



3.  
29

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"ESTUDIO DEL PROCESO DE ENVASADO  
DE NOPAL ENCURTIDO"**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO EN ALIMENTOS**  
**P R E S E N T A :**  
**ROSA ANGELICA ESTRADA BEDOLLA**



DIRECTOR DE TESIS  
M.C. ADRIAN AVILA FRANCO  
COASESORA  
I.A. ROSALIA MELENDEZ PEREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX.

1990

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE GENERAL

	PAGINA
RESUMEN .....	1
INTRODUCCION .....	3
OBJETIVOS .....	5
I. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	
1. Fabricación de encurtidos .....	7
1.1 Tipos de encurtidos .....	14
2. ENVASES EMPLEADOS EN LA CONSERVACION DE ENCURTIDOS.	
2.1 Funcion del envase. ....	21
2.2 Envases de vidrio .....	22
2.3 Envases de hojalata .....	26
3. EL ENLATADO. ....	32
3.1 Alteraciones en alimentos enlatados .....	38
II. METODOLOGIA.	
Cuadro metodológico .....	44
Desarrollo experimental .....	45
Diseño experimental .....	50
III. ANALISIS DE RESULTADOS .....	56
IV. CONCLUSIONES .....	74
V. BIBLIOGRAFIA .....	77

## INDICE DE TABLAS

PAGINA

1. Clasificación de los alimentos enlatados y sus agentes de descomposición. ....	17
2. Principales tratamientos térmicos. ....	18
3. Propiedades generales de barnices. ....	29
4. Comparación de los métodos de expulsión de aire. ....	36

## INDICE DE FIGURAS

1. Proceso general para la fabricación de encurtidos. ....	8
2. Relación de los cambios en acidez titulable en salmuera, concentración de azúcar y gas de la salmuera superficial de un encurtido en eneldo. ....	12
3. Envase de vidrio. ....	23
4. Envase metálico de 3 piezas. ....	31
5. Determinación del punto frío. ....	53

## INDICE DE TABLAS DE RESULTADOS

	PAGINA
I. Condiciones de hermeticidad promedio. ....	57
II. Tiempo de proceso termico. ....	67
III. Propiedades Fisicoquimicas para el producto envasado tanto en vidrio como en hojalata. ....	68
IV. Analisis de varianza para las diferentes propiedades fisicoquimicas evaluadas. ....	68
V. Perdida de textura y solidos solubles. ....	69
VI. Nivel de agrado nopal envasado. ....	70
VII. Transferencia de calor en nopales encurtidos enlatados...	71

## INDICE DE GRAFICAS

### GRAFICAS TIEMPO DE PROCESO

#### Metodo matematico.

1. Temperatura de retorta 90 °C. ....	61
2. Temperatura de retorta 100 °C. ....	62
3. Temperatura de retorta 105 °C. ....	63

#### Metodo grafico.

4. Temperatura de retorta 90 °C. ....	64
5. Temperatura de retorta 100 °C. ....	65
6. Temperatura de retorta 105 °C. ....	66

## RESUMEN

En el presente trabajo se buscaron las condiciones más adecuadas para conservar nopal encurtido empleando altas temperaturas y como material de envase hojalata.

La mayoría de alimentos encurtidos son envasados en vidrio aunque algunos de ellos en lata; comercialmente es posible encontrar nopal envasado en vidrio. De aquí la propuesta de utilizar hojalata como material de envasado, a partir de la misma materia prima nopal verdura (*Opuntia ficus indica*), el cual es encurtido por la Empacadora la Fotosina S.A. de C.V. siguiendo el método general de encurtido ya que no se cuentan con especificaciones para este producto.

El hecho de proponer como alternativa el uso de hojalata, nos lleva a establecer nuevas condiciones de proceso, dado que el de vidrio ya son conocidas y empleadas. Esto implica determinar las condiciones de llenado así como de tratamiento térmico necesario para eliminar cualquier microorganismo patógeno que daña no solo la salud del consumidor sino los atributos de calidad del producto.

Para ello de acuerdo a lo referido bibliográficamente y a las condiciones de envasado en vidrio, se buscaron primeramente las condiciones para el llenado para lo cual se variaron la temperatura de llenado (85 y 90 °C) así como el espacio cabeza (6 a 12 % de la capacidad del envase) y se determinó el vacío generado en cada caso.

Una vez que se determinó la temperatura de llenado y el espacio cabeza más adecuado para enlatar nopal encurtido, se determinó el tiempo de proceso térmico a diferentes temperaturas de retorta (90, 100 y 105 °C) utilizando el método matemático y el gráfico; para posteriormente procesarlos al tiempo calculado y determinarles sus propiedades fisicoquímicas. Estas se compararon con las obtenidas con

el producto envasado en vidrio, para finalmente llevar a cabo una prueba sensorial con jueces no entrenados. Además, se mantuvo el producto de mayor aceptación en cuarentena a una temperatura de 40 °C para comprobar que el tratamiento térmico fue adecuado.

De acuerdo a los resultados obtenidos puede decirse que uso de la hojalata junto con el tratamiento térmico como alternativa para conservar nopales encurtidos es viable, aunque no se llevo a cabo un análisis económico sería recomendable realizar un análisis de costos tanto del material para el envasado propuesto como de la maquinaria y equipo necesario para su implementación.

## INTRODUCCION

El nopal es una planta con multiples cualidades de adaptacion y extraordinaria vitalidad por lo que constituye una alternativa de cultivo en zonas aridas y semiaridas del pais. en donde el nopal fertiliza el suelo constantemente, lo protege de la erosion y lo regenera. "1

Uno de los generos más representativos es la opuntia entre las que se encuentra el nopal verdura. sus pencas tiernas y frutos maduros son comestibles tanto para el hombre como para el ganado. Sin embargo, de acuerdo al analisis bromatologico puede considerarse que el nopal es de escaso valor nutritivo aunque es una fuente importante de fibra, ya que para opuntia ficus (L) miller el contenido de agua es de 90 %. 2.0 % de proteinas. 0.3 % son grasas. 0.8 % fibra cruda. 5.6 % extracto no nitrogenado, poco más de 1 % minerales y contiene muy poco acido ascórbico, aunque esto varia según la edad del mismo. (8,11)

Comercialmente su venta no es muy grande ademas de que su consumo no es muy comun en toda la poblacion. su produccion se limita a los meses de marzo a septiembre tiempo en que es mayor la precipitacion pluvial registrandose una disminucion considerable en su precio, llegando en algunos casos a no cubrir ni siquiera los gastos de produccion por lo que el productor prefiere tirarlo. En cambio en los meses de octubre a febrero la produccion desciende, meses en los cuales la demanda es mucho mayor y el aumento de precio es considerable.

Los problemas que presenta el nopal para su conservacion y comercializacion son muchos, principalmente porque su vida util es muy corta 3-4 dias. De ahí que se efectuen estudios para conservarlo, ya sea refrigerado o utilizando recubrimientos (ceras).

El salado y fermentación de alimentos es uno de los procedimientos más antiguos que se conocen. Los vegetales adicionados de sal, especias y vinagre se conocen como encurtidos, con lo que no solo se prolonga la vida del producto sino que se desarrollan cambios en textura, color, sabor y lo más importante controla la actividad microbiana. De aquí que se emplee en la actualidad para la conservación de nopal verdura.

Este tipo de productos puede ser envasado en vidrio u hojalata. Aunque el primero es ampliamente utilizado, la hojalata posee características que permiten tener un manejo menos cuidadoso, además de que cumple con todas las exigencias que debe tener cualquier envase: protege contra daños mecánicos, lo protege del medio externo, controla el ambiente interno, etc y esto junto con el tratamiento térmico permite aumentar la vida de anaquel del producto y tener un menor número de pérdidas de envases por manejo y transportación.

Dentro del proceso de enlatado, el llenado junto con la evacuación revisten gran importancia ya que de esto dependerán las condiciones que se tengan en el interior del envase, principalmente el vacío generado ya que impide el crecimiento de microorganismos aerobios así como reacciones indeseables, lo que puede repercutir durante el almacenamiento del producto. (5,10,15)

Los procesos térmicos son frecuentemente combinados con otras técnicas de conservación como la fermentación, ya que el emplear calor como sistema de conservación no sólo impide el crecimiento de microorganismos patógenos sino que además hace el producto más apetitoso, por lo que sólo recomendable sino necesario.

Por lo que se propone como alternativa para la conservación de nopales encurtidos, el uso de hojalata como envase y junto con éste la aplicación de tratamiento térmico que permitiera lograr la estabilidad del producto durante el almacenamiento, preservar sus atributos de calidad y mantener o aumentar la aceptación del consumidor.

**OBJETIVO GENERAL:**

Determinar las condiciones adecuadas para la conservación de nopal encurtido utilizando altas temperaturas y como envase hojalata.

**OBJETIVOS PARTICULARES:**

Determinar las condiciones para el proceso de enlatado de nopal encurtido a partir del análisis del proceso de envasado en vidrio.

Análisis del efecto del proceso de conservación en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los nopales encurtidos enlatados.

Determinar el proceso de envasado más adecuado para nopal encurtido en función de las características fisicoquímicas y sensoriales del producto envasado tanto como en vidrio como en hojalata.

## I. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

## 1. FABRICACION DE ENCURTIDOS.

El encurtido puede definirse como: "Cualquier fruta u hortaliza sometida a fermentación, adicionada de sal, vinagre y especias".<sup>(15)</sup>

La materia prima puede someterse a fermentación ácido láctica o bien no fermentarse. A partir de ésta, pueden elaborarse numerosos tipos de encurtidos mediante adición de azúcar, especias, esencias y aromas, pero siempre con la presencia de vinagre, lo que constituye la característica más importante del encurtido. Pasteurizándose finalmente para su mejor conservación independientemente de que se fermenten o no.<sup>25</sup>

El proceso de elaboración de encurtidos comprende dos fases:<sup>26</sup>

A) FASE DE FERMENTACION : En esta fase se realiza la fermentación acidoláctica de la materia prima debido a la flora microbiana presente de forma natural en el producto. Esta fase va acompañada de operaciones previas para una correcta fermentación, y puede no realizarse pasando de las operaciones previas a la siguiente fase.

B) FASE DE ELABORACION : A partir de la materia prima fermentada y conservada en salmuera o partiendo de productos en fresco se elaboran los distintos tipos de encurtidos.

