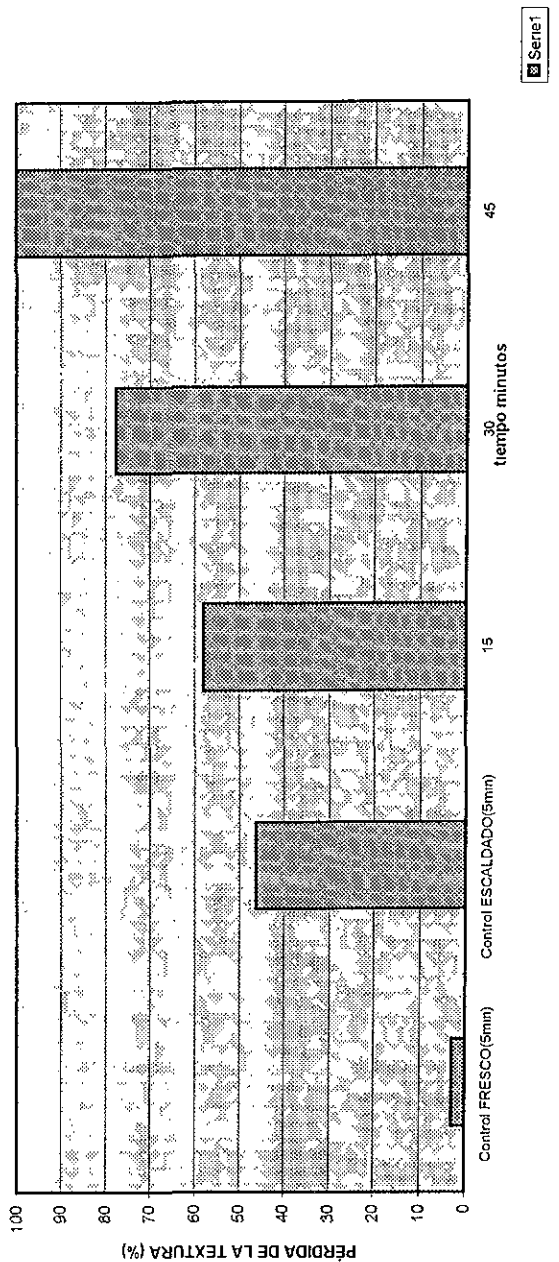
1. El siguiente paso fue la selección de la sal o mezcla de sales que permitieran generar la mayor estabilidad en la textura. Para lo cual se determinaron carbohidratos solubilizados e integridad de tejido, siguiendo los métodos 3.3a y 3.3b, mientras que el color del nopal escaldado se midió cualitativamente durante la determinación de la textura.

# EFFECTO DEL TIEMPO DE ESCALDADO (90°C) SOBRE LA TEXTURA DEL NOPAL

TABLA 5 2

TIEMPO DE ESCALDADO (min)	PERDIDA DE TEXTURA %	CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg glucosa 100g muestra H
Control FRESCO(5min)	2.9	27.5
Control ESCALDADO(5min)	46.2	438
15	57.9	549
30	77.6	736
45	100	984

EFFECTO DEL TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE LA TEXTURA DEL NOPAL



Se diseñaron los siguientes experimentos como parámetro de control:

1. Escaldado con cada una de las sales estabilizadoras de textura y color para determinar su efecto en el nopal.
2. Mezcla de cada una de las sales estabilizadoras de color con cada una de las sales estabilizadoras de textura.
3. Determinación de las sales que generan mayor estabilidad en la textura y color y su concentración óptima

Como se muestra en la tabla 5.3a se encontró que las sales que generaron mayor textura fueron: sal de alumina, sal de Mg1 y sal de Zn3 con un 79.3%, 80.1% y 78.9% respectivamente, no encontrando diferencia significativa entre estas sales. De estos resultados se genera que las sales que aportan la textura son sales que estabilizan el color excepto el sal de alumina.

Por otro lado las sales de Mn presentaron muy poco incremento en la textura definiendo como incremento en la textura una menor cantidad de carbohidratos solubilizados en el agua de escaldado en comparación con el control (menor al 5%) en comparación con sal de alumina, lo cual puede deberse a que los radios iónicos de esta sal dan una orientación espacial (distancia y ángulo de enlace) similares a la molécula del calcio, por lo cual forma pectatos más estables que el mismo ion calcio.

Una explicación al efecto encontrado para sal de Mg1 puede deberse a que la pectina es más estable a la hidrólisis a pH ligeramente alcalino generado por esta sal.

En cuanto a la apreciación cualitativa del color se encontró que sal de Zn2 generaba una coloración parecida a la buscada en este estudio, (color generado al escaldar nopales en cazo de cobre), mientras que la sal de Mg1 aporta una considerable estabilidad en la clorofila generando con esto un color bastante aceptable.

También se observa la misma relación al tomar en cuenta la técnica de sólidos insolubles en alcohol, lo cual confirma los resultados obtenidos.

Al evaluar las diferentes mezclas de sales, tablas 5.4 y 5.5. Se encontró que las combinaciones con la sal de Mn1, aquella que logró la mayor estabilización en la textura, fue la mezcla de sales Mn1+Mg1 (76.7%). De lo cual se genera que el  $Mn^{2+}$  forma pectatos más estables, posiblemente estos pectatos son más estables al medio ligeramente alcalino causado por la sal de Mg1, con lo cual se provoca un efecto sinérgico ya que el incremento en la textura generado por el ion  $Mn^{2+}$  es menor al 5% como se describió anteriormente.

En el otro extremo la mezcla de sales Mn1+Zn1 presenta un deterioro en lugar de un incremento en la textura lo cual puede deberse a que el ion  $Mn^{2+}$  pueda desplazar al ion  $Ca^{2+}$  que se encuentran formando los pectatos generando mayor deterioro en la textura

De las mezclas con la sal de Mn2 la que presentó mayor estabilidad en la textura, fue Mn2+Mg1 con un incremento del 83.3%. Se cree que forma pectatos más estables que la sal de Mn1, debido a una mayor disposición por parte del ion  $Mn^{2+}$ .

EFFECTO DE DIFERENTES SALES (10ppm) SOBRE LA TEXTURA DE NOPAL ESCALDADO

TABLA 5 3a

SALES	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA %	CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS IIIa. Glucosa 100g nopal H
Aportadores de color		
CONTROL	0	438±5
Sal de Zn1	43.4	249±1
Sal de Zn2	72.1	123±1
Sal de Zn3	78.9	93±4
Sal de Mg1	80.1	88±1
Sal de Mg2	43.9	246±10
Aportadores de textura		
Sal de Mn1	3.5	424±3
Sal de Mn2	0.4	437±4
Sal de Alúmina	79.3	91±1

INCREMENTO DE TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)

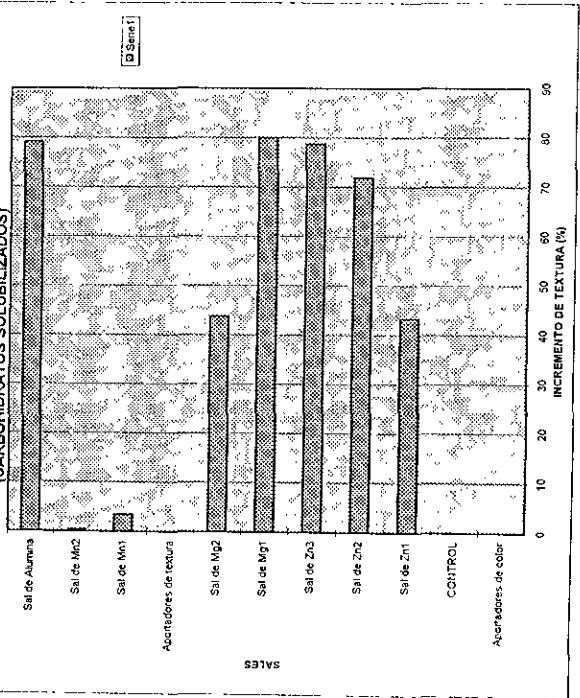
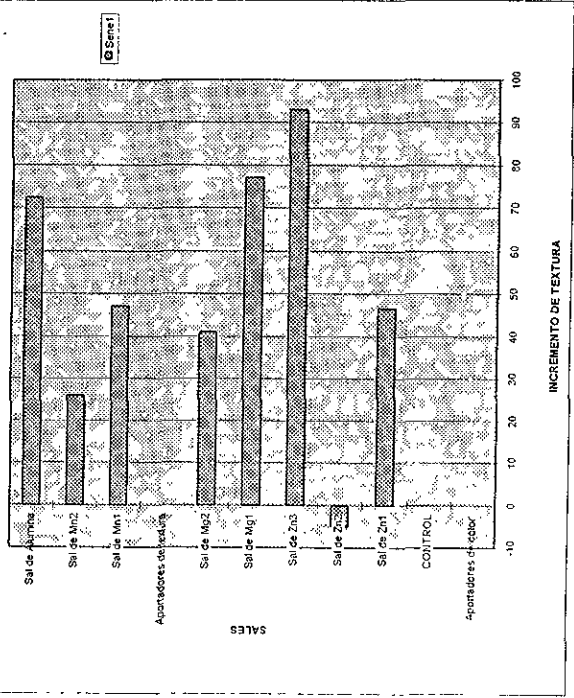


TABLA 5 3b

SALES	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA %	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO 9.0g tejido 100g nopal BS.	
Aportadores de color			
CONTROL	0	34.91	*
Sal de Zn1	46.7	52.21	**
Sal de Zn2	-5	33.18	***
Sal de Zn3	93.2	67.44	*
Sal de Mg1	77.2	61.87	**
Sal de Mg2	41.2	42.29	*
Aportadores de textura			
Sal de Mn1	47.1	51.34	*
Sal de Mn2	26.2	44.07	*
Sal de Alúmina	72.5	60.23	**

INCREMENTO DE TEXTURA EN EL NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO)



EFFECTO DE DIFENTES MEZCLAS DE SALES (10ppm) SOBRE LA TEXTURA DENOPAL ESCALDADO

TABLA 5 4

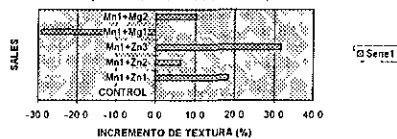
SALES	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA	CABOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg Glucosa 100g nopal H
	%	
CONTROL	0.0	439 ±6
Mn1+Zn1	-10.5	484 ±9
Mn1+Zn2	42.0	254 ±7
Mn1+Zn3	57.1	188 ±3
Mn1+Mg1	76.7	102 ±10
Mn1+Mg2	11.9	386 ±3

SALES	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g de tejido 100g nopal BS	
	%		
CONTROL	0.0	34.91	*
Mn1+Zn1	18.6	41.41	**
Mn1+Zn2	6.6	37.2	**
Mn1+Zn3	32.0	46.09	**
Mn1+Mg1	-29.2	24.72	**
Mn1+Mg2	10.4	38.54	**

INCREMENTO DE TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)



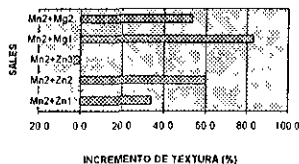
INCREMENTO DE TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (INDICE DE INTEGRIDAD DE TEJIDO)



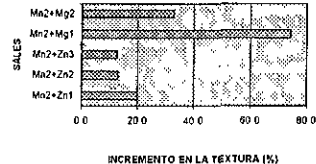
SALES	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA	CABOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg Glucosa 100g nopal H
	%	
Mn2+Zn1	34.5	287 ±6
Mn2+Zn2	60.3	174 ±5
Mn2+Zn3	-9.1	478 ±13
Mn2+Mg1	83.3	73 ±3
Mn2+Mg2	53.7	203 ±3

SALES	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g de tejido 100g nopal BS	
	%		
Mn2+Zn1	20.2	41.97	***
Mn2+Zn2	13.3	39.56	**
Mn2+Zn3	12.9	39.4	**
Mn2+Mg1	74.6	60.56	**
Mn2+Mg2	33.1	46.46	**

INCREMENTO DE TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)



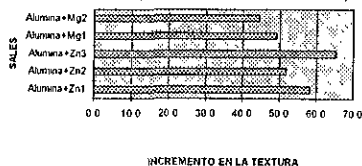
INCREMENTO EN LA TEXTURA DE NOPAL ESCALDADO CON MEZCLAS DE SALES (INDICE DE INTEGRIDAD DE TEJIDO)



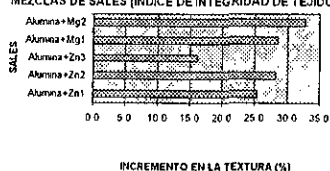
SALES	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA	CABOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg Glucosa 100g nopal H
	%	
Alumina+Zn1	58.4	182 ±5
Alumina+Zn2	52.1	210 ±4
Alumina+Zn3	65.5	151 ±3
Alumina+Mg1	49.3	222 ±2
Alumina+Mg2	44.7	242 ±3

SALES	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g de tejido 100g nopal BS	
	%		
Alumina+Zn1	25.5	43.82	*
Alumina+Zn2	28.3	44.78	**
Alumina+Zn3	16.2	40.58	*
Alumina+Mg1	28.6	44.89	**
Alumina+Mg2	32.8	46.35	**

INCREMENTO EN LA TEXTURA DE NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)



INCREMENTO DE LA TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON MEZCLAS DE SALES (INDICE DE INTEGRIDAD DE TEJIDO)



EFFECTO DE DIFERENTES SALES (10ppm) SOBRE LA TEXTURA DE NOPAL ESCALDADO

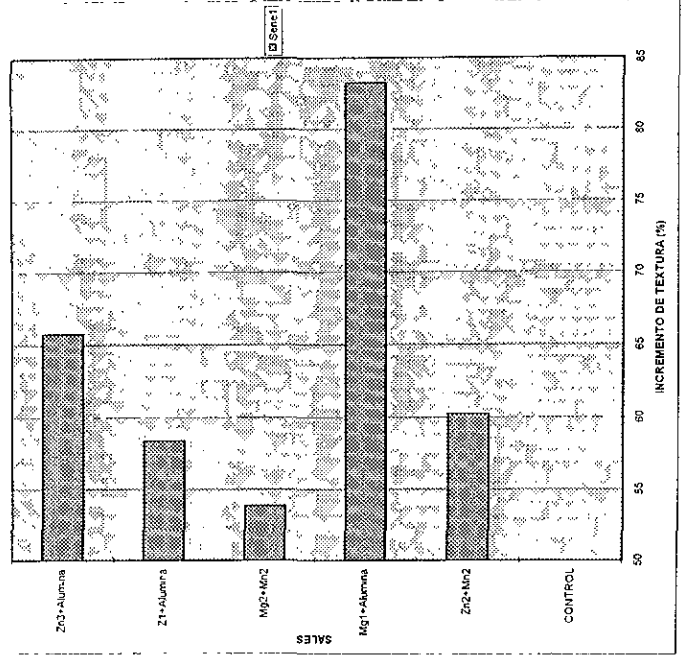
TABLA 5 53

SALES	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA %	CARBHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg Glucosa 100g nopal H
CONTROL	0	438±5
Zn2+Mn2	60.3	174±5
Mg1+Alumina	53.3	73±3
Mg2+Mn2	53.9	202±4
Z1+Alumina	56.4	182±5
Zn3+Alumina	65.8	150±3

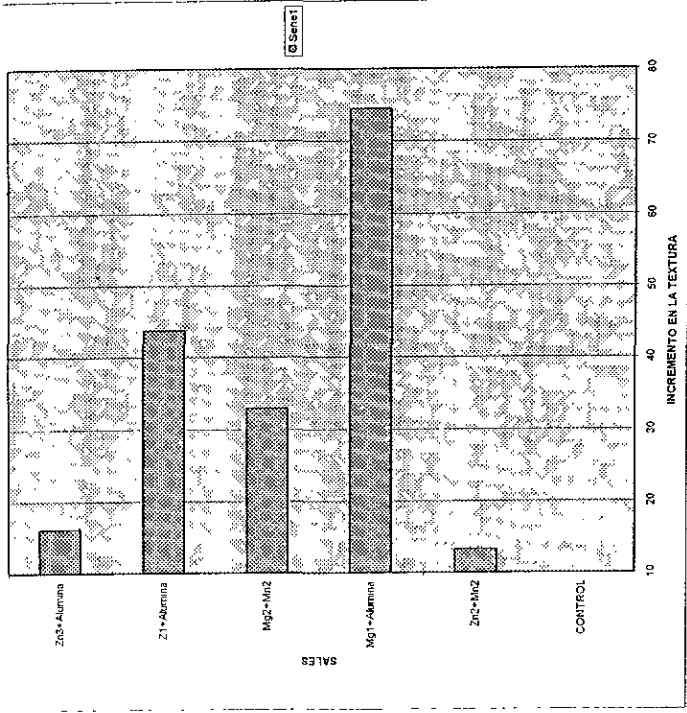
TABLA 5 55

SALES	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA %	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g.de tejido / 100g nopal BS	
CONTROL	0	34.91	*
Zn2+Mn2	13.4	39.59	****
Mg1+Alumina	74.6	50.96	***
Mg2+Mn2	33.1	46.46	**
Z1+Alumina	43.82	43.82	**
Zn3+Alumina	16.2	40.58	**

INCREMENTO DE TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)



INCREMENTO EN LA TEXTURA EN NOPAL ESCALDADO CON DIVERSAS SALES (INDICE DE INTEGRIDAD DE TEJIDO)



Un hecho que sobresale es la degradación de la textura generada por la mezcla de sales  $Mn^{2+}Zn^{3}$  la cual presenta una desestabilización en la textura del -9.1%, para explicar dicho efecto se plantea que existe en primer instancia, la formación de pectatos  $Zn^{2+}$  los cuales son desplazados por el ion  $Mn^{2+}$  en un efecto competitivo, generando un deterioro en la pectina.

Con respecto a las mezclas con sal de Alumina la mezcla que aporta la mayor estabilidad a la textura es la formada por la sal de Alumina+la sal de  $Zn^{3}$  (65.5%), siendo esta estabilidad menor a la generada por las mezclas de sales  $Mn^{1}+Mg^{1}$  (76.7%) y  $Mn^{2}+Mg^{1}$  (83.3%). pero también se observa que la diferencia en este bloque es mínima.

Hasta este punto es claro que la sal de Alumina "*perse*" genera la mayor estabilidad en la textura de las tres sales probadas ( $Mn^{1}$ ,  $Mn^{2}$  y Alumina), pero al realizar las mezclas se observa que esta no tiene el mismo efecto, es decir presenta un efecto antagonista, mientras que para ciertas mezclas con  $Mn^{2}$  hay un efecto sinergista.

En cuanto a la apreciación cualitativa del color, la mezcla de sales  $Zn^{1}+Mn^{2}$ , genera el color deseado, presentándose la pérdida del color a los pocos minutos. De los datos obtenidos, la mezcla de sales que generan el mayor incremento en la textura, obteniendo el color deseado es  $Mn^{2}+Mg^{1}+Zn^{1}$

Una vez determinada la mezcla de sales que generan la mayor estabilidad en la textura:

Se vario la concentración de la sal  $Mg^{1}$  manteniendo constante la sal de  $Zn^{1}$  primero a 10 ppm y después a 5 ppm en una solución de  $Mn^{2}$  también a concentración constante (10ppm)

Al analizar la tabla 5.6 es claro que al disminuir la concentración de sal de  $Mg^{1}$  disminuye la estabilidad en la textura, lo cual significa que a pH's alcalinos los pectatos formados son más estables; o que al pH generado se encuentre más disponible el ion  $Mn^{2+}$ , indicando que el  $Mg^{1}$  esta actuando como estabilizador de textura.