A continuación se muestra un esquema general para la elaboración de encurtidos:

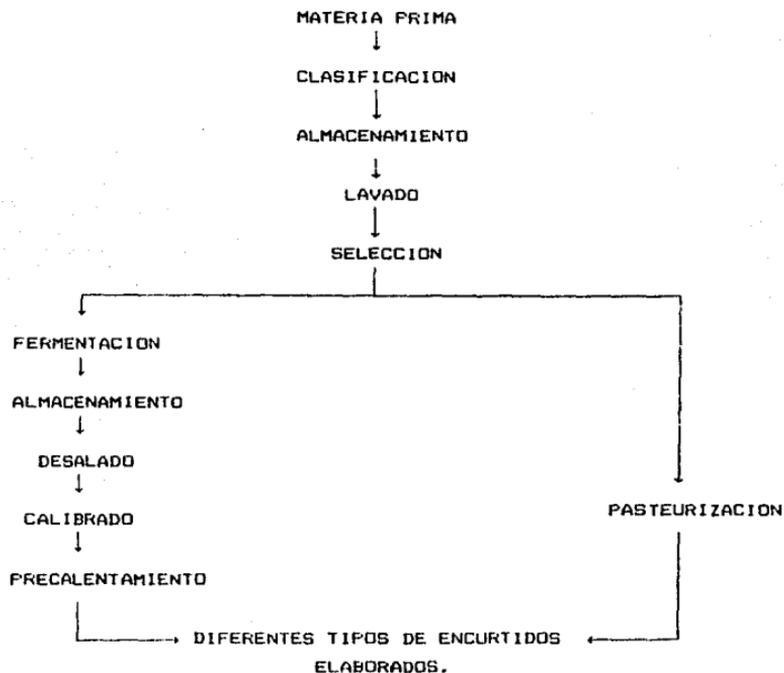


Figura No 1. PROCESO GENERAL PARA LA FABRICACION DE ENCURTIDOS

Generalmente la materia prima, no es almacenada en condiciones especiales pero es recomendable conservar el producto en refrigeración antes de su procesamiento. Previamente a la fermentación, la materia prima debe ser lavada para disminuir la suciedad y restos de tierra que llevan adherida ya que esto dificulta el desarrollo de la misma.<sup>(20)</sup>

La selección de la materia prima es esencial para obtener un buen encurtido, esta debe de ser firme y libre de cualquier contaminación y enfermedad, así como exento de sabores extraños, amargos y malos olores. Se prefiere materia prima sea de pequeño tamaño e inmaduro. (14,26,27)

La materia prima puede ser encurtida en depósitos de cemento, tanques de fibra de vidrio, polietileno o madera, aunque estas últimas no son muy empleadas debido a los problemas de corrosión que presentan en las bandas metálicas que unen a las tiras de madera además de ser menos durables, lo que origina gastos adicionales al producto. Estos tanques se colocan generalmente al aire libre y deberán ir provistos de tapas móviles para lograr condiciones anaerobias así como de bocas de salida en su parte superior, para facilitar su limpieza, recirculación de salmuera, toma de muestras, etc. (16,26,27)

Una vez que se han llevado a cabo las operaciones preliminares, se procede a la elaboración del encurtido.

En el mercado general de encurtido se utiliza de 8-10 % de sal al inicio, al adicionarse la materia prima, esta concentración decrece después de algún tiempo a aproximadamente del 6 % de sal, por lo que durante la primera semana se empieza a aumentar 1 % de sal por semana hasta que se alcanza una solución de 16-18 % al final de 4-6 semanas. (14,29)

De manera general puede hablarse de dos métodos para llevar a cabo la fermentación, altas y bajas concentraciones de sal aunque la diferencia en la concentración de la salmuera sea de sólo 2 % .

#### 1. Bajas cantidades de sal

El producto se adiciona al tanque que contiene salmuera al 8 % de sal, esta concentración se considera como baja y puede ser usada

con seguridad bajo condiciones ordinarias. Posteriormente se le adiciona aproximadamente 0.8 % de sal cada semana hasta obtener finalmente 16 %. La fermentación por este método es rápida, pero hay peligro de que predominen bacterias indeseables y los encurtidos no tienen la firmeza que se obtiene cuando se emplean concentraciones altas.

Por este método se produce rápidamente mucho ácido láctico, los azúcares, aunque en menor cantidad que al iniciar con altas concentraciones, son difundidos a la salmuera y puestos a disposición de los microorganismos y fermentados con rapidez; por último, la producción total de gas es pequeña.

## 2. Altas cantidades de sal

La salmuera contiene 10 % de sal, la concentración se incrementará aproximadamente 0.5 % cada semana hasta llegar a 13% y después 0.25 % cada semana hasta una concentración final de 16 %. La fermentación por este método es lenta pero disminuye los daños por los microorganismos predominantes, y los encurtidos son más firmes.

Con este método la producción final de ácido láctico es menor incluso el comienzo de su formación es más tardío que el método a baja concentración de sal. Sin embargo, la producción de gas es mayor y más vigorosa, aunque su difusión de azúcares se realice más lentamente. 26.47

Este procedimiento es especialmente deseable para temperaturas relativamente elevadas. La acidez por bacterias acidolácticas es más rápida y grande que a bajas concentraciones de salmuera y decrece progresivamente cuando la concentración inicial de salmuera se eleva. 25.46

La concentración de sal hace que haya grandes diferencias en la apariencia de los encurtidos, sin embargo cuando se emplean elevadas concentraciones de sal (10%) puede haber encogimiento del producto,

ya que se continua extrayendo agua así como otros componentes de los tejidos, primero rápidamente pero como la cantidad de sal es mayor el tiempo para alcanzar un equilibrio es mayor por lo que se ocasionan daños al producto. Este método solo se emplea cuando la sal contiene impurezas.

La elección de un método u otro depende de la temperatura ambiente y las preferencias del fabricante. Es recomendable para obtener una buena firmeza, que la temperatura de la salmuera y del encurtido sea de aproximadamente  $26^{\circ}\text{C}$  durante el proceso de fermentación. (24)

En el caso del nopal, se recibe desespinado en sacos de aproximadamente 50 kg para posteriormente ser seleccionado. Este debe estar libre de cualquier contaminación, no estar excesivamente cortado ya que en estas partes se acelera la oxidación del producto y tener una longitud 10-12 cm así como un ancho máximo de 1.4 cm.

Concluida la selección, el producto es escaldado con agua a  $85-90^{\circ}\text{C}$  en tanques de acero inoxidable durante 5 minutos con el fin de inactivar enzimas que aceleran la oxidación.

En seguida se coloca en barriles de plástico que contienen salmuera al 8 % es decir se manejan bajas cantidades de sal, en donde permanece durante 25 días. Debido a la concentración empleada, se lleva a cabo diariamente la inspección de los barriles tanto para verificar la concentración salina como para evitar o eliminar la nata formada por levaduras, ya que estas utilizan el ácido producido por las bacterias acidolácticas provocando olores desagradables y productos inferiores.

Físicamente los encurtidos están curados cuando cambian de color, son translúcidos y no muestran manchas irregulares o blancas. Sin embargo, resulta de gran importancia conocer los cambios bioquímicos durante la fermentación, ya que de estos dependerán las características finales del producto. (25)

A continuación se muestran los cambios típicos durante la fermentación en eneldo, aunque no hay que olvidar que el comportamiento que el producto tenga durante la fermentación dependerá en gran medida del método empleado para adicionar la salmuera.

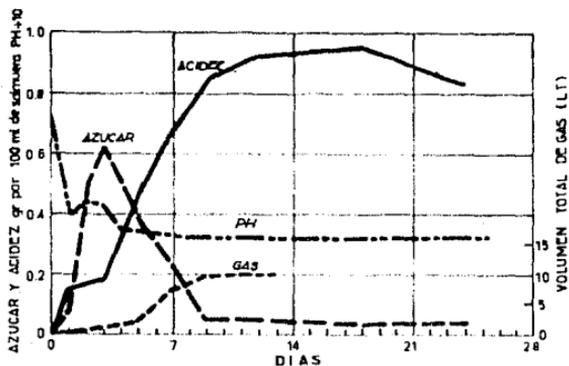


Figura No 2. RELACION DE LOS CAMBIOS EN ACIDEZ TITULABLE EN SALMUERA, CONC. DE AZUCAR Y GAS DE LA SALMUERA SUPERFICIAL DE UN ENCURTIDO EN ENELDO.

Por otra parte hay un incremento en la gravedad específica del producto, debido a la difusión de la sal lo que incrementa el peso por lo que el producto se sumerge. El contenido de sal en el interior del encurtido es el suficiente para inhibir la actividad de microorganismos indeseables, afortunadamente los microorganismos deseables tales tales como bacterias acidolácticas del género acetobacter, algunas levaduras las cuales no son apreciablemente afectados por la sal. (20,10)

La fermentación del producto es de gran importancia, ya que esta determina las diferencias cualitativas entre los encurtidos fermentados y los frescos (no fermentados). La textura de los

encurtidos preparados sin fermentación previa es dura, mejorándose sustancialmente con la fermentación. En cambio el encurtido fermentado tiene una textura firme, lo que lo hace mucho más apreciado. (20)

Para que el producto sea consumido es necesario llevar a cabo el drenado de la salmuera y enjuagar con agua caliente entre 43-54°C con el fin de acelerar la difusión de sal al agua e inhibir algunos microorganismos, hasta que el producto tenga una concentración aproximada 4 %. En el lavado final puede añadirse agua de alumbre o cloruro cálcico para afirmar el tejido y agregado tumericó para mejorar el color.

Como se menciona finalizada la fermentación la salmuera es drenada y en el caso de nopal, se corta longitudinalmente a un ancho de aproximadamente 1 cm con lo cual se facilita el drenado, concluido lo anterior el nopal encurtido puede ser envasado.

Las principales alteraciones en los encurtidos son el reblandecimiento y la formación de huecos. En el primer caso se origina por microorganismos cuyo crecimiento se ve favorecido por la presencia de suciedad, contacto con el aire, concentración salina demasiado baja y escasa cantidad de ácido producido durante la fermentación. La formación de huecos se lleva a cabo por la acción de gases acumulados en su interior por lo que es conveniente purgar el CO<sub>2</sub> con nitrógeno e inocular *Lactobacillus plantarum* ya que es un gran productor de ácido. (1,39,52)

Por otra partes común referirse a la concentración de sal, en términos de grado salino, el cual está basado en la saturación del agua con 25 % en peso de NaCl a una temperatura de 15.6 °C de ahí que el por ciento en peso multiplicado por cuatro sea igual al grado salino y viceversa. (13,20)

Por ultimo diremos que el valor nutritivo de los encurtidos fermentados con altas concentraciones de sal, se conservan sin

perdidas considerables de nutrientes (vitaminas principalmente, aunque también poseen carbohidratos y sales minerales). Pero en cualquiera de los casos cuando se lleva a cabo el desalado, las pérdidas de nutrientes son muy elevadas. En menor proporción se pierden carotenos y desciende la concentración de azúcares.<sup>(26)</sup>

Podemos por lo tanto, asegurar que en general los encurtidos son un alimento de escaso valor nutritivo debido a la gran difusión de nutrientes durante el desalado hacia el agua de lavado lo que refuerza aún más su importancia como aperitivo.<sup>(26)</sup>

### 1.1. TIPOS DE ENCURTIDOS

Dentro de la preparación de encurtidos se pueden llevar a cabo modificaciones, las que originan gran variedad de encurtidos, la amplia gama de estos, puede agruparse en: en eneldo, dulces y agrios.

#### 1.- Encurtidos en eneldo

Estos encurtidos pueden clasificarse en genuinos, de imitación y frescos pasteurizados.

##### a) Genuinos

Poseen un fino sabor. El producto se clasifica y se fermenta en barriles limpios y algunas veces parafinado de 45 a 50 galones adicionando eneldo, vinagre y sal, se utiliza una salmuera débil y especias.<sup>(27)</sup>

Es común que los encurtidos en eneldo genuino pierdan firmeza antes o después de su comercialización aun cuando hayan sido pasteurizados, por lo que se ha reducido su manufactura, sustituyéndose por eneldo de imitación.<sup>(1,30,52)</sup>

## b) De imitación

Se preparan a partir de encurtidos de sal, tienen que ser procesados: acidificación, drenado y se colocan en contenedores con eneldo, otras especias, vinagre y salmuera.