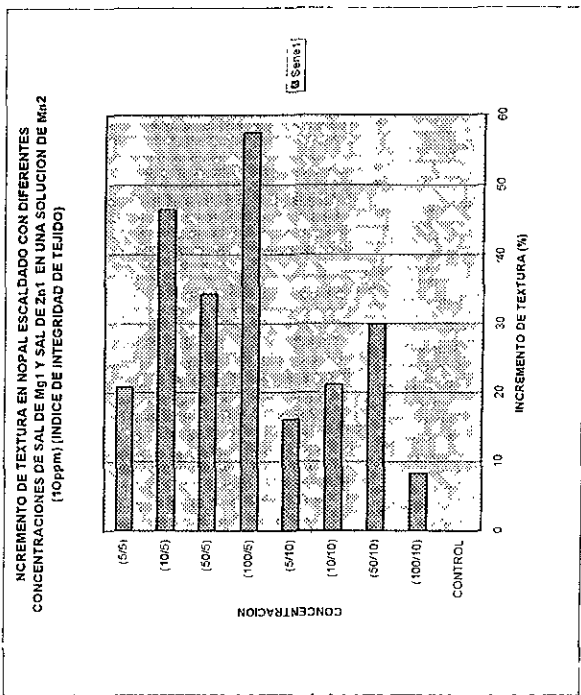
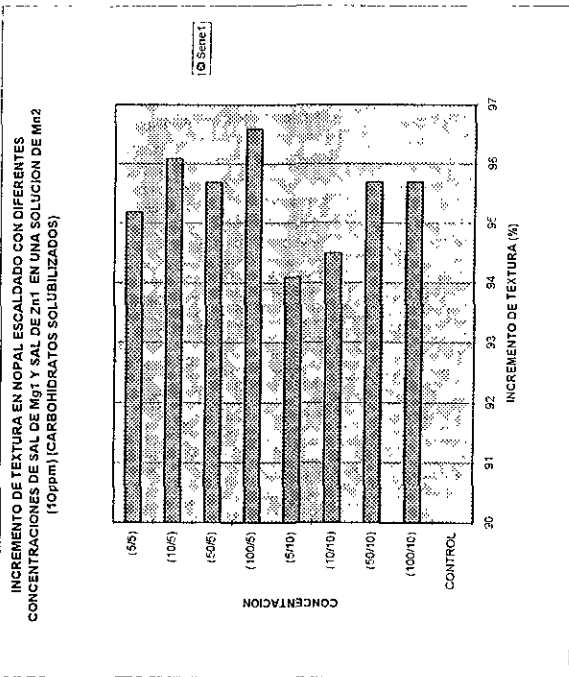
Otro resultado que se encontró es la existencia de una relación inversa entre la concentración de la sal  $Zn^{1}$  y el incremento en la textura, como se explico anteriormente puede ser que los iones  $Zn^{2+}$  compiten con los iones  $Mn^{2+}$  que se encuentran formando los pectatos, ya que al producirse este fenómeno existe un mayor deterioro o daño al tejido, lo cual se traduce en un menor incremento en la textura. Otro hallazgo importante es que al disminuir la concentración de la sal de  $Zn^{1}$  de 100 ppm a 5ppm el incremento de textura es mayor y que conforme la concentración de  $Mg^{1}$  decrece el incremento en la textura también decrece. En cuanto a la apreciación cualitativa del color se encontró que la sal de  $Zn^{1}$  genero el color deseado con un mayor deterioro en la textura.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE SAL DE Mg1 Y SAL DE Zn1 EN UNA SOLUCION DE SAL DE Mn2 (10ppm) SOBRE LA TEXTURA DE NOPAL ESCALDADO

TABLA 5.6

CONCENTRACION (ppm) SALES Mg1Zn1	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA	CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS 100g nopal H
CONTROL	0	438±5
(100/10)	55.7	19±9
(50/10)	55.7	19±10
(10/10)	34.5	24±3
(5/10)	34.1	26±3
(100/5)	35.6	15±3
(50/5)	35.7	19±3
(10/5)	35.1	17±3
(5/5)	35.2	21±1

CONCENTRACION (ppm) SALES Mg1Zn1	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g de tejido 100g nopal BS.	
CONTROL	0	34.91	*
(100/10)	8.4	37.84	***
(50/10)	30	45.39	**
(10/10)	21.3	42.34	**
(5/10)	16.2	40.57	*
(100/5)	57.5	55	**
(50/5)	34.4	46.91	*
(10/5)	46.5	51.15	*
(5/5)	20.9	42.22	*





### 5.3 SELECCIÓN DE LA SAL O MEZCLA DE SALES QUE ESTABILIZAN COLOR

Una vez determinada la mezcla de sales que estabilizan la textura, se procedió a definir que sal formaría parte de la mezcla generando estabilidad en el color, para lo cual se determinó el contenido de clorofila mediante el método 3.1

En lo relativo al color se había observado que la mezcla de sales  $Mg^{1+}Mn^{2+}Zn^{1+}$  (100/10/10 ppm) generaban el color deseado pero con el tiempo este color se perdía y que al cambiar la concentración de cualquiera de las especies en la mezcla el color no se estabilizaba.

Al evaluar el efecto de las sales sobre la estabilidad del color (tabla 5.7), se observa que la sal de  $Zn^{2+}$  genera la mayor estabilidad en la clorofila (104.6%), sin embargo este con el tiempo cambia a azul lo cual puede ser explicado como una oxidación del complejo porfirínico verde formado inicialmente, a un complejo de color azul.

Otra sal que genera una estabilidad en la clorofila es la sal  $Zn^{1+}$  (70.6%), la cual genera un color similar al tomado como referencia. Dicho color se pierde al enfriarse los nopales. Una posible explicación de este efecto se sustenta en que la concentración de esta sal no es la suficiente para estabilizar el complejo generado, por lo cual se decidió incrementar dicha concentración para lograr mantener el color por más tiempo.

Por otro lado al utilizar la sal de  $Mg^{1+}$  como estabilizante del color no se encontró el efecto esperado, ya que genera una intensidad en el color del 3%, encontrando su principal aportación al incrementar la textura.

Además se encontró que el complejo formado con la sal de  $Mg^{2+}$  desestabiliza la molécula porfirínica generando con esto una pérdida en la cantidad de clorofila, lo cual se deduce del valor -5.7% intensidad del color obtenido para esta sal.

Definiendo incremento en la intensidad del color como un aumento en la concentración relativa de la clorofila presente en las muestras, la cual puede ser generada por un incremento en la absorbancia a la  $\lambda$  que absorbe la clorofila  $a$ , generando con esto una mayor concentración de clorofila.

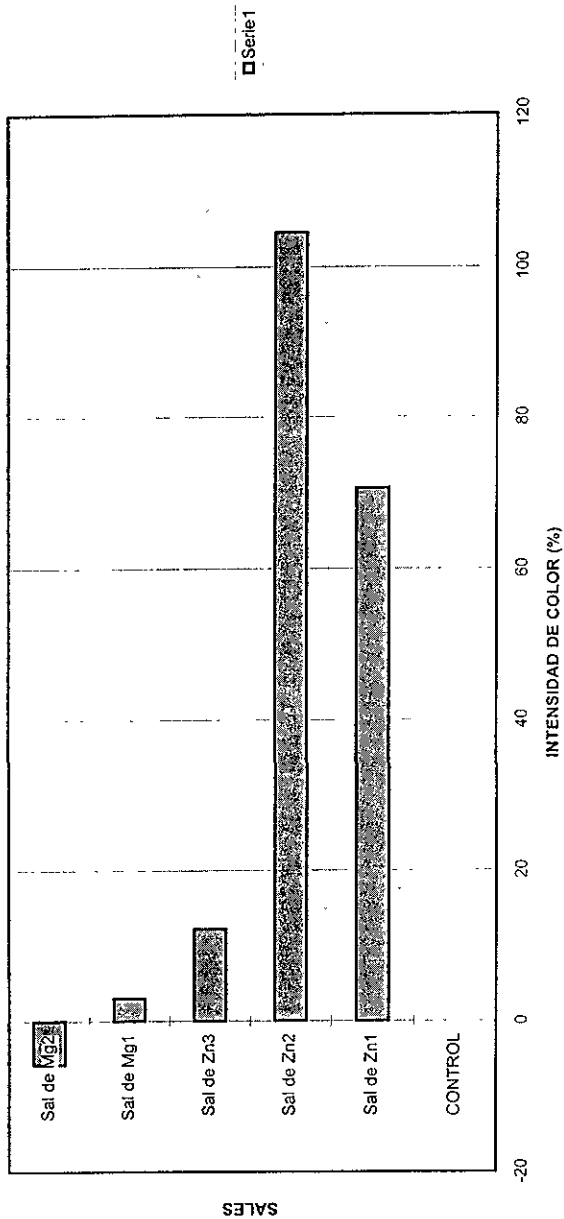
De la tabla 5.8 se puede observar que la mezcla de sales  $Zn^{2+}Mn^{2+}$  presenta mayor contenido de clorofila (96.5%), pero esta mezcla presenta el inconveniente de generar nopales con color azul, lo cual es indicativo de una oxidación, por parte de la sal de  $Zn^{2+}$ . También se encontró que la mezcla de sales  $Zn^{1+}Mn^{2+}$  generaban un incremento en el color del (67.7%) y recordando que esta mezcla es la que genera el color deseado se selecciona esta mezcla como la estabilizante del color.

# EFFECTO DE MEZCLAS DE SALES (10ppm) SOBRE EL COLOR DEL NOPAL ESCALDADO

TABLA 5.7

SALES	INTENSIDAD DE COLOR %	DE CLOROFILA mg 100g muestra H
CONTROL	0	85.2±0.0
Sal de Zn1	70.6	145.31±0.12
Sal de Zn2	104.6	174.36±0.09
Sal de Zn3	12.2	95.63±0.03
Sal de Mg1	3	87.74±0.07
Sal de Mg2	-5.7	80.36±.25

COLOR DEL NOPAL ESCALDADO CON DIFERENTES SALES

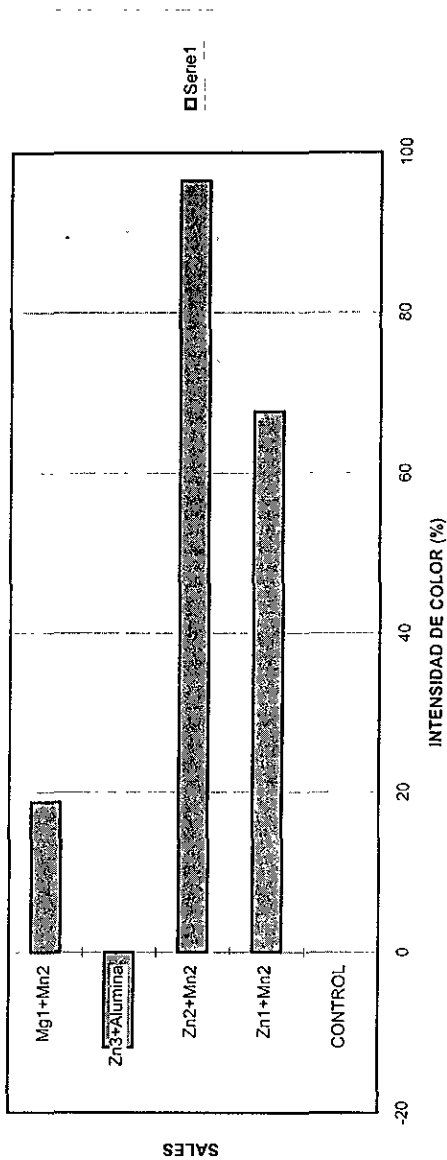


# EFFECTO DE MEZCLAS DE SALES (10ppm) SOBRE EL COLOR DEL NOPAL ESCALDADO

TABLA 5.8

SALES	INTENSIDAD DE COLOR %	CONTENIDO DE CLOROFILA mg 100g muestra H
CONTROL	0	85.2±0.0
Zn1+Mn2	67.7	142.85±0.025
Zn2+Mn2	96.5	167.38±0.079
Zn3+Alumina	-11.8	75.16±0.48
Mg1+Mn2	18.8	101.26±0.036

COLOR DEL NOPAL ESCALDADO CON DIFERENTES SALES



Por otro lado la mezcla formada por  $Mn^{2+} + Mg^{2+}$ , que se esperaba generaría mejores atributos de coloración, presento solo 18.8% en intensidad del color observando un efecto antagonista por parte del  $Mn^{2+}$  al estabilizar la clorofila con la sal de  $Mg^{2+}$ .

También se encontró que la mezcla formada por las sales de  $Zn^{2+} + Al$  presenta mayor deterioro en la clorofila incluso que el control mismo, lo cual puede deberse a que se presenta una reacción  $S_N2$  sobre el grupo porfirino de la molécula de clorofila desestabilizandola completamente.

En la tabla 5.9 se describen detalladamente las características, de intensidad del color, tono e integridad de tejido que presentan los nopales al ser escaldados con las diferentes mezclas de sales. Se encontró que la mayor intensidad del color y el menor deterioro en tejido es generado por la mezcla de sales  $Zn^{2+} + Mn^{2+}$  con un 96.5% y 13.4% respectivamente, (cabe recordar que el tono de esta sal no es el buscado por lo cual esta mezcla se descarta). Seguida de esta sal se encuentra la mezcla de sales  $Zn^{2+} + Mn^{2+}$  la cual presenta una intensidad en el color del 67.7% y una integridad del tejido del 20.2% siendo mayor que la textura generada por la mezcla anterior. Otro punto importante es que el tono generado por esta mezcla es el mismo que se genera con la referencia.

Por otro lado la mezcla de  $Mg^{2+} + Mn^{2+}$  de la cual se esperaba que generara mayor intensidad en el color, debido al incremento en el pH estabilizando la clorofila, solo produce 18.8%, mientras que la integridad en el tejido es mayor a las anteriores (74.6%) presentando un tono verde.

Un caso extremo es la mezcla formada por las sales  $Zn^{2+} + Al$  la cual presenta una desestabilización de la molécula de clorofila siendo este fenómeno explicado anteriormente.

Como se observa en la tabla 5.10 al incrementar la concentración de  $Mg^{2+}$  de 10 a 100 ppm se observa un incremento en la intensidad del color (de 17.0 a 34.7%) obteniendo un efecto sinergista. Propiciando una estabilización, la cual esta directamente relacionada al pH ligeramente alcalino del medio, una vez que se ha formado el complejo porfirinico- $Mn^{2+}$ .

De la tabla 5.11 se puede observar que el incremento en la concentración de la sal  $Zn^{2+}$  de 10 a 100 ppm genera una pérdida en la textura de 55.7% a 10.3% respectivamente lo cual puede deberse al efecto de competencia del  $Cu^{2+}$  con el ion  $Zn^{2+}$  por la pectina. Otra explicación es que al remplazar el ion  $Mg^{2+}$  de la molécula de clorofila por el  $Zn^{2+}$  hay mayor deterioro en los tejidos debido a que la permeabilidad de la membrana celular se ve modificada traduciéndose esto en un aumento de los carbohidratos solubilizados.

Considerando lo anterior y extrapolándolo a las mezclas de sales con Alúmina y  $Mn^{2+}$  es de esperarse un incremento en la textura menor al 10%, si se aumenta la concentración de la sal  $Zn^{2+}$  de 10 a 100ppm.

EFFECTO DE MEZCLAS DE SALES (10ppm) SOBRE EL COLOR Y LA TEXTURA DEL NOPAL  
 ESCALDADO

TABLA 5.9

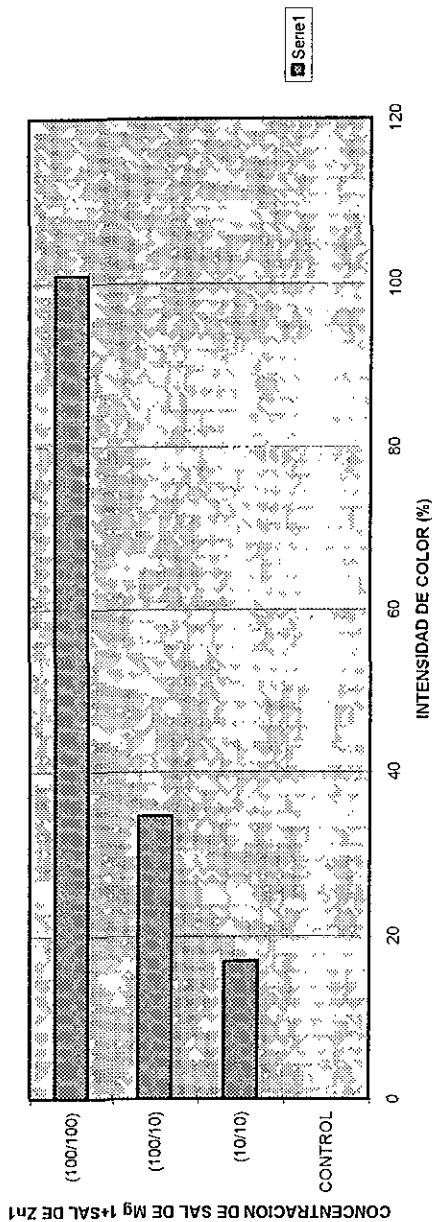
SALES	COLOR		INTEGRIDAD DE TEJIDO %
	INTENSIDAD %	TONO	
CONTROL	0	VERDE(OPACO)	0
Zn1+Mn2	67.7	VERDE(BRILLANTE)	20.2
Zn2+Mn2	96.5	VERDE(AZUL)	13.4
Zn3+Alumina	-11.8	VERDE(CAFE)	16.2
Mg1+Mn2	18.8	VERDE	74.6

EFFECTO DE DIFERENTES SALES SOBRE EL INCREMENTO DE COLOR EN NOPAL ESCALDADO EN UNA SOLUCIÓN DE SAL DE  $Mn^{2+}$  (10 ppm)

TABLA 5.10

CONCENTRACION SALES (ppm) Mg1/Zn1	CONTENIDO DE CLOROFILA mg 100g muestra H	INTENSIDAD DE COLOR %
CONTROL	85.2±0.039	0
(10/10)	99.68±0.054	17
(100/10)	114.8±0.039	34.7
(100/100)	171.3±0.061	101.1

EFFECTO SOBRE EL COLOR DEL NOPAL ESCALDADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SAL DE Mg1 y Zn1



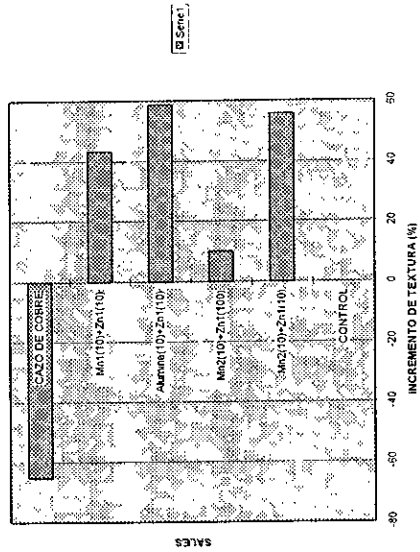
EFFECTO DE SALES SELECCIONADAS SOBRE LA TEXTURA DEL NOPAL ESCALDADO EN UNA SOLUCIÓN DE SAL DE Mg1 (100 ppm)