En la salmuera se colocan las hierbas y el vinagre de eneldo, vinagre destilado, agua y sal, esta mezcla es cocida por corto tiempo. El líquido es drenado y utilizado para cubrir el producto que se encuentran en los barriles, estos son calentados y después de 2-8 semanas envasados con hierba de eneldo, la cual es adicionada a cada envase. <sup>(20,20)</sup>

## 2.- Encurtidos agrios

Dentro de este grupo se incluyen aquellos que están finalmente aderezados con vinagre de mayor o menor fuerza, dependiendo de la acidez final deseada. <sup>(20)</sup>

Después del desalado el producto es cubierto con vinagre destilado. Cuando se desea tener un encurtido muy agrio, se adiciona cierta cantidad de vinagre al inicio y después de unos días se reemplaza por la cantidad de vinagre deseada. <sup>(1,20)</sup>

## 3.- Encurtidos dulces

Son vegetales encurtidos, endulzados con azúcar y/o dextrosa. Después de desalar el producto se llenan los envases con producto y jarabe a 43 °C, recomendándose dejar un espacio de cabeza de 1/4 in. En base al peso, el envase contiene 60 % de encurtido y 40% de jarabe.

El jarabe está hecho en su mayor parte de dextrosa y una gran cantidad de fructosa, jarabe de maíz, con aceites esenciales y oleoresinas. Las especias utilizadas son clavos, semillas de mostaza,

jenjibre, etc. El jarabe comunmente tiene 57 °Brix y aproximadamente 1.6% de acidez con vinagre, pero despues de 4-6 dias la cantidad de solidos solubles es de 29 °Brix. Al final de tres o cuatro semanas, el azucar es invertida y los encurtidos tienen un cambio en color (para pepinos a color verde oscuro).<sup>(20)</sup>

Para cualquiera de los tipos de encurtidos enumerados anteriormente, los encurtidos pueden contener especias o no, estar formados por frutos enteros o troceados, proveer el producto fermentado o fresco, estar pasteurizado o no y contener una sola especie o una mezcla (fruta u hortaliza). Aunque es sumamente recomendable pasteurizar el producto para mantener su firmeza.<sup>(20,40)</sup>

Tambien pueden realizarse mezcla de encurtidos, que constan de dos o más vegetales en un envase: pepino, coliflor, cebolla, frijoles y tomates son los más empleados en su manufactura. O encurtidos con ajo, cebolla, clavo o agua de ajo son especias utilizados en los encurtidos conocidos como Kosher.<sup>(1,20)</sup>

## 1.2. TRATAMIENTO TERMICO DE LOS ENCURTIDOS

El tratamiento térmico significa la aplicación de calor a algún alimento por periodo de tiempo y a una temperatura determinada. Este proceso esta diseñado para reducir la actividad microbiana y enzimática, sin embargo, simultaneamente se lleva a cabo la destrucción de algunos nutrientes así, como algunos cambios sensoriales.<sup>(32,38)</sup>

Dado que es imposible lograr una esterilización total del alimento, se emplea el concepto de esterilización comercial la cual se define como: La condición lograda por la aplicación de calor que hace que al alimento libre de formas viables de microorganismos que tienen significado en cuanto salud publica (patógenos), así como cualquier microorganismo capaz de reproducirse en condiciones normales, no refrigeradas de almacenaje y distribución.

Sin embargo, las condiciones del tratamiento térmico dependerán de cada producto, concentraciones bajas de sal tienden a aumentar la resistencia de microorganismos halotolerantes, mientras que concentraciones altas tienden a disminuir la resistencia. Dentro de los factores de mayor importancia el pH influye determinadamente en el crecimiento de microorganismos de ahí que se clasifiquen en:

Tabla No 1.

" Clasificación de alimentos enlatados y sus agentes de descomposición "

CLASIFICACION	TIPO DE ALIMENTO	AGENTE DE DESCOMPOSICION
BAJA ACIDEZ  pH $\geq$ 4.6	Prod. de carne, peccado lácteos y algunas hortalizas.	Esporas termófilas, mesófilas, incluyen do Cl botulinum.
ACIDOS  4.0 $\leq$ pH $\leq$ 4.5	Frutas: tomates, peras chabacanos, pastas con salsa de tomate, sopas y salsas.	Esporas termofilas, mesófilas, bacterias acidolácticas.
ALTA ACIDEZ  pH $<$ 4.0	Encurtidos, mermelada jalea, frutas cítricas	Bacterias acidolácticas, hongos y levaduras

Fuente: Manuales para educación agropecuaria 1983. (37)

Los alimentos enlatados aunque no presentan defectos y sean estables, contienen microorganismos viables y ya que se requiere un producto aceptable para el consumidor e inocuo tras un determinado

período de almacenamiento. Por esto es conveniente dividir los tratamientos térmicos en tres categorías de acuerdo a las necesidades que presente cada alimento, ver tabla 2.

Tabla No 2.

" Principales tratamientos térmicos "

PROCESO TERMICO	TEMPERATURA	OBSERVACIONES
ESCALDADO	$\leq 100^{\circ}\text{C}$	Usualmente $< 10$ min Inact. enzimas, remueve gases, precalienta el tejido.
PASTEURIZACION	$\leq 100^{\circ}\text{C}$	Inact. células vegetativas de organismos patógenos o esporulados, si- que a otros trat. en em. fermentación, ref. etc.
ESTERILIZACION COMERCIAL	$> 100^{\circ}\text{C}$	Inact. esporas de organismos patógenos o esporulados, usualmente emplea condiciones aerobias.

Fuente: Lund Daryl. Food technology 1977. (33)

En productos cuyo pH sea muy bajo o de actividad de agua baja el medio es desfavorable al desarrollo microbiano lo que hace muchas veces innecesario el tratamiento térmico, sin embargo es posible que se precise una pasteurización suave para inactivas enzimas.<sup>(52)</sup>

De aquí que los encurtidos frescos o parcialmente fermentados, se pasteuricen ya que estos tienen una acidez de alrededor de 0.60 %

como ácido acético, suficiente para mantener el pH de la salmuera a 4.0 o menos para con esto asegurar efectivamente su protección contra daños microbiológicos. (20.10)

El proceso puede llevarse a cabo en autoclaves calentando el producto con vapor o en tuneles, en baño maría o en duchas de agua caliente; aunque estos últimos sólo son empleados en el caso de pasteurización.

La mayoría de encurtidos son envasados en vidrio, sin embargo se emplean latas barnizadas adecuadamente. Como es el caso de las zanahorias, en donde Gordana K. (17) indica que dicho producto se pasteurizó con vapor, alcanzando una temperatura en el interior de 71 o 82 °C utilizando como temperatura de retorta 116 °C para una lata No 2 1/2 según las recomendaciones de la "National Canners Association", en donde se encontró que el producto sufría pérdidas de textura después de 270 días a una temperatura de almacenamiento de 18° C. Lo que muestra la conveniencia del empleo de la hojalata para el envasado de encurtidos ya que su vida útil se prolonga. (17)

Dado que al determinarse el proceso térmico necesario para algún producto es sólo específico para tal alimento, y que es necesario que cada partícula del mismo reciba el tratamiento requerido es importante considerar la localización del punto frío (zona de más lento calentamiento). En productos donde la transferencia de calor es por convección el punto frío se localiza cerca de 3/4 " sobre el fondo de la línea longitudinal en envases pequeños y cerca de 1 1/2 para contenedores largos, lo que equivale en ambos casos a aproximadamente 1/3 de la altura del envase. Para productos en donde el calor es transferido por conducción el punto frío está en el centro geométrico. Para productos que exhiben una curva quebrada, es decir presentan tanto conducción como convección el punto se encuentra entre las dos anteriores. (20)

Para efectuar el cálculo teórico de proceso comúnmente se emplea el método gráfico o el matemático. El primero puede utilizarse en

todos los casos, aunque se presenta la desventaja de no puede cambiarse el tamaño de lata. En el segundo, se restringe su uso a alimentos que pueden representarse por no más de dos rectas en papel semilogaritmico además de que pueden usarse temperaturas iniciales y de retorta diferentes a las que se emplearon para obtener los factores termicos. Sin embargo, para curva quebrada se recomienda el método gráfico. (50,51)

## 2. ENVASES EMPLEADOS EN LA CONSERVACION DE ENCURTIDOS.

### 2.1. FUNCION DEL ENVASE

De los factores de mayor importancia para mantener los atributos de calidad de algun producto, ya sea en fresco o procesado el envase el cual junto con el embalaje permiten llevar al consumidor un producto aceptable. (5,44)

Actualmente seria imposible pensar en el manejo de productos alimenticios sin algún tipo de envase y/o embalaje, el cual debe cumplir los siguientes objetivos.

a) Aislar al alimento del medio exterior. Es preciso conocer las condiciones climáticas y las tensiones mecánicas a las que va a ser sometido el producto durante su manejo, distribución y consumo.

b) Controlar el ambiente interno. Con el fin de conservar al máximo las características organolépticas del producto y evitar reacciones indeseables.

c) Debe ser compatible con el producto

d) Debe provocar interés y crear confianza al consumidor. El consumidor espera que el envase no sólo proteja al producto, sino además obtener alguna información más acerca del producto, lo que origina un impulso de compra.

Otros factores importantes a considerar dentro de la selección de un envase son los aspectos técnico económicos. Dentro de los técnicos se encuentra la funcionalidad y facilidad de manejo del envase. Los aspectos más importantes de éste, son las necesidades del producto a envasar y las consideraciones después del envasado. (5,10)

En los económicos es necesario realizar la estimación de costos de materia prima, maquinaria, mano de obra, gastos de comercialización entre otros.

## 2.2. ENVASES DE VIDRIO

El vidrio es un producto inorgánico, formado a partir de materias primas que se fusionan a altas temperaturas. Cuando este líquido es enfriado se endurece, para quedar en estado sólido. Este es un proceso continuo en donde dependiendo del envase es la selección y mezclado de materias primas en la proporción adecuada.<sup>0,11</sup>

Los puntos que un envase de vidrio para alimentos considera dentro de su conformación son:<sup>30,31</sup>

1. Resistencia a la corrosión. El riesgo de corrosión interna o externa, no se da ya que es inerte y la protección con revestimientos evita fracturas durante el cierre.

2. Transparencia. Desde el punto de vista de mercadotecnia una de las mayores ventajas del vidrio es que el consumidor pueda ver lo que está comprando, pudiendo observar contaminación o daños microbiológicos fuera de la formación de gas e incluso el nivel de llenado.

Sin embargo, la transparencia en algunas ocasiones altera algunas características sensoriales y nutritivas, sobre todo en el caso de oxidación de lípidos y pérdida de color. Aunque en tales casos pueden utilizarse vidrios coloreados.

3. Fragilidad. Es un material quebradizo, se rompe sin deformación previa. Esto hace que en su fabricación y durante el manejo deban tenerse más cuidados ya que de no ser así se tendrán grandes

pérdidas, por lo que los costos tanto de material de embalaje como de transporte se elevan al utilizarse este material para el envasado.<sup>43</sup>

Los envases de vidrio tienen una amplia gama de formas y tamaños, pueden emplearse decorados lo que incluye el coloreado cerámico, con revestimientos orgánicos, sistemas de impresión, etiquetas, sellos de celulosa entre otros.<sup>19,30</sup>

A continuación se muestran las partes básicas de un envase de vidrio:

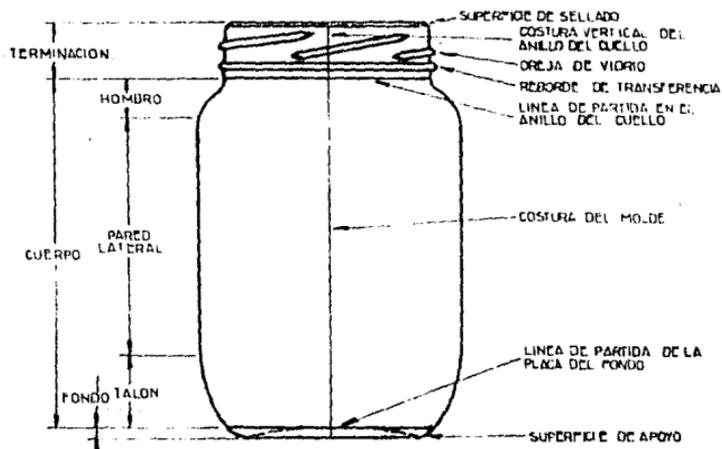


Figura No 3. ENVASE DE VIDRIO (3B)  
FUENTE: National Canners Association

Los envases de vidrio comunmente utilizados pueden dividirse en: botellas, vasos, jarras, boteliones y ampolletas; aunque estas ultimas no se emplean en la industria alimentaria. <sup>40</sup>

Las botellas son el tipo mas utilizado, pueden ser de diversas formas: cilindricas, ovaladas o rectangulares. El cuello es casi siempre redondo y por lo regular es considerablemente mas pequeno que el cuerpo del envase, lo que facilita verter el contenido. Las bebidas y alimentos licuados, asi como aderezos y vinagre son frecuentemente envasados en botellas.

Los tarros son similares a las botellas de boca ancha, su forma hace que sea accesible el llenado con frutas, encurtidos, entre otros; ademas de que facilita el uso de instrumentos como cucharas. Los tarros son recomendables para alimentos en polvo como cafe instantaneo.

Los vasos son relativamente mas cerrados que los tarros pero estos no tienen cuello. Su forma caracteristica es la de un vaso para beber. Se utilizan para conservas.

Las jarras son largas y de cuello pequeno, cuentan con una asa para transportarlas, se utilizan en capacidades de medio y un galon.

El terminado de los envases es de suma importancia sobre todo economicamente, por lo que para cada terminado existen dimensiones o especificaciones ya estandarizadas, ya que no hay que olvidar, que los cierres deben sellar el recipiente y evitar el derrame del producto. Estos se clasifican de acuerdo a la National Canners Association en: <sup>38,44)</sup>

1. Cierres de presion normal.
2. Cierres a presion.
3. Cierres al vacio

Aplicandose estos ultimos a casi todos los alimentos.

dividiéndose en:<sup>38</sup>

1. Tapaderas corrientes con oreja o de rosca. Utilizándose para verduras, carnes y otros alimentos para adultos ( no infantiles ).
2. Tapadera con orejas para alimentos infantiles.
3. Tapadera que se utiliza con palanca ( sello lateral ). Se utiliza en productos sometidos a tratamiento térmico.
4. Tapadera tipo FT ( aplicar con presión quitar con torsión ). Se utiliza ampliamente en alimentos infantiles.

El cierre típico está compuesto de un casco de metal hecho de hojalata, acero libre de estaño o aluminio, con una membrana selladora hecha de caucho sintético, plastisol u otro plástico apropiado; con lo que se logra establecer una barrera al momento del cierre logrando así un cierre hermético. Además del casco de metal la tapa es barnizada para evitar la corrosión.<sup>25.38</sup>

Dentro del proceso de control de calidad los defectos para envases de vidrio pueden clasificarse en:<sup>(14)</sup>

**MENORES:** No afectan la utilidad del envase para el fin destinado, no tiene efecto decisivo en el uso operación del producto, ya que es un defecto de apariencia. Ejem: grietas en el cuello o cuerpo.

**MAYORES:** No necesariamente funcionan insatisfactoriamente, aunque se reduce el uso del envase para el fin destinado. Ejem: corona incompleta o deforme.

**CRITICOS:** Produce condiciones peligrosas o inseguras para su manejo y consumo, es inservible. Ejem: partículas de vidrio adheridas al interior.

Quando los defectos menores no son perceptibles a 60 cm de

distancia a partir de donde se encuentra el envase, no deben ser causa de rechazo, pero cuando son perceptibles a simple vista la aceptación dependerá del tamaño, forma, localización, etc. (19)

Sin embargo los problemas más comunes son de fractura del vidrio, las que pueden caer en las siguientes categorías: fractura por impacto, por presión interna y por choque térmico.

### 2.3. ENVASES DE HOJALATA

De entre la amplia gama de medios para acondicionar y preservar los alimentos, el enlatado combinado con el tratamiento térmico es el de uso más generalizado. Debido a que la hojalata posee buenas características a la transferencia de calor, lo que permite destruir los microorganismos capaces de inducir la alteración del alimento, impidiendo su crecimiento en condiciones normales de almacenamiento. (18,42)

Dentro de los diversos materiales utilizados para la construcción de envases la hojalata representa en volumen el primer lugar de los metales utilizados; ya que ofrece una combinación única de rigidez, formabilidad, buena conductividad térmica la cual es conferida por la base de acero, así como impermeabilidad a los gases, aspecto brillante y resistencia a los impactos. Además proporciona una adecuada protección contra la luz, que puede afectar a lípidos y vitaminas, y en ciertas ocasiones algunas características sensoriales. (10,19,34)

Sin embargo, no todos los envases de hojalata son adecuados para la conservación de un alimento. Sólo los denominados "sanitarios" son adecuados para contener productos alimenticios y conservarlos a través de un cierre hermético; entendiéndose por este último a aquel diseñado y destinado para ser seguro contra la entrada de

microorganismos y mantener la esterilidad comercial de su contenido después del proceso.

A pesar de que el costo de fabricación de un envase de hojalata es mayor con respecto a otros materiales para el envasado de alimentos, la utilización de ésta se incrementa, dado que no solo permite lograr una perfecta hermeticidad (consecuencia de la formación del doble sello), lo que permite proteger al producto y evitar cambios en textura, color, sabor y otras reacciones indeseables además que por su poco peso (un envase de vidrio con respecto a uno de hojalata es más pesado) se facilita el manejo y distribución. Esto permite tener un manejo menos cuidadoso e incluso durante el proceso de enlatado manejar velocidades mayores ya que los daños provocados por choques entre envases son mínimos. Esto origina que su costo sea redituable ya que las pérdidas de envases son menores, así como el costo de embalaje y transporte.

Los materiales básicos para la fabricación de envases de hojalata convencionales para alimentos son:

- A) HOJALATA: Como componente estructural del envase.
- B) SOLDADURA: Para unir íntimamente las costuras laterales del cuerpo de la lata.
- C) COMPUESTO SELLADOR O DE CIERRE: Para asegurar la unión hermética entre el cuerpo y las tapas del envase. El compuesto es elástico y capaz de llenar los espacios vacíos en la doble costura.
- D) RECUBRIMIENTO PROTECTOR O BARNIZ: Para mejorar la resistencia del envase, propiciando estabilidad química evitando la corrosión y el desarrollo de manchas.

La hojalata está constituida por láminas delgadas de acero con bajo contenido en carbono, recubiertas por ambas caras con una fina

capa protectora de estaño. Esta puede obtenerse por inmersión o electroquímica, aunque actualmente casi la totalidad de la hojalata se produce por electrodeposición. <sup>25,34,43)</sup>

Ultimamente la hojalata se ha venido sustituyendo para algunos usos específicos, por un material conocido como "chapa cromada o acero sin estaño" (lin-Free-Steel I.F.S.). Este material, está constituido por una banda de acero idéntica a la de la hojalata revestida por una fina capa de cromo metálico y óxidos de cromo. <sup>28,34</sup>

Sin embargo, no puede soldarse por métodos convencionales por lo que se emplea en la fabricación de tapas y fondos, a parte de no ser apropiado para productos con elevada acidez, ya sea natural o artificial; causando bajo la película de esmalte una ampolla, debilitando a su vez la capa de cromo. <sup>35)</sup>

Una vez que se tiene el acero base, es necesario emplear recubrimientos protectores "barniz", los cuales tienen como objetivo: evitar que el acero reaccione con algunos componentes del alimento, dañando no solo a este sino también al envase. <sup>(19,43)</sup>

En seguida se presentan las propiedades generales de los barnices más empleados en envases para alimentos, tabla 3.

Tabla 3.

.. Propiedades Generales De Barnices ..

TIPO	S	F	A	C	Cs	DS	E	Ac	A
ACRILICOS	2	2	2	1	2	1	1	1	1
ALCALINO	3	2	1	1	1	2	2	2	3
EPOXIAMINAS	1	1	1	1	2	1	1	1	1
EPOXIESTER	2	1	1	2	2	2	1	1	2
EPOXIFENOLICO	1	1	1	3	2	1	1	1	2
OLEORESINAS	2	1	1	3	1	2	1	1	3
FENOLICO	3	3	2	3	1	1	1	1	3
POLIBUTADIENO	2	2	1	2	1	1	1	1	1
VINILICO	1	1	2	1	3	3	3	1	1
VINIFENOLICO	2	1	1	2	3	3	2	1	1

FUENTE:Facilagins Encycloepedia 1987(44)

S:Sabor

Cs:Costos

Al:Alcali

F:Flexibilidad

DS:Daños a la soldadura

A:Adhesion

E:Esterilización

C:Color

Ac:Acido

ESCALA:1:Buena 2:Regular 3:Malu

Los esmaltes oleoresinosos se utilizan cuando se pretende enlatar productos de frutas, verduras y carnes, para proteger el color y evitar el emblanquesimiento debido a la interacción entre el producto y el estaño de la lata, lo que lo hace un recubrimiento recomendable para enlatar nopal encurtido. Ya que los vinilicos se emplean para productos delicados como cerveza o bebidas carbonatadas y los fenolicos para productos del mar entre otros; porque a pesar de tener una mayor impermeabilidad y resistencia química que las oleoresinas es menos flexible e imparte sabor y olor a algunos

alimentos.

La mayor parte de estos revestimientos o barnices, se aplican a las laminas de hojalata en rollo antes de la fabricación de la lata, aunque puede aplicarse al bote elaborado total o parcialmente, teniendo como ventaja el mantener la continuidad de la película. Cualquier recubrimiento debe ser atóxico, sin color y sabor, de rápida aplicación y solidificación, resistir la manipulación durante la fabricación y ser económico.

Al mismo tiempo, existen recubrimientos de uso externo para evitar la corrosión y de tipo decorativo cuya finalidad es mejorar el aspecto del envase y proporcionar información al consumidor acerca del producto.

Una vez obtenidas las láminas de hojalata, son cortadas y unidas. La unión del cuerpo-costura lateral puede hacerse sellandolos formando una doble costura y soldando posteriormente con una aleación plomo estaño en proporciones variables aunque la más utilizada es de: 98 % Pb y 2 % Sn. Puede soldarse también con arco eléctrico o por cementado aunque la soldadura convencional sigue siendo la más utilizada; además de que los envases de 3 piezas cementados no pueden utilizarse en operaciones asepticas por las temperaturas empleadas durante la esterilización. (9.43)

Finalmente se lleva a cabo la unión del fondo al cuerpo, lo cual puede efectuarse por simple soldadura, pero en general se utiliza el proceso de "sertido" o formación de un doble sello, de manera similar al que se efectúa en la costura lateral. Para garantizar la estanqueidad del cierre, en lugar de soldadura se emplea un compuesto sellador, el cual se localiza en la parte inferior del borde de la tapa que se unirá al cuerpo del envase. Una vez que ha sido llenada la lata, la tapa es colocada de manera similar a la anterior.