TABLA 5.11

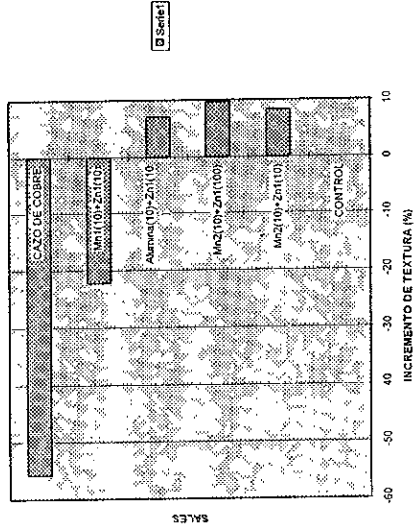
CONCENTRACION SALES (ppm)	SOLUBILIZACION DE CARBOHIDRATOS	
	INCREMENTO DE TEXTURA	CARBODRATOS SOLUBILIZADOS
	%	100g nopal H
CONTROL	0	43845
Mn2(10)+Zn1(10)	55.7	19449
Mn2(10)+Zn1(10)	16.3	34343
Alumina(10)+Zn1(10)	58.9	1882
Mn1(10)+Zn1(10)	43.4	24852
CAZO DE COBRE	-65.3	72436

CONCENTRACION SALES (ppm)	INTEGRIDAD DEL TEJIDO		APRECIACION DE CUALITATIVA DE COLOR
	INCREMENTO DE TEXTURA	INDICE DE INTEGRIDAD DEL TEJIDO g de tejido / 100g nopal BS	
CONTROL	0	34.91	*
Mn2(10)+Zn1(10)	8.4	37.84	****
Mn2(10)+Zn1(10)	9.7	38.31	***
Alumina(10)+Zn1(10)	7.2	37.43	**
Mn1(10)+Zn1(10)	-22.2	27.16	***
CAZO DE COBRE	-55.8	15.41	***

INCREMENTO DE LA TEXTURA DEL NOPAL ESCALDADO CON MEZCLAS DE SALES SELECCIONADAS (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS)



INCREMENTO DE LA TEXTURA DEL NOPAL ESCALDADO CON MEZCLAS DE SALES SELECCIONADAS (INDICE DE INTEGRIDAD DE TEJIDO)



Retomando las mezclas de sales Mg1 (10ppm)+Mn2 (10ppm) y Zn1 (100ppm), se encontró que con 10ppm de la sal de Zn1, el color se perdía con el tiempo, mientras que al aumentar la concentración a 100ppm, el incremento en la textura disminuye, permaneciendo el color constante con el tiempo. Al comparar estos resultados contra un deterioro en la textura (65.3%) generado al escaldar nopales en cazo de cobre:

Se concluye que la mezcla de sales seleccionada es Mg1+Mn2+Zn1 (100/10/100) ppm respectivamente, ya que con esta mezcla se obtiene el color deseado además de lograr aumentar la estabilidad en la textura que no se tiene al escaldar en cazo de cobre.

#### 5.4 DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Una vez definida la mezcla de sales que generan mayor estabilidad en la textura y el color, se procedió a buscar las condiciones de almacenamiento que generen la mayor estabilidad de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, para lo cual fue almacenado nopal en diversas condiciones como se describe a continuación.

CONDICION	NOMENCLATURA	DESCRIPCION	
Refrigeración (4°C)	Control	Escaldado sales	sin Control empacado con aire
	Con Aire	Escaldado sales	con Muestra empacada con aire
	Al Vacío	Escaldado sales	con Muestra empacada al vacío
Congelación (-12 °C)	Con Aire	Escaldado sales	con Muestra empacada con aire
	Al vacío	Escaldado sales	con Muestra empacada al vacío

Para determinar la estabilidad de la clorofila durante el almacenamiento se determinó la cantidad de clorofila presente en cada una de las muestras a los diferentes tiempos de monitoreo método (3.1).



## 5.5 ESTABILIDAD DE LA CLOROFILA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Una vez concretado el estudio se puede observar en la tabla 5.12a que existe un incremento en la cantidad relativa de clorofila durante la primer semana de almacenamiento para las tres muestras almacenadas en refrigeración, se produjo una posterior disminución de clorofila tanto en la muestra control como en la muestra con aire, siguiendo con esta tendencia hasta el final del almacenamiento. También se observa que la excepción a esta tendencia lo presenta la muestra empacada al vacío ya que la cantidad de clorofila presente en esta muestra se mantiene constante a partir de la tercera semana, continuando así hasta el final del monitoreo. Encontrando que la muestra empacada al vacío presentó mejores características de color, generando un producto de calidad en cuanto a este atributo se refiere, la Muestra control y la muestra almacenada con aire, presentan una pérdida total y una casi total del color respectivamente. Cabe recordar que el escaldado disminuye la actividad enzimática casi en su totalidad, pero hay enzimas que pueden reactivarse actuando con mayor actividad sobre su sustrato, lo cual puede haber generado la degradación de la clorofila a feofitina en el control y en la muestra con aire.

Se establece con esto que el almacenamiento aire-refrigeración es una técnica deficiente de almacenamiento, en comparación con el empacado al vacío-refrigeración.

El aumento en la cantidad de clorofila durante la 1ª semana puede deberse a que una vez realizado el cambio en el átomo de  $Mg^{2+}$  presente en la clorofila por el  $Zn^{2+}$ , mediado por un incremento de Temperatura, genera un complejo que se estabiliza con el tiempo y que tiene mayor absorbancia a  $\lambda$  640nm a la cual absorbe la clorofila A, causando una mayor concentración aparente de clorofila presente en las muestras.

Por otro lado en las condiciones de congelación tabla 5.12b se puede observar claramente que existe una mayor estabilidad de la clorofila, no observándose una diferencia significativa entre la Muestra almacenada con aire y la Muestra empacada al vacío.

De la información obtenida se deduce que al aplicar la técnica de vacío combinada con otros métodos de conservación, como son la refrigeración y la congelación se incrementa significativamente la vida de anaquel del nopal. El cual sin tratamiento previo es de 15 días, logrando con esto un avance significativo en el almacenamiento de este tipo de vegetales al llegar a 90 días.

Se puede observar que no existe una ventaja al empacar los nopales en vacío-congelación en comparación con vacío-refrigeración, con lo cual, al aplicar vacío en combinación con la congelación solo se incrementara los costos de almacenamiento haciéndolo poco viable.

**CAMBIOS EN EL COLOR DEL NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1 (100ppm), SAL DE Mn2 (10ppm) y SAL DE Zn1 (100ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

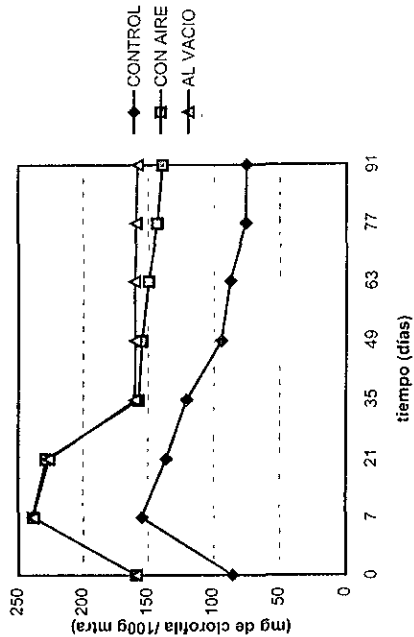
TABLA 5.12a

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	CONTENIDO DE CLOROFILA mg /100 g de MUESTRA H.		
	CONTROL	CON AIRE	AL VACIO
0	85.2	158.7	158.7
7	154.79	238.68	238.68
21	136.02	228.7	226.53
35	120.63	157.07	160.07
49	94.19	154.61	159.85
63	87.64	149.83	160.44
77	75.46	142.65	159.11
91	75.06	138.81	158.17

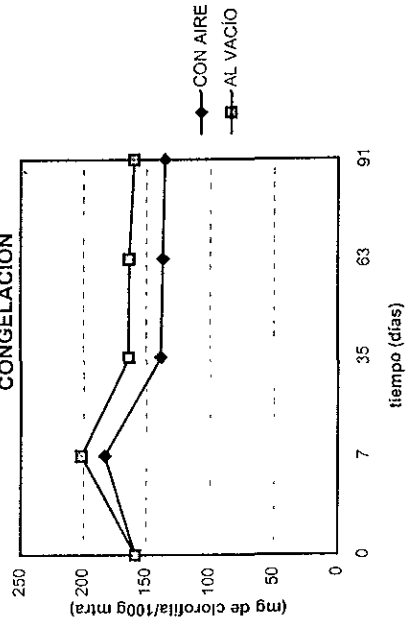
TABLA 5.12b

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	CONTENIDO DE CLOROFILA mg /100 g de MUESTRA H.	
	CON AIRE	AL VACIO
0	158.7	158.7
7	183.31	201.56
35	138.36	164.15
63	137.05	163.89
91	135.64	160.14

DETERIORO DEL COLOR EN NOPAL ESCALDADO EN CONDICIONES DE REFRIGERACION



DETERIORO DEL COLOR EN NOPAL ESCALDADO EN CONDICIONES DE CONGELACION



## 5.6 ESTABILIDAD DE LA TEXTURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

De las tablas 5.13 y 5.14 se observa que en condiciones de refrigeración, la Muestra control pierde textura desde la primer semana de monitoreo, manteniéndose constante por 3 semanas y continuando con un decremento hasta finalizar el estudio. Estas mismas características se dan para la Muestra empacada con aire, observando en este caso, que la pérdida de textura a lo largo de la primer semana es menor, siendo el periodo que permanece constante de 2 semanas.

En contraste la Muestra empacada al vacío, tiene un incremento en la textura lo cual se ve reflejado por una disminución en los carbohidratos solubilizados durante la primer semana del monitoreo, lo cual quiere decir que el nopal adquiere consistencia (dureza), siendo la disminución gradual a lo largo de 4 semanas para permanecer constante hasta finalizar el monitoreo.

Se puede explicar la dureza generada durante la primer semana como una estabilización con el tiempo de los pectatos formados en el nopal.

Cabe recordar que el escaldado disminuye tanto la actividad enzimática como la cuenta microbiana, no eliminándola en su totalidad, siendo esto el principal problema en otros vegetales. Este efecto se observa claramente en la Muestra control y en la Muestra con aire, de aquí que el vacío genere las condiciones que impiden la acción degradativa de las enzimas pecticas sobre la textura del nopal, lo cual se presenta en la muestra con aire y control almacenadas en refrigeración. La reactivación enzimática se lleva a cabo tomando como parámetro de reactivación la presencia de oxígeno, sin dejar de considerar que está también influenciado por la presencia de iones metálicos, notándose en este caso la relación directa del oxígeno y la actividad enzimática en las diferentes muestras. Con base en la información obtenida se deduce que al aplicar vacío durante la conservación del nopal en refrigeración se logra mantener por más tiempo la textura del nopal procesado

Por otro lado en condiciones de congelación hay una disminución de la textura durante la 1er. semana tanto en la Muestra empacada con aire y la Muestra empacada al vacío, para después permanecer constantes durante el resto del monitoreo. De aquí se observa que la congelación ofrece una ventaja mínima de conservación sobre la textura del nopal e incluso que esta diferencia no es significativa. Si se compara con la Muestra almacenada en refrigeración-vacío esta presenta mejores características de textura ya que permite estabilizarla en mayor proporción. Esto puede estar directamente relacionado con el deterioro que sufren los tejidos durante el proceso de congelación lo cual nos permite relacionar los resultados obtenidos con la teoría.

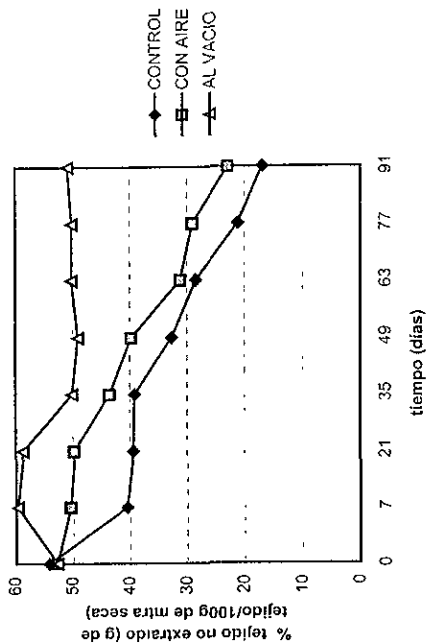
**CAMBIOS EN LA TEXTURA DEL NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1(10ppm), SAL DE Mn2(10ppm) Y SAL DE Zn1 (100ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

TABLA 5.13

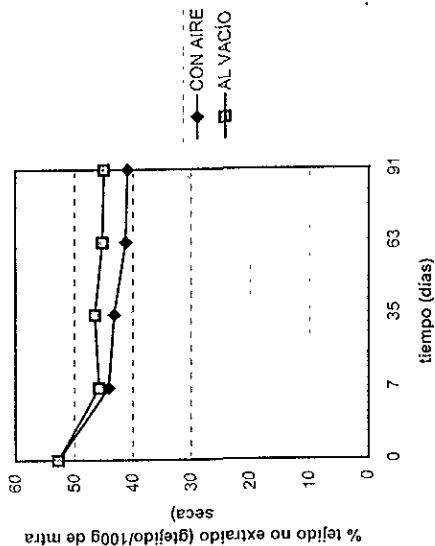
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	INTEGRIDAD DEL TEJIDO g TEJIDO/100 g de NOPALES B.S.		
	Almacenamiento en refrigeración (4°C)		
tiempo(días)	CONTROL	CON AIRE	AL VACIO
0	54.22	52.77	52.77
7	40.5	50.45	59.63
21	39.35	49.73	58.7
35	39.15	43.55	50.15
49	32.64	39.77	49.08
63	28.47	31.15	50.23
77	21.14	29.05	50.19
91	16.87	22.86	50.89

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	INTEGRIDAD DEL TEJIDO g TEJIDO/100 g de NOPALES B.S.	
	Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
tiempo(días)	CON AIRE	AL VACIO
0	52.77	52.77
7	44.07	45.73
35	43.13	46.45
63	41.18	45.18
91	40.89	44.91

**CAMBIOS EN LA TEXTURA (INTEGRIDAD DE TEJIDO) EN CONDICIONES DE REFRIGERACION**



**CAMBIOS EN LA TEXTURA (INTEGRIDAD DE TEJIDO) EN CONDICIONES DE CONGELACION**



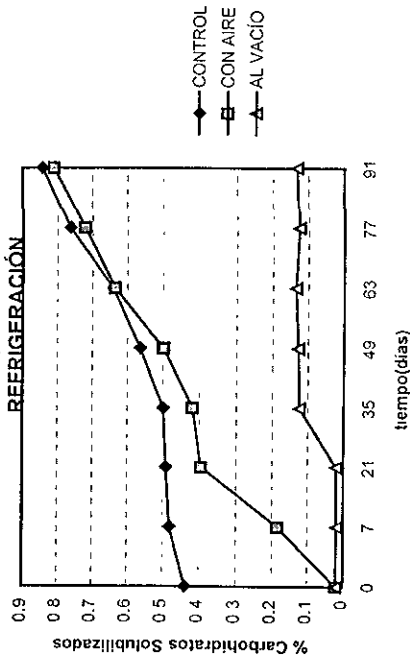
# CAMBIOS EN LA TEXTURA DEL NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1(10ppm), SAL DE Mn2(10ppm) Y SAL DE Zn1 (100ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

TABLA 5.14

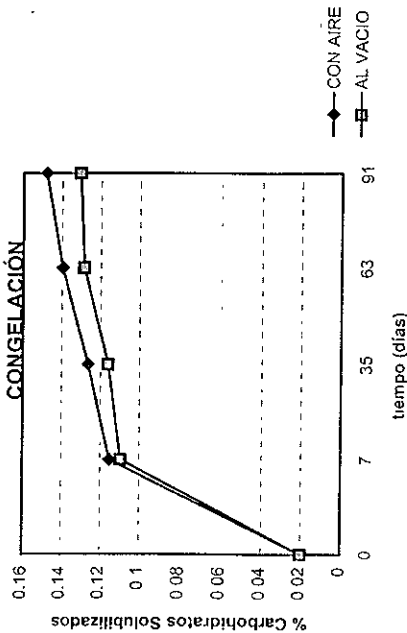
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg GLUCOSA/100 g de MUESTRA H. Almacenamiento en refrigeración (4°C)		
	CONTROL	CON AIRE	AL VACIO
0	0.438	0.02	0.02
7	0.481	0.1849	0.019
21	0.491	0.396	0.021
35	0.499	0.419	0.124
49	0.563	0.498	0.128
63	0.641	0.635	0.135
77	0.763	0.7214	0.126
91	0.8431	0.81	0.132

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS mg GLUCOSA/100 g de MUESTRA H. Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
	CON AIRE	AL VACIO
0	0.02	0.02
7	0.1153	0.1094
35	0.1264	0.1161
63	0.1396	0.1284
91	0.1481	0.1305

CAMBIOS EN LA TEXTURA (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS) EN CONDICIONES DE REERIGERACIÓN



CAMBIOS EN LA TEXTURA (CARBOHIDRATOS SOLUBILIZADOS) EN CONDICIONES DE CONGELACIÓN



## 5.7 SEGUIMIENTO ENZIMATICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Al analizar las condiciones de refrigeración (tabla 5.15a) se nota una disminución en la actividad enzimática durante la 1ª semana de almacenamiento (muestra con aire), una vez transcurrida esta, tanto la muestras control como la muestra con aire sufren un constante incremento de la actividad enzimática hasta el final del monitoreo. En contraste, la muestra almacenada al vacío sufre un mínimo incremento durante el transcurso del monitoreo, el cual se considera constante. Esto lleva a considerar la opción de que en esta condición no se permite la reactivación enzimática dando como resultado que esta muestra presente los mejores atributos de textura y color, traduciéndose en mejores condiciones de calidad para ser consumido en fresco.

Debido a que las muestras al contener una cantidad apreciable de  $O_2$  permiten que el metabolismo del vegetal se siga llevando a cabo y si se toma en cuenta el daño mínimo en el tejido que se genera por el escaldado, puede dar como resultado la liberación de las enzimas que en presencia de iones metálicos pueden reactivarse generando una constante degradación de la textura y el color, como se observa en las tablas 5.12 a 5.14.

En las condiciones de congelación tabla 5.15b se observa una disminución en la actividad enzimática en ambas muestras, presentándose esta disminución durante la primer semana para la muestra al vacío, mientras que para la muestra con aire la disminución se da en un periodo de cuatro semanas, a partir de la primera. Posteriormente se observa un incremento mínimo en la actividad enzimática de dichas muestras, lo cual puede estar ligado con una reactivación paulatina de dicha actividad.

La disminución presente puede ser generada a una disminución en el  $A_w$ , obteniendo con esto atributos (color, textura, etc.) en condiciones similares a las iniciales.

## 5.8 ANALISIS MICROBIOLOGICO

### 5.8.1 DETERMINACION DE Hongos y Levaduras (H y L)

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el monitoreo, al determinar H y L en condiciones de refrigeración (tabla 5.16a) se observa que la Muestra control presenta un mayor contenido de este tipo de microorganismos, lo cual se traduce en una rápida descomposición del nopal dando como resultado una pérdida en su textura y color. Si a esto se suma la actividad enzimática residual que presenta esta muestra, es fácil definir que la corta vida de anaquel es debida al efecto conjunto de la actividad enzimática y el desarrollo microbiano. De igual manera la Muestra con aire sigue esta misma tendencia en menor proporción definiéndose en las mismas circunstancias su corta vida de anaquel.

INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD DE PEROXIDASA EN NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg(100ppm), SAL DE Mn2(10ppm) Y SAL DE Zn1(100ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

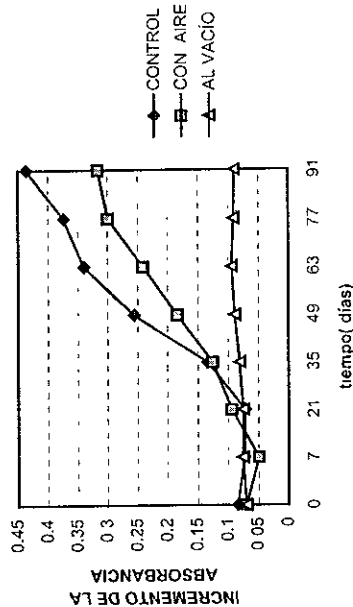
TABLA 4.15a

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	ACTIVIDAD DE PEROXIDASA (ABSORBANCIA (420) nm)		
	Almacenamiento en refrigeración (4°C)		
	CONTROL	CON AIRE	AL VACÍO
0	0.084	0.07	0.07
7	0.073	0.049	0.076
21	0.072	0.094	0.075
35	0.134	0.126	0.081
49	0.256	0.184	0.089
63	0.34	0.241	0.094
77	0.374	0.299	0.091
91	0.436	0.316	0.09

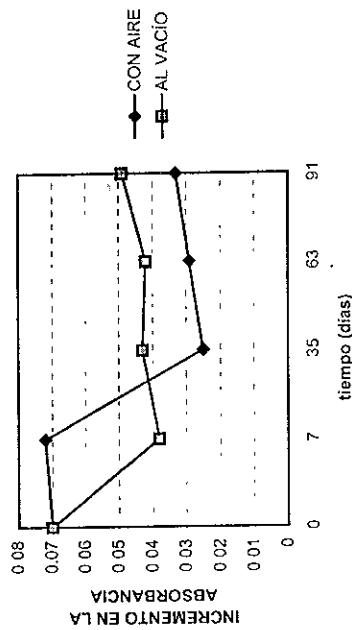
TBLA 5.15b

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	ACTIVIDAD DE PEROXIDASA (ABSORBANCIA (420) nm)	
	Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
	CON AIRE	AL VACÍO
0	0.07	0.07
7	0.072	0.038
35	0.025	0.043
63	0.029	0.042
91	0.033	0.049

Determinación de la Actividad de Peroxidasa en condiciones de Refrigeración



Determinación de la Actividad Enzimática Residual en condiciones de Congelación



En contraste la muestra al vacío presenta un desarrollo microbiano mínimo, indicando que las condiciones de vacío directamente impiden el desarrollo de microorganismos y junto con las bajas temperaturas presentan un efecto sinérgico, impidiendo tanto el desarrollo microbiano como la actividad enzimática, evitando la degradación del producto.

En condiciones de congelación (tabla 5.16b) tanto la Muestra empacada con aire como la Muestra empacada al vacío presentan tendencias similares, no existiendo diferencias significativas entre ambas muestras. Se observa un desarrollo mínimo de microorganismos lo cual aunado a una mínima actividad enzimática genera una mayor vida de anaquel en el producto, aportando mayor estabilidad tanto de clorofila como de textura.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el deterioro de la textura en las diferentes muestras se debe principalmente a la actividad residual de las pectinasas presentes en el nopal y no a la actividad microbiana, ya que esta es mínima.

### **5.8.2 DETERMINACION DE MESÓFILOS AEROBIOS Y MESÓFILOS ANAEROBIOS**

De los datos obtenidos en esta prueba se observa que en condiciones de refrigeración (tabla 5.17a) tanto la muestra control, como la muestra con aire, presentan las mismas características teniendo un elevado desarrollo microbiano (Mesofilos Aerobios), siendo menos drástico en la muestra empacada con aire.

Este elevado desarrollo propicia o genera las condiciones óptimas para que junto con la actividad enzimática se genere el deterioro del nopal, resultando esto, en una degradación tanto de clorofila, como de pectinas. Por otro lado en la muestra al vacío se observa una disminución en la cuenta de este tipo de microorganismos a lo largo del monitoreo. De aquí que sea claramente necesario otro método de conservación o almacenamiento del nopal, no solo escaldar-refrigerar, si no que también crear vacío con lo cual logra impedir el desarrollo microbiano. Aunado a esto las bajas temperaturas impiden el desarrollo de microorganismos, lo cual se observa claramente en la gráfica de la tabla 5.17a representado por la muestra al vacío.

Mientras que en condiciones de congelación las muestra con aire y al vacío presentan prácticamente la máxima inhibición en el crecimiento, produciendo una mayor estabilidad tanto en textura como en color, además de que no se observa una diferencia significativa entre crear vacío o no, lo cual puede observarse en la tabla 5.17b.



DESARROLLO DE HONGOS Y LEVADURAS EN NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1 (10ppm), SAL DE Mn2 (10ppm) Y SAL DE Zn1 (10ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

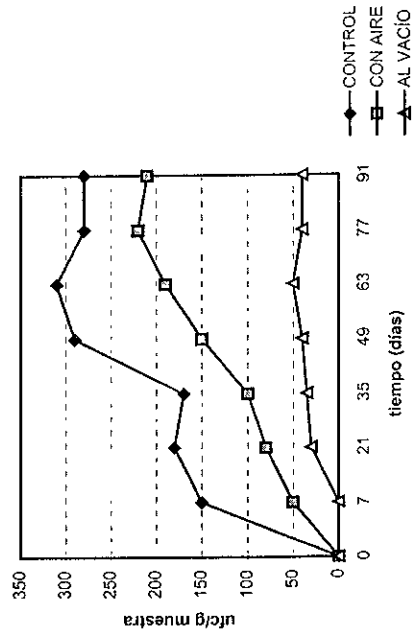
TABLA 5.16a

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Hongos y Levaduras (ufc)/g muestra Almacenamiento en Refrigeración (4°C)	
	CONTROL	CON AIRE AL VACIO
0	0	0
7	150	50
21	180	80
35	170	100
49	290	150
63	310	190
77	280	220
91	280	210

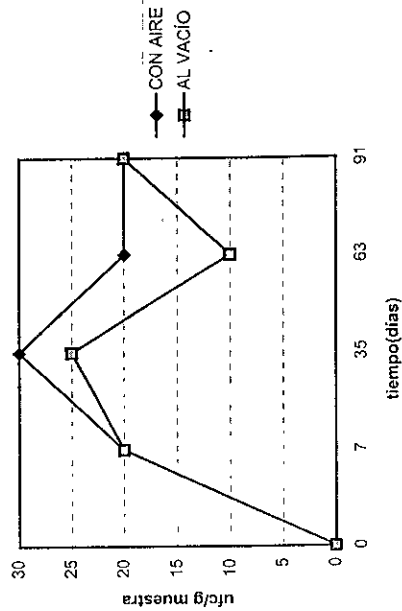
TABLA 5.16b

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Hongos y Levaduras (ufc)/g muestra Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
	CON AIRE	AL VACIO
0	0	0
7	20	20
35	30	25
63	20	10
91	20	20

Desarrollo de Hongos y Levaduras (ufc) en muestras Refrigeradas.



Desarrollo de Hongos y Levaduras (ufc) en muestras Congeladas



**DESARROLLO DE MESOFILOS AEROBIOS EN NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1 (10ppm), SAL DE Mn2 (10ppm) Y SAL DE Zn1 (10ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

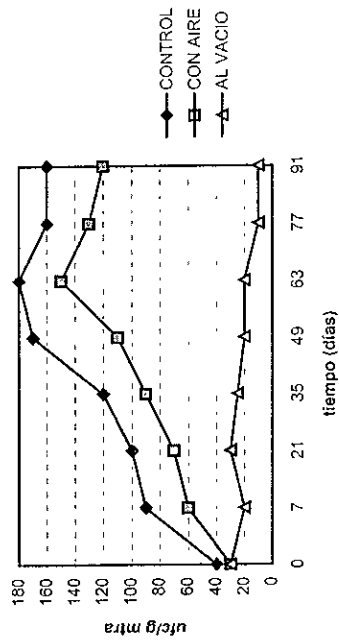
TABLA 5.17a

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Desarrollo de Mesofilos Aerobios (ufc)/g muestramuestra Almacenamiento en Refrigeración (4°C)		
	CONTROL	CON AIRE	AL VACIO
0	40	30	30
7	90	60	20
21	100	70	30
35	120	90	25
49	170	110	20
63	180	150	20
77	160	130	10
91	160	120	10

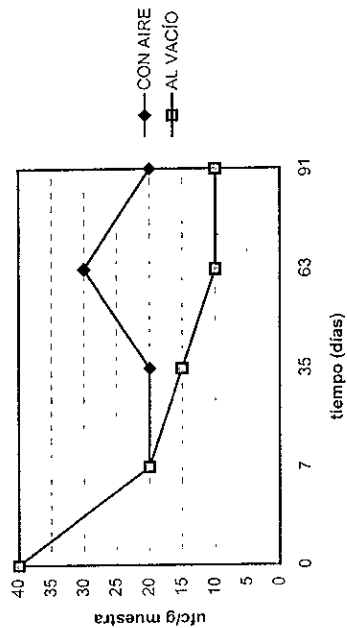
TABLA 5.17b

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Desarrollo de Mesofilos Aerobios (ufc)/g muestramuestra Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
	CON AIRE	AL VACIO
0	40	40
7	20	20
35	20	15
63	30	10
91	20	10

Determinación de Mesofilos Aerobios en condiciones de Refrigeración



Determinación de Mesofilos Aerobios en condiciones de Congelación



De la tabla 5.18a se puede observar en general que el desarrollo de microorganismos anaerobios es mínimo tanto en condiciones de refrigeración como en congelación, siendo esto más significativo en la última condición, se observa que en condiciones de refrigeración el crecimiento está dominado por el desarrollo de Hongos y Levaduras, seguido de Mesófilos Aerobios, lo cual es indicativo de un sistema de crecimiento competitivo característico de los microorganismos. En condiciones de congelación tabla 5.18b no se muestra una diferencia en el desarrollo de este tipo de microorganismos ya que tanto la muestra empacada con aire como la muestra empacada al vacío siguen las mismas tendencias e incluso se obtienen resultados similares. Es claro que el deterioro en la textura y el color del nopal está ampliamente influenciado por el desarrollo de microorganismos, ya que en condiciones de congelación-vacío y refrigeración-vacío el deterioro en el nopal es mínimo, debido principalmente a que las bajas temperaturas inhiben el desarrollo de microorganismos (Termófilos y mesófilos), siendo esta la principal causa del mínimo desarrollo presente en las muestras estudiadas. Como era de esperarse la muestra almacenada en refrigeración-vacío presenta mayor desarrollo de microorganismos anaerobios, esto debido a las condiciones de temperatura-vacío presentes en esta muestra.