Enseguida se muestra un envase de hojalata terminado: 15

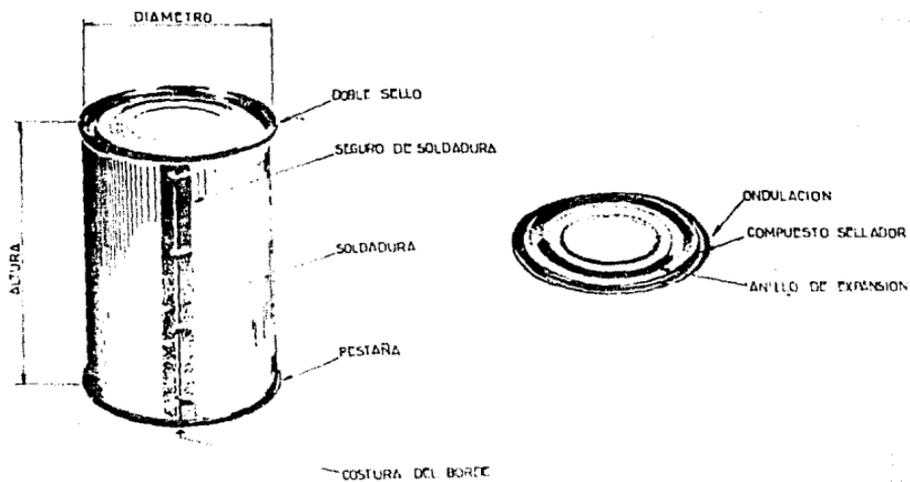


Figura No 4. ENVASE METALICO DE TRES PIEZAS

### 3. EL ENLATADO

El enlatado puede definirse como el proceso de conservación de los alimentos por la aplicación de un tratamiento térmico a algún producto contenido en un envase hermético (sanitario) y mantener así su esterilidad comercial. (28)

Existen dos métodos por los cuales se puede llevar a cabo el enlatado:

a) Llenando el envase de producto, cerrarlo herméticamente y a continuación se le da un tratamiento térmico y posteriormente un enfriamiento hasta que todos los microorganismos, capaces de deteriorar el alimento sean destruidos.

b) Esterilizando el producto en forma continua en intercambiadores de calor, después se enlata asepticamente en recipientes preesterilizados que cierran a continuación bajo condiciones asepticas.

En seguida se hablará de las operaciones del enlatado convencional.

#### A. PREPARACION DEL ALIMENTO

Las operaciones previas al enlatado tales como la inspección, lavado y escaldado del producto deben realizarse perfecta y rápidamente, ya que un retraso permite el desarrollo de microorganismos de rápido crecimiento lo que lleva a la pérdida de calidad del producto terminado. (20,27,38)

## B. EVACUACION

El llenado junto con la evacuación son operaciones de gran importancia dentro del proceso de enlatado, ya que:

1. Disminuye el número de fugas debidas a la tensión de la lata.
2. Se expulsa el oxígeno, que acelera la corrosión interna de la lata.
3. Se crea un vacío una vez enfriada la lata. Es necesario asegurarse que las tapas permanescan planas o ligeramente cóncavas durante el procesamiento térmico, al variar levemente las condiciones de almacenamiento.

El vacío es la condición en donde la presión de un sistema es menor que la presión atmosférica, esta puede referirse en términos de pulgadas y se emplea comúnmente para denotar condiciones de presión herméticamente cerrado.

La formación de vacío es posible eliminando todo el oxígeno presente en el alimento y sustituyéndolo por vapor, el cual al condensarse logra disminuir la presión dentro del envase con esto no sólo se restringe el crecimiento de microorganismos aerobios que pueden alterar la calidad del producto, lo que resulta de suma importancia en alimentos en donde el tratamiento térmico ha sido corto y en donde la posibilidad de daños ocasionados por microorganismos es mayor. Además, evita el desarrollo de reacciones tales como la oxidación de grasas o vitaminas en donde el oxígeno es indispensable, evitando así daños al color y sabor del producto. (25,37)

Por otra parte el que esta presión sea menor que la atmosférica origina que la tapa de la lata se encuentre con el centro ligeramente hacia adentro (cóncava) por lo que este es un índice visual de las condiciones en las que se encuentra el producto, ya que si no fue eliminado correctamente el oxígeno contenido en el alimento, una vez enlatado el producto puede liberarse y reducir el vacío.

## I. Espacio Cabeza

El espacio cabeza puede definirse como el volumen dentro de un envase sellado que no es ocupado por el producto, en relación a la capacidad del envase o en relación a el volumen del producto. Este tiene que ser cuidadosamente seleccionado, ya que influye en la presión desarrollada en el envase como función de la temperatura.

El espacio cabeza debe ser referido a su aplicación como sistema producto-envase de tal forma que puede referirse como espacio bruto y espacio cabeza.

1.-Espacio cabeza bruto. Es la distancia vertical entre el nivel del producto (generalmente la superficie del líquido) en un envase rígido vertical y el borde superior del envase (el borde superior del sello doble de una lata o la orilla superior de un frasco de vidrio).

2.-Espacio cabeza neto. De un envase que tiene un sello doble como una lata, es la distancia vertical entre el nivel del producto (generalmente la superficie del líquido) en el envase rígido vertical y la superficie interna de la tapa.

Son tres las variables relacionadas con el espacio cabeza:

a) La concentración de gas en el espacio cabeza

En la mayoría de los alimentos enlatados el gas del espacio cabeza consiste de aire y vapor de agua.

Mereciendo atención especial el oxígeno en la industria alimentaria, por su efecto perjudicial en algunos de sus componentes como se menciona anteriormente, tanto en el producto como en el envase como es el caso de la corrosión.

#### b) El volumen del espacio cabeza

Es importante y se hace para tener un control, ya que puede afectar el proceso térmico. Cuando se tiene un exceso de producto, la eliminación de oxígeno no llega a completarse, además de que no es posible la libre expansión del producto ya que no cuenta con espacio para ello por lo que la lata se deforma.

Dado que la función de dicho espacio cabeza es la de atrapar el vapor y como este presenta una conductividad térmica mayor que la del aire se favorece además la penetración de calor al sistema.

El espacio cabeza puede controlarse usando una máquina llenadora que reparte un cierto volumen del producto dentro de cada envase o usando una máquina espaciadora de cabeza. Este generalmente se expresa en mililitros aunque este varía de acuerdo al producto, proceso y diseño del envase, un indicador empírico es que no debe ser menor del 6 % del volumen del envase, medido a la temperatura de sellado (para alimentos sellados al vacío se recomienda de 6 a 12%). (25,27,28)

## II. Temperatura del producto

La temperatura del producto afecta el vacío, ya que ésta ayuda a la expansión del producto lo que facilita la expulsión del aire sustituyéndolo por vapor de agua, por lo que generalmente al elevarse la temperatura de llenado menor será la cantidad de aire atrapado en el producto, aunque existen ya mecanismos con lo que se puede obtener el vacío deseado. (21,48)

Comercialmente los métodos para expulsar el aire de las latas son tres de los cuales se presenta una evaluación de diversos factores, ver tabla No 4.

Tabla No 4.

Comparacion de los metodos de expulsion de aire:

FACTORES EVALUADOS	LLENADO EN CALIENTE O AGOTADO TERMICO	VACIO MECANICO	DESPLAZAMIENTO CON VAPOR
Variedad.	Buena	Buena	Regular
Sanidad.	Regular	Buena	Buena
Espacio requerido.	Grande	Moderado	Ninguno
Conveniencia de elevar la temperatura	Regular	Buena	Buena
Conveniencia de elevar la temperatura de produccion.	Regular	Buena	Buena

FUENTE: FUNDAMENTAL OF FOOD CANNING TECHNOLOGY

John M Jackson and Byron M Shinn. 1979(25)

Para la seleccion del metodo de expulsion de aire adecuado es necesario tomar en cuenta las caracteristicas del producto. En el caso del llenado en caliente es necesario considerar que para algunos productos el emplear elevadas temperaturas deteriora su calidad, en cambio se adapta a productos en donde la penetracion de calor se lleva a cabo rapidamente como en el caso de productos envasados con salmuera, no siendo recomendable para productos solidos. (25,28)

En el caso del metodo mecanico o el desplazamiento con vapor es poco recomendable para productos donde hay dificultad para expulsar el aire, ya que esta disuelto o tiene ocluidas grandes cantidades o cuya superficie impide el paso libre de vapor, es recomendable para liquidos. (25,28)

Una combinación de llenado en caliente y desplazamiento con vapor o agotado después de llenada la lata o del llenado seguido por desplazamiento con vapor, son más eficientes para lograr el vacío deseado.

### C. CERRADO DE LA LATA

Una vez que se ha llevado a cabo el llenado de la lata, es necesario cerrar, lo que se logra uniendo la tapa al cuerpo.

El procedimiento más utilizado y que puede considerarse convencional, es el conocido como sello doble; dicha unión se efectúa enlazando mecánicamente previa inserción de la pestaña del cuerpo con el borde de la tapa. Este sello se forma en dos operaciones de ahí su nombre. <sup>(19, 58)</sup>

Sin embargo, este cierre no es hermético, por lo que para garantizar su hermeticidad es necesario aplicar una solución de goma o compuesto sellador, el cual se encuentra en el interior del borde de la tapa. El compuesto es elástico y al llevarse a cabo un aumento en la temperatura del metal y con la presión de sellado este se mueve y llena los espacios para la formación del sello doble. <sup>(38)</sup>

El cierre terminado debe ajustarse a ciertas dimensiones normalizadas, considerándose la forma y longitud de los ganchos del cuerpo y de la tapa, la superposición de los ganchos, la altura del cierre, etc. Cuando este es perfecto se obtiene un cierre eficiente y hermético, haciendo imposible cualquier recontaminación durante el enfriamiento, manipulación y almacenamiento.

Una vez concluida la operación de cerrado el producto está listo para ser tratado térmicamente. En caso de no ser distribuido inmediatamente, es necesario almacenarlo en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa. Verificando continuamente el manejo y condiciones de almacenamiento para evitar pérdidas de producto lo que reducta en las ganancias.

### 3.1. ALTERACIONES EN ALIMENTOS ENLATADOS

Un alimento enlatado se encuentra alterado cuando por cualquier motivo ha sufrido deterioro. Esto puede deberse a diversas causas, entre las cuales se incluyen daños por microorganismos, reacciones químicas entre el alimento y la lata, deficiencias técnicas en el proceso de enlatado, falta de cuidado en el manejo del producto y malas condiciones de almacenamiento.<sup>(21)</sup>

Las latas alteradas pueden presentar un aspecto absolutamente normal o claras anomalías, como deformidades. A continuación se enumeran las causas de alteración más frecuentes:

#### a. Tratamiento insuficiente

Esto origina que los microorganismos presentes no sean eliminados y aquellos que se encuentran en estado de latencia se activen. Sin embargo, es importante distinguir entre una alteración producida por microorganismos termoresistentes y la producida por una mala práctica de enlatado, pero no siempre es posible evitar estas alteraciones mediante un calentamiento más intenso.<sup>(21,27)</sup>

Otros factores que dan lugar a alteraciones son la limpieza insuficiente del equipo, manejo inadecuado del autoclave o a la disposición de las latas dentro del autoclave.

#### b. Fugas a través de las costuras

Es la contaminación que más se presenta, es producida por un microorganismo que penetra a través de las aberturas presentes en la lata.

Los tipos de aberturas presentes en la lata pueden clasificarse como: defectos grandes en las costuras, diminutas aberturas capilares

en las costuras de los extremos, deformación de la costura o perforación de la lata producida por manejo rudo y perforación producida por corrosión.

Sin embargo pueden ser tan pequeños los defectos de las soldaduras, que las bacterias sean incapaces de pasar a través de ellas, pero el vacío va desapareciendo paulatinamente hasta equilibrarse con la presión atmosférica. En este caso latas ofrecen aspecto normal, a menos que se hallen sujetos a variaciones térmicas.

Es importante, que si entre el llenado y el tratamiento térmico transcurre bastante tiempo pueden desarrollarse microorganismos de crecimiento rápido, especialmente en climas calurosos calurosos. Aunque la fuente más común de contaminación es el agua utilizada para el enfriamiento.

#### c. Corrosión interna

La hojalata no es totalmente estable frente a los alimentos, lo que origina la corrosión cuya magnitud depende de las condiciones fisicoquímicas de la interfase metal-producto, lo cual limita su vida de anaquel.

La cantidad de hidrógeno producida por la corrosión electroquímica del estaño no es la suficiente para que se produzca una pequeña disminución del vacío, pero una vez que ataca el hierro la producción de hidrógeno avanza rápidamente y la lata se abomba debido a la presión del gas.<sup>(30)</sup>

Se observan diversos grados de abombamiento, que oscilan desde lanzado (una tapa convexa), a fuertemente abombado (tiene las dos tapas muy convexas) y en algunas ocasiones puede originar la perforación del envase, lo que significa el fin de la vida útil del producto afortunadamente ocurre en contadas ocasiones tras prolongados periodos de almacenamiento en condiciones adversas.<sup>21.94</sup>

Es importante mencionar que las distintas capas constituyentes de la hojalata presentan siempre una estructura discontinua, en mayor o menor grado como consecuencia de la porosidad natural y de los daños o defectos mecanicos derivados de las manipulaciones a las que se ve sometido. Esta falta de continuidad permite que el producto envasado entre en contacto con los distintos metales constituyentes. ( Estaño, hierro y plomo )<sup>34.37</sup>

Cuando la hojalata esta protegida por barnices, la pelicula de barniz permanece intacta, al producirse el desestañado de las zonas no recubiertas pierde contacto con el metal base a medida que la capa de estaño va siendo disuelta por debajo del barniz.

La extension y velocidad del proceso de corrosion de la hojalata depende de gran numero de factores :Caracteristicas de la hojalata, caracteristicas del producto envasado, proceso de fabricacion (enlatado) y de las condiciones de almacenamiento.

Algunos de los cambios desfavorables sobre la calidad del producto al presentarse corrosion son:<sup>36</sup>

- . Cambios organolepticos y en valor nutritivo.
- . Desestañado de la lata con perdida de su aspecto brillante lo que puede originar el rechazo del consumidor.
- . Incorporacion de iones metalicos particularmente estaño, hierro y plomo.

#### d. Corrosion externa

Es menos frecuente y aunque solo en ocasiones puede provocar graves perdidas por deterioro total de los envases, lo que desmerece su aceptacion.

En la mayor parte de los casos, la corrosion externa del envase tiene lugar por oxidacion del acero, debido a las condiciones ambientales sobre todo en el caso de la humedad relativa, aunque

también puede originarse por el derramamiento del contenido de las latas, contaminación del agua del autoclave y residuos de agua de enfriamiento, por lo que es conveniente secarlas. En cualquiera de los casos se presenta la formación de herrumbre que en casos muy extremos puede llevar a la perforación.

Los mayores problemas de corrosión externa tienen lugar durante el almacenamiento, transporte y distribución, ya que durante estas etapas tienden a agravarse los daños iniciales. (25.30.49)

También la composición de los materiales de embalaje debe ser objeto de atención. Si los adhesivos o etiquetas contienen sustancias higroscópicas puede formarse herrumbre bajo las etiquetas.

Si después de eliminar la herrumbre, la inspección revela que el metal se halla definitivamente picado, es conveniente eliminarlo ya que existe el peligro de que se perforo. En caso de que la lata solo este ligeramente oxidada y sin picaduras apreciables, puede considerarse apta para consumo inmediato. (21)

#### e. Otras alteraciones

En algunos casos pueden haber tensiones que pueden conducir a alteraciones por la aparición de fugas. En estos casos es recomendable reducir la presión de vapor lentamente o realizar el enfriamiento a presión. Sin embargo este tipo de deformaciones puede deberse a que la hojalata empleada es excesivamente delgadas. Las tensiones provocadas por la expansión de los gases residuales en el alimento, pueden provocar la distorsión del envase de acuerdo a la cantidad de aire residual y de los gases presentes en alimento y en el espacio cabeza. (21.20.30)

A su vez las latas llenadas excesivamente pueden deformarse durante el tratamiento térmico, generalmente el contenido sale de la lata como consecuencia de la expansión.

Cuando el espacio cabeza es muy grande y el producto no se calienta lo suficiente como para llenar todo el espacio con vapor el cuerpo de la lata se desplaza hacia adentro, deformandose los lados permanentemente. Un efecto similar ocurre al enfriar las latas con aire a presión excesiva o cuando la hojalata empleada es muy delgada. La disminución del volumen ocasionada por el hundimiento parcial de las latas disminuye el vacío; en casos muy graves pueden aparecer fugas. <sup>(21,38)</sup>

Cuando la lata sufre encuadrado, el doble sello se separa en una cierta extensión lo que puede dar lugar a infiltraciones y deteriorar el contenido. <sup>(38)</sup>

Las abolladuras en la costura del cuerpo o debajo del doble sello son las más graves; producirse fácilmente cuando las latas quedan ligeramente sueltas dentro de la caja chocando entre ellas o en algunos casos por manejo excesivamente brusco.

Cualquiera de estas alteraciones puede ser evitada instruyendo al personal acerca de la limpieza requerida por el equipo, condiciones de proceso y almacenamiento del producto, para evitar cualquier contaminación.

## II.METODOLOGIA



## Desarrollo Experimental

El nopal encurtido se adquirió en la Empacadora la Potosina S.A. de C.V.. El cual fue obsequiado y transportado por los mismos a la nave 2000 de Ingeniería en alimentos en C-4, donde se llevó a cabo la experimentación.

De acuerdo a la secuencia presentada en cuadro metodológico, el nopal se seleccionó eliminando aquellos cuyo aspecto y/o textura no fueran aptos para su procesamiento. Ya seleccionados se cortaron longitudinalmente a un ancho de 1 cm aproximadamente, los que posteriormente se sometieron a un desalado hasta que el producto tenga aproximadamente 4 % de sal. Dicho desalado se realizó de manera similar para la cebolla y Chile serrano encurtidos. En el caso de cilantro se empleó en fresco por lo que solo se picó, lavó y desinfectó.

Una vez finalizada la operación anterior, el producto fue envasado tanto en vidrio como en hojalata. Y dado que el objetivo del presente proyecto fue comparar ambos sistemas de conservación y como en el caso de vidrio ya conocemos las condiciones para el envasado de nopal encurtido, y en el caso de hojalata no, fue necesario determinar las condiciones tanto para el enlatado como para el tratamiento térmico.

Para ello siguiendo el cuadro metodológico, se llevó a cabo la Fase Experimental I en donde se determinaron las condiciones para enlatar nopal encurtido. Para lo cual se utilizaron dos temperaturas de llenado (líquido de cobertura) y cuatro espacios cabeza, lo que fueron seleccionados de acuerdo a lo referido por Luhn et al 1976 y Lopez 1987 ( 31,28 ). Tomando además en cuenta que la temperatura de llenado para el envasado en vidrio es 85 °C.

Utilizando dichas condiciones se logra evacuar el aire ocluido en el producto, el cual una vez que se enfría forma vacío. Por lo que para determinar la hermeticidad del envase se utilizó la norma

NOM-F-144-1978 " Determinación del vacío en recipientes rígidos herméticamente cerrados ".

Para el análisis estadístico se empleo un análisis factorial, ya que con este se puede observar la interacción entre los tratamientos, temperatura de llenado y espacio cabeza. Posteriormente se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada tratamiento por separado temperatura de llenado-espacio cabeza para poder observar en los resultados obtenidos a los niveles de variación manejados, si las medias son iguales o diferentes. Dado que este análisis nos indica si existen diferencias pero no cuales la generan, se llevo a cabo una prueba de rango multiple de Duncan a partir de la cual es posible inferir que medias son diferentes, por lo que en todos los casos en donde el ANOVA indicara alguna diferencia se utilizo.

Por otra parte se efectuo una inspección visual de la lata con el fin de verificar la ausencia de fugas.

Finalizada la Fase I y una vez discutidos los resultados, se seleccionaron las condiciones para el enlatado, con los cuales se prosiguió la Fase II en donde realizo el ajuste de los termopares, la localización del punto frío y finalmente en seguida se calcularon los tiempos de proceso térmico.

Los termopares son de cobre constantano y fueron adquiridos en una casa comercial, para su ajuste se empleo aceite comestible dado que este tiene un punto de ebullición mayor que el del agua y es posible alcanzar las temperaturas que se emplearon durante la experimentación, y con esto tener certeza de los resultados obtenidos. Los resultados fueron tratados por medio de una regresión lineal y obtener así en comportamiento real de los termopares.

Posteriormente se localizó el punto frío. El encontrar el punto de más lento calentamiento asegura que en los demás puntos del sistema el tratamiento será efectivo. Por esto en donde el tiempo fue mayor se localizo dicho punto; para ello se tomo como parámetro  $t_{90}$  ya

que este es un índice de la velocidad de penetración de calor, este que es el tiempo en minutos para que una parte de la curva de calentamiento trazada en papel semi-logarítmico recorra un ciclo. Los datos obtenidos se analizaron por medio de un ANOVA para conocer si existen diferencias entre los tiempos o no, y observar la influencia de la localización del termopar.

Para ello se tomó en cuenta lo referido por Lopez 1987 (28), en donde se establece que el punto frío para productos donde la transferencia de calor es por conducción se encuentra a  $1/2$  de la altura del envase mientras que para aquellos donde se efectúa por convección se localiza a  $1/3$ .

Concluido lo anterior, se procedió al cálculo del tiempo de proceso térmico para lo cual fue necesario considerar las características del producto especialmente el pH, ya que de este depende el tipo de microorganismo propenso a desarrollarse.

Los nopales encurtidos tiene un pH máximo de 4.0 por lo que se considera como alimento ácido, el que además es ligeramente acidificado por medio del líquido de cobertura. De acuerdo a lo anterior el producto requiere solo pasteurización por lo que se empleó como temperatura de retorta (T.R.) 90 y 100 °C. Sin embargo, se utilizó una temperatura considerada de esterilización con el fin de disminuir el tiempo de proceso y afectar mínimamente algunos atributos de calidad del producto, 105 °C.

Durante la localización del punto frío, se obtuvieron las curvas de penetración de calor a las diferentes Temperaturas de retorta a partir de las cuales se calculó el tiempo de proceso térmico utilizando el método matemático y el gráfico propuesto por Stumbo 1975 (50) y tomando en cuenta  $F = 1.5$  de acuerdo a lo referido por Rodrigo y Saffon 1980 para alimentos ácidos (47).

Una vez realizado lo anterior, se procesó el nopal a las condiciones determinadas de tiempo de proceso térmico a las

diferentes temperaturas empleadas, para en seguida evaluar los  
muestras a continuación.

PROPIEDAD FISICOQUIMICA

TECNICA

Cloruros	Método de Mohr
Acidez	AOAC. 32.043 1984
Sólidos solubles	AOAC. 30.005 1965
Textura	Fenetrometro
Microbiológicos	F.D.A. Microbiology

Dichas determinaciones se realizaron tanto para vidrio como para  
lata con el fin de comparar los resultados y observar el efecto que  
tiene enlatar nopales encurtidos.