### 5.9 Análisis de resultados generales

En general se puede observar que el patrón de crecimiento observado tanto para la Muestra control como para la Muestra en refrigeración-aire es similar. Se tiene como principal desarrollo la presencia de H y L que es dominante sobre el crecimiento de microorganismos Aerobios y Anaerobios que tienen menores probabilidades de desarrollo debido a que las condiciones del medio. Para la Muestra en refrigeración-vacío se presenta una inhibición considerable en el desarrollo de todo tipo de microorganismos, lo cual indica que, la ausencia de O<sub>2</sub> juega un papel importante tanto a nivel de desarrollo microbiano, como en la actividad enzimática. Como resultado se obtiene una mayor estabilidad tanto de textura como de color, generando a su vez mayor vida de anaquel.

En condiciones de congelación tanto en la Muestra con aire como en la Muestra al vacío, presentan una inhibición total en el desarrollo de microorganismos, debido al bajo (Aw), baja temperatura y baja concentración de O<sub>2</sub> que se genera en estas muestras. De lo anterior se observa que en condiciones de congelación la presencia de vacío no es un parámetro que controle el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática, si no que en este caso son tanto las bajas temperaturas (-12°C) como el bajo (Aw) que presentan las muestras.

**DESARROLLO DE MESOFILOS ANAEROBIOS EN NOPAL ESCALDADO CON SAL DE Mg1 (10ppm), SAL DE Mn2 (10ppm) Y SAL DE Zn1 (10ppm) EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

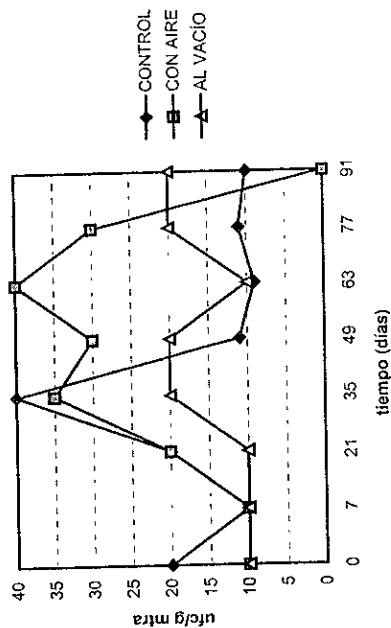
TABLA 5.18a

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Desarrollo de Mesofilos Anaerobios (ufc)/g muestramuestra Almacenamiento en Refrigeración (4°C)		
	CONTROL	CON AIRE	AL VACÍO
0	20	10	10
7	10	10	10
21	20	20	10
35	40	35	20
49	11	30	20
63	9	40	10
77	11	30	20
91	10	0	20

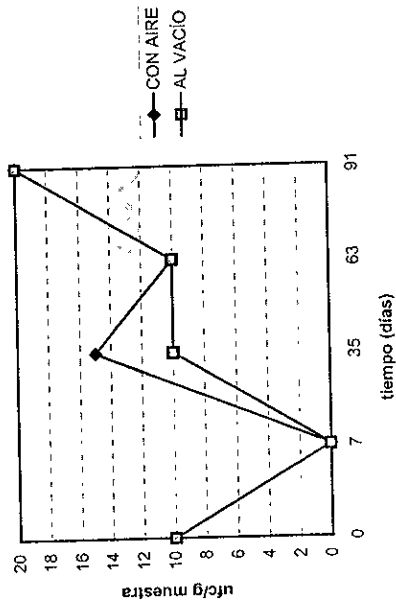
TABLA 5.18b

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO tiempo(días)	Desarrollo de Mesofilos Anaerobios (ufc)/g muestramuestra Almacenamiento en Congelación (-12°C)	
	CON AIRE	AL VACÍO
0	10	10
7	0	0
35	15	10
63	10	10
91	20	20

Desarrollo de Mesofilos Anaerobios (ufc) en muestras Refrigeradas



Desarrollo de Mesofilos Anaerobios en muestras Congeladas.



## 6 CONCLUSIONES

La relación tiempo-temperatura de escaldado para el nopal estudiado son 90°C/5min.

De las sales que aportan estabilidad en la textura la que genera mayor incremento en la textura es la sal de alumina (79.3%), mientras que las sales de manganeso aportan un incremento menor al 5%.

Se encontró que una sal estabilizante de el color es la sal de Mg1 la cual genero la mayor estabilidad en la textura (80 1%)

Se encontró un efecto sinergista al combinar las sales de manganeso con diversas sales estabilizadoras de color, mientras que existe un efecto antagonista para ciertas mezclas con la sale de alumina.

La mezcla de sales que generan estabilidad a la textura es sal de Mg1+sal deMn2 (100/10 ppm)

Las mezcla de sales que genera el color deseado es sal de Zn1+Sal de Mg1 (100/100 ppm).

La mezcla de sales que genera la mayor estabilidad en la textura y el color es sal de Mg1+sal de Mn2+sal de Zn1 (100/10/100 ppm)

El mantenimiento de las características organolepticas del nopal utilizando sales durante el escaldado resulta ser de por lo menos de tres meses.

Las características de almacenamiento (congelación empacadas con aire y al vacío) no presentan diferencias en la conservación de las características fisicoquímicas y microbiologicas del nopal.

Las condiciones que generan la mayor estabilidad en la textura y el color en el nopal verdura fueron el almacenamiento a 4°C y empacado al vacío

Se logro mantener las características fisicoquímicas y microbiologicas adecuadas del nopal durante 3 meses.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Amihud Kramer Texture Measurements of Foods D Relidel Publishing Company Dordrech, Holand 1973
2. Baduí Dergal Salvador Química de los Alimentos Facultad de Química U.N.A.M. Segunda Edición 1985 pag. 430
3. Castañeda Pérez Ana Sistema de producción agrícola del nopal verdura (*Opuntia ficus indica*) en la delegación Milpa Alta E.N.E.P. IZTACALA Biólogo UNAM 1986 pag. 94
4. Callegas Laura Sánches. Proyecto para la creación de una empresa enlatadora de nopal FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN UNAM 1994 pag. 124
5. Estrada Bebola Rosa Estudio del proceso de envasado de nopal encurtido Ingeniero en alimentos FES CUAUTITLAN UNAM 1990 pag. 87
6. Fellows, Peter. Tecnología del procesado de los alimentos principios y prácticas Editorial ACRIBIA, 1 Edición, Vol. 1 S A ZARAGOZA (España) 1994 pag. 549
7. García Veles Jose Efecto del etileno y ácido giberelico en el fruto del nopal tunero Ingeniero Agrícola FES CUAUTITLAN UNAM 1993 pag 65
8. Gutiérrez Galver Reyna J Estudio de las condiciones óptimas de tierra para el cultivo de nopal en la República Mexicana FAC. QUIMICA UNAM 1991. pag 89
9. King R.D. Developments in food Analysis Techniques-2 National Collage of Food Technology Applied Science Publishers LTD LLondon 1980
10. Magallanes Santiago Torres. Ensayo de nopal cardan (*Opuntia* sp) como suplemento alimenticio para el ganado de carne FAC ECONOMÍA 1990. pag. 69
11. Moreno Maldonado Ma. Mi La importancia de las cactaceas como recurso natural-económico en México como ejemplo el nopal de la delegación de Milpa Alta FAC DE FILOSOFÍA Y LETRAS UNAM. 1995. pag. 100
12. Olvera González Jose Estudio comparativo del nopal (*Opuntia* sp) y de la fibra combinada (*Plantago psyllium*) y fibra de trigo) en un grupo de pacientes con diabetes mellitus tipo II socioeconómicamente marginados. FAC. MEDICINA UNAM 1995. pag 99

13. Owen R. Fennema. 2ª Ed., Food Chemistry, Marcel Dekker Inc, New York 1985. pag 476.
14. Pérez López Sandi Alternativas para la conservación e industrialización del nopal FAC. QUÍMICA UNAM. 1990. pag 96
15. Rodríguez Jesus Mtz. Anteproyecto de una agroundustria para la elaboración de dulces a base de nopal FAC QUIMICA UNAM 1983. pag 81
16. Southgate D. A. T. Determination of Food Charbohydrates 2ª Edicion Intitute of Food Research Norwich Laboratory Elsvire Aplied Science.
17. Torrez M. Luisa Saldaña. Importancia socioeconómica del cultivo de nopal en la Del Milpa Alta FAC ECONOMÍA UNAM 1991. pag 66
18. Yabuta Osorio Selección del método mas viable para la conservación del nopal FAC QUÍMICA UNAM 1988. pag 89