Ya que un gran número de factores que intervienen y definen los  
atributos de calidad y aceptación de cualquier alimento solo pueden  
medirse por métodos sensoriales. Los métodos de evaluación pueden  
dividirse en sensitivos, cualitativos y afectivos. En el caso de  
los tres primeros deben efectuarse en laboratorio y llevarse a cabo  
por jueces entrenados mientras que la última es una prueba para  
consumidores, con personas que finalmente emplearan el producto.

Dentro de las pruebas sensitivas se encuentra la de triángulo  
que tiene como objetivo determinar si existe diferencia  
sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando 3 muestras  
a la vez de las cuales dos son iguales y una diferente ( 35,40 ), sin  
embargo, para el presente trabajo se aplicó para hacer una selección  
de entre 50 jueces no entrenados, con muestras que diferían en cuanto  
textura y contenido de sal. De aquí 34 acertaron a la respuesta , a  
estos se les aplicó una prueba para conocer de acuerdo al criterio  
personal subjetivo, si el producto resulta desagradable o agradable  
para lo que se empleó la prueba de nivel de agrado en donde se  
utiliza una escala no estructurada ( hedónica ) donde se puntualiza  
la característica de agrado de 4 puntos desde un extremo agrado hasta

el desagrado ( 35.40 ) ya que si se emplean otras pruebas solo se sabría cual es la preferida por el juez y no se evaluarían algunas de las características de interés, del producto.

El producto enlatado de mayor aceptación se mantuvo en cuarentena a aproximadamente 40 °C para acelerar la descomposición y detectar cualquier error dentro del proceso, así como para verificar si el tratamiento térmico empleado es el suficiente para evitar el deterioro del producto.

Complementariamente, a partir de las curvas de penetración se realizó un análisis del comportamiento del producto a la transferencia de calor, calculándose la difusividad térmica  $\alpha$  (  $m^2/seg$  ) así como parámetros adimensionales como el  $N_{Bi}$ ,  $N_{Fo}$  y  $N_{Fz}$ .

Para llevar a cabo lo anterior se emplearon solo los datos obtenidos a temperatura de retorta de 100 °C. A partir de la gráfica de  $TR-TC/TR-TI$  contra el tiempo ( minutos ) se obtuvo la difusividad térmica para con ésta calcular la conductividad térmica (  $W/m \cdot ^\circ C$  ).

Por medio de una regresión lineal de  $Y=TR-TC/TR-TI$  y  $N_{Bi}$ , considerando que se acerca a una recta se obtuvo el  $N_{Bi}$  y a partir de este conocer el coeficiente de película  $h$  (  $W/ m^2 \cdot ^\circ C$  ). Siguiendo este procedimiento tanto para el líquido de cobertura como para el nopal encurtido, realizándose finalmente el análisis para el sistema.

## Diseño Experimental

### FASE 1.

De acuerdo al cuadro metodológico, se inició la Fase experimental utilizando como condiciones: temperatura de llenado (Líquido de cobertura) de 85 y 90 °C, así como espacio cabeza de 6, 8, 10 y 12 %.

#### \* Factores a controlar:

Tamaño de la lata  
Cantidad de producto  
Forma de llenado

#### \* Unidad experimental

Nopal encurtido adicionado de hortalizas ( cebolla, cilantro y chile serrano ) y líquido de cobertura.

#### \* Variables

Temperatura de llenado  
Espacio cabeza

#### \* Variable de respuesta

Vacio (inHg)

### 1.1. Desarrollo.

El producto fue envasado manualmente en botes de hojalata de 3 piezas cilíndricos 401 X 411, con tapa normal y con cuerpo acordonado. Estos inicialmente fueron marcados a la distancia correspondiente a los distintos espacios cabeza, teniendo así 0.69, 0.92, 1.15 y 1.38 cm para 6, 8, 10 y 12 % respectivamente.

Realizado lo anterior se colocó la cantidad de nopal y hortalizas necesario para garantizar el peso drenado mínimo.

Concluido esto, se calentó el liquido de cobertura a 85 ° C para posteriormente llenar la lata hasta la distancia marcada agitandose para ayudar al desplazamiento del aire ocluido, después de lo cual se cerro inmediatamente utilizando una engargoladora manual marca polingenieros, verificando finalmente por medio de una inspección visual la ausencia de fugas. Lo anterior se realizo para todos los espacios cabeza, repitiendose de igual manera para una temperatura de llenado de 90°C.

Para evaluar la hermeticidad, se dejó estabilizando el producto 24 horas a temperatura ambiente, después de lo cual se llevó a cabo el análisis antes mencionado. ( NOM-F-144 1978 )

#### FASE II.

Para determinar las condiciones de tratamiento termico al cual debe someterse el nopal encurtido se llevo a cabo la segunda fase experimental la cual se divide en: El ajuste de termopares, la localización del punto frío y el calculo del tiempo de proceso térmico.

En esta fase se analiza el efecto de enlatar el producto y su comparación con el proceso en vidrio.

## II.a.

- \* Factores a controlar
  - Registrador utilizado
  - Termometro de mercurio
- \* Unidad experimental
  - Aceite comestible
- \* Variable
  - Temperatura del aceite comestible
- \* Variable de respuesta
  - Temperatura detectada por el termopar

### II.1.Desarrollo

Con el fin de obtener lecturas confiables con los termopares adquiridos, se llevo a cabo el ajuste de los mismos. Dichos termopares constan de dos alambres, uno de cobre y otro de constantano soldados, y aislados con asbesto estos son resistentes a la corrosion, tienen un limite superior de temperatura de 204 ° C y se pueden usar en vacio, por lo que fueron utilizados en el presente trabajo.

El ajuste se realizo con aceite comestible. En un recipiente metalico se colocó el aceite y se calentó por medio de un mechero fisher, dentro se puso tanto el termopar como el termometro de mercurio. En seguida tomaron lecturas aproximadamente cada 6 °C, aumentando la temperatura primeramente hasta 120°C y posteriormente disminuyendola hasta aproximadamente 30 °C.

Los resultados obtenidos se trataron por medio de una regresión lineal a partir de la cual se realizo el ajuste del termopar.

## II.b

### \* Factores a controlar

Espacio cabeza

Temperatura de llenado

Cantidad de producto

Temperatura de esterilización

### \* Unidad experimental

Nopal encurtido adicionado de hortalizas ( cebolla, cilantro y chile serrano ) y liquido de cobertura.

### \* Variable

Distancia a la que es colocado el termobar dentro de la lata

### \* Variable de respuesta

Tiempo en minutos, utilizando como parámetro fh

Con los resultados obtenidos los resultados de la fase I , se procedio a la localización del punto frio para lo cual se seleccionaron seis puntos dentro del sistema tratando de cubrir la mayor superficie. Los tres primeros sobre el eje longitudinal y los otros fuera del mismo, ver Fig. 5.

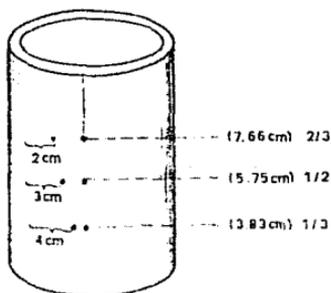


Fig.5.DETERMINACION DEL PUNTO FRIO.

Para llevar a efecto lo anterior, se colocaron los termopares en los puntos seleccionados. Posteriormente, se lleno la lata a las condiciones establecidas en la fase experimental I, se cerro y sometio a tratamiento termico a T.R. 105 °C en una autoclave estacionaria vertical estandar ( marca polingenieros ).

Con los datos tiempo-temperatura se calculo fh de acuerdo a SUMBO y VALLE, ( 50,51 ).

### II.c.

\* Factores a controlar

Temperatura de llenado

Espacio cabeza

Cantidad de producto

Distancia a la cual se coloca el termopar

\* Unidad experimental

Nopal encurtido adicionado de hortalizas ( cebolla, cilantro y chile serrano ) y liquido de cobertura.

\* Variable

Tres diferentes temperaturas de esterilización.

\* Variable de respuesta

Tiempo de proceso termico

### II.2.Desarrollo.

Localizado el punto frio, utilizando nuevamente termopares de cobre constantano. Se procedio a obtener las curvas de penetración de calor a partir de las cuales se calculo el tiempo de proceso termico.

Una vez realizados los cálculos para obtener el tiempo de proceso a las diferentes temperaturas de esterilización ( I.R. ), se procesó nuevamente producto con el fin de evaluar los atributos de calidad antes mencionados, en el caso de la textura se empleó un método empírico ( penetrómetro empírico ). De manera similar se realizó para el producto envasado en vidrio, para comparar ambos sistemas de conservación.

Dado que al someter algún producto a tratamiento térmico este se cocce y ablanda, es de gran importancia determinar cuantitativamente estos cambios con un equipo que sea preciso. Por ello se determinó si el equipo utilizado es preciso, entendiéndose por esto la capacidad de algún instrumento o sistema de medición para reproducir los mismos valores cuando la magnitud se mide repetidas veces. De acuerdo al análisis estadístico realizado se obtuvo que el penetrómetro es preciso, obteniéndose los siguientes resultados para dicho equipo.

Desviación estándar = 6.7868

Coefficiente de variación = 3.2357 %

Intervalo de confianza = 1.8757 %

Máxima desviación aceptable = 5.9314 %

Concluido lo anterior se llevaron a cabo pruebas panel para conocer el nivel de agrado del consumidor, para ello se solicitó a los jueces no fumar ni ingerir algún alimento por lo menos una hora antes de la prueba, efectuándose para los distintos grupos la prueba a la misma hora para las diferentes muestras a evaluar ( esto también se llevo a cabo para la prueba de triángulo ). El producto enlatado de mayor aceptación se mantuvo en cuarentena en una incubadora marca MAFSA modelo EC-334 a aproximadamente 40 °C.

Finalizadas ambas fases experimentales fue posible determinar las condiciones más adecuadas para enlatar nopal encurtido, así como presentar las diferencias encontradas con respecto al envasado en vidrio.

### III. ANALISIS DE RESULTADOS

## FASE EXPERIMENTAL I.

Con el envasado se persigue proteger al máximo las características del producto, sin embargo para lograr esto es necesario que el producto se encuentre a ciertas condiciones, que le permitan alargar su vida de anaquel. Uno de los factores determinantes dentro del proceso de enlatado es la formación de vacío, ya que impide que se lleven a cabo reacciones indeseables tanto en el producto como en el envase, además de que facilita la transferencia de calor.

Para esto los nopales encurtidos se enlataron a las condiciones dadas en el cuadro metodológico, a partir de las cuales se obtuvieron los siguientes valores de vacío, ver tabla I.

Tabla I.

" Condiciones de hermeticidad promedio "

Determinación: Vacío (in Hg)

Nopal Encurtido Enlatado

TEMPERATURA DE LLENADO (°C)	ESPACIO CABEZA (%)			
	6	8	10	12
85	5.367	5.0	4.733	4.417
90	6.367	5.36	5.167	5.083

A los datos de la tabla I, se les realizó un análisis estadístico factorial en donde se obtuvo que no hay interacción alguna entre la temperatura de llenado y el espacio cabeza, pero si por separado cada una de ellas, lo que puede deberse a que la diferencia de 5 °C que existe entre las dos temperaturas de llenado no permite observar un cambio estadísticamente apreciable en los valores de vacío obtenidos.

Por esto se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada temperatura de llenado por separado a los espacios cabeza empleados, en donde se obtuvo que no existe diferencia alguna al utilizar distintos espacios cabeza cuando el líquido de cobertura se encuentra a 85 °C. Es decir que la hipótesis nula en donde todas las medias son iguales se rechaza ( $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ : por lo menos dos de las  $\mu$  son diferentes ). Al ser menor la temperatura empleada "el vapor disponible para eliminar el aire ocluido es menor y aunque los valores de vacío son distintos a los diferentes espacios cabeza estadísticamente no es apreciable.

Sin embargo, al emplear una temperatura de llenado de 90 °C, esta diferencia es lo suficientemente apreciable ( $\alpha=0.01$ ) por lo que es necesario realizar una prueba de Duncan, con el fin de inferir que valores dan la diferencia, ya que la prueba nos indica cuales medias son iguales. De dicho análisis se obtuvo que sólo 6 % de espacio cabeza es distinto a los otros espacios; lo que se debe a que la temperatura del líquido está cerca del punto de ebullición lo que permite desplazar una mayor cantidad de aire del producto, además de que por ser más pequeño el espacio se logra cubrir completamente con el vapor generado.

En el caso de nopal enlatado no se cuenta con especificaciones de vacío, sin embargo sabemos que en el caso de vidrio el valor mínimo permitido es de 3 in Hg. Como se puede observar en la tabla 1 con cualquiera de las temperaturas y espacios cabeza empleados este valor es superior; por lo que tomando en cuenta que al elevar en 5 °C la temperatura del líquido de cobertura implica gastos adicionales de energía, conociendo que sólo 6 % de espacio cabeza es significativamente diferente y que no son considerablemente diferentes los valores de vacío obtenidos para las condiciones empleadas, se utilizó como temperatura de llenado 85 °C. Por otra parte a esta temperatura no existe diferencia alguna al usar cualquier espacio cabeza (6, 8, 10 o 12 %) y con el fin de economizar líquido, pero observando que el nopal quede cubierto por el mismo se empleó 10 % de espacio cabeza.

Hay que tomar en cuenta que dentro del proceso de enlatado es posible aumentar el vacío empleando además del llenado en caliente un agotado térmico, mecánicamente por medio de una bomba de vacío o por desplazamiento con vapor del aire del espacio cabeza. ( 25 ).

#### FASE EXPERIMENTAL II.

Concluida la primera fase experimental, se efectuó el ajuste de los termopares. Con los datos de temperatura tanto del termómetro de mercurio como del termopar se llevó a cabo una regresión lineal, y ya que la correlación obtenida fue de 0.9992 se tomó como aceptable para asumir que el comportamiento real de los mismos sea representado por una ecuación de primer grado.

De acuerdo al cuadro metodológico se prosiguió a la localización del punto frío a partir del cálculo de  $t_h$  y ya que este tiene unidades de tiempo el punto donde éste valor fue máximo se localizó el punto frío.

Al graficar  $\log \frac{IR - IC}{IR - II}$  contra el tiempo ( minutos ) para los valores obtenidos en cada punto, se pudo observar que se trata de una curva quebrada en la cual se manifiestan las dos formas de transferencia de calor existentes en el sistema, por un lado el nopal que por ser un sólido transfiere más lentamente el calor, por conducción y por otra parte el líquido en donde el calor se propaga rápidamente por convección, esto puede observarse en las gráficas 1-3. Por lo que fue necesario analizar las dos fases por separado.

Los valores obtenidos de  $t_h$  se analizaron por medio de un ANOVA en donde para la fase líquida se encontró que la diferencia es poco significativa diferencia ( $\alpha=0.1$ ) entre los seis distintos tiempos lo que se debe a los movimientos convectivos naturales que se presentan en esta fase por los cambios de densidad, ya que de alguna manera pudiera parecer que el punto frío se mueve continuamente. Sin embargo, en el punto 1 (ver desarrollo experimental) se tiene el

valor máximo de  $t_h$  es decir el mayor tiempo, por lo que, para esta fase el punto frío se localiza a  $1/3$  de la altura del envase sobre el eje longitudinal.

De igual manera para la fase sólida se realizó un ANOVA en el cual se encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.01$ ) entre los seis puntos, al encontrar diferencias se llevó a cabo una prueba de Duncan en donde se observó que todas las medias son diferentes aunque el tiempo mayor se localiza en el punto 2 que esta en el centro geométrico del envase.

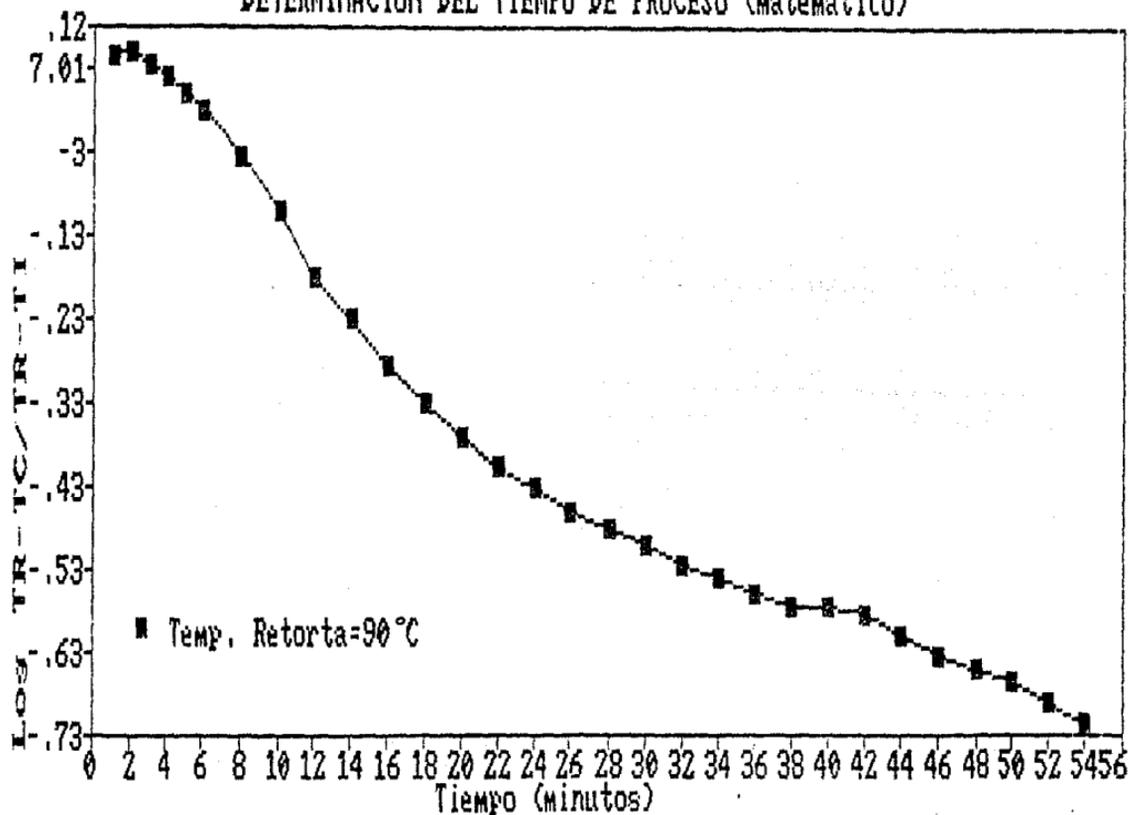
Los resultados obtenidos comprueban la referido bibliográficamente por Lopez 1987 ( 26 ) tanto para la fase líquida como para la sólida, pero como en el sistema se encuentran las dos fases, se localiza el punto frío entre ambas ya que es necesario tomar en cuenta que el líquido con su movimiento convectivo ayuda a transferir el calor más rápidamente al nopal.

Una vez que se localizó el punto frío entre  $1/2$  y  $1/3$  de la altura del envase sobre el eje longitudinal, lo que equivale a una distancia de 4.75 cm, fue posible obtener las curvas de penetración de calor a las diferentes I.K. propuestas.

Obtenidas las curvas de penetración de calor fue posible calcular el tiempo de proceso térmico y aunque el método más recomendable para curva quebrada es el método general, se calculó el tiempo por los dos métodos el gráfico y el matemático con el fin de comparar los resultados obtenidos, los cuales se pueden observar en la tabla II.

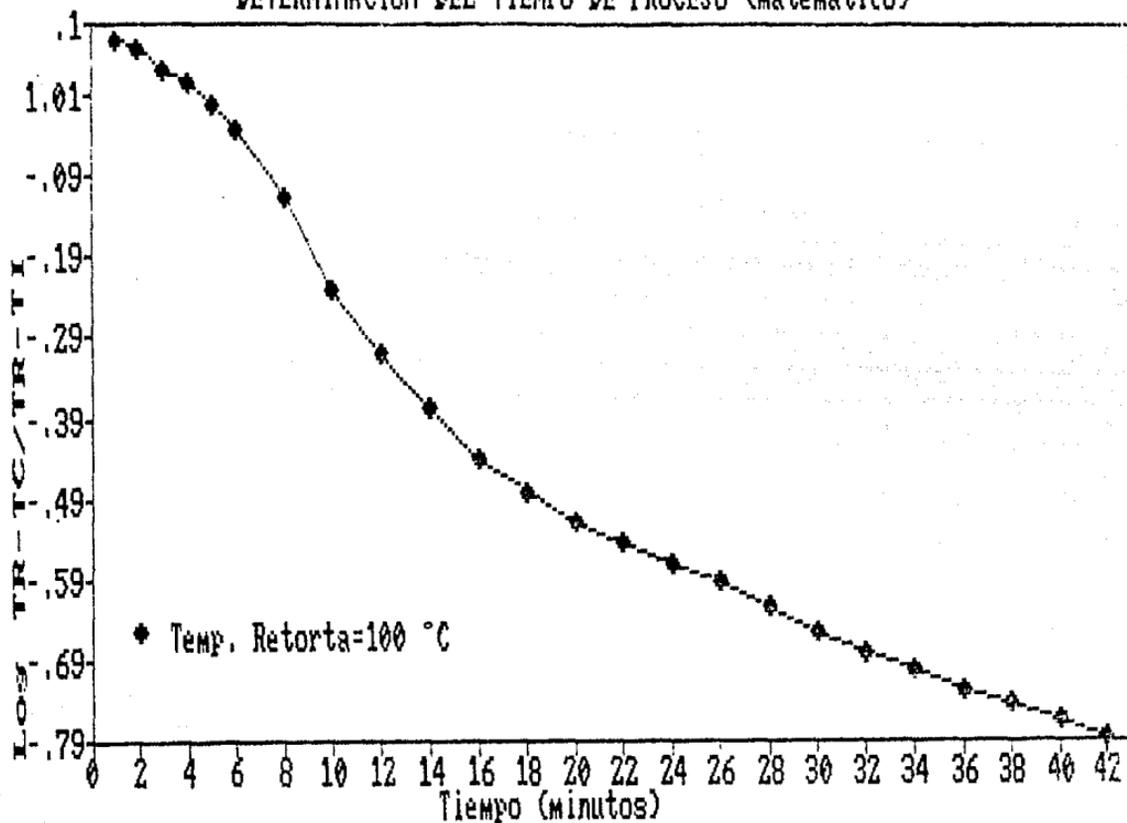
Las gráficas obtenidas empleando tanto el método matemático como el gráfico se muestran en la página siguiente ( gráficas 1-6), aunque se llevaron a cabo siete repeticiones con tres muestras cada una sólo se presenta una para cada temperatura y método empleado ya que estas representan el comportamiento obtenido.

# DETERMINACION DEL TIEMPO DE PROCESO (matemático)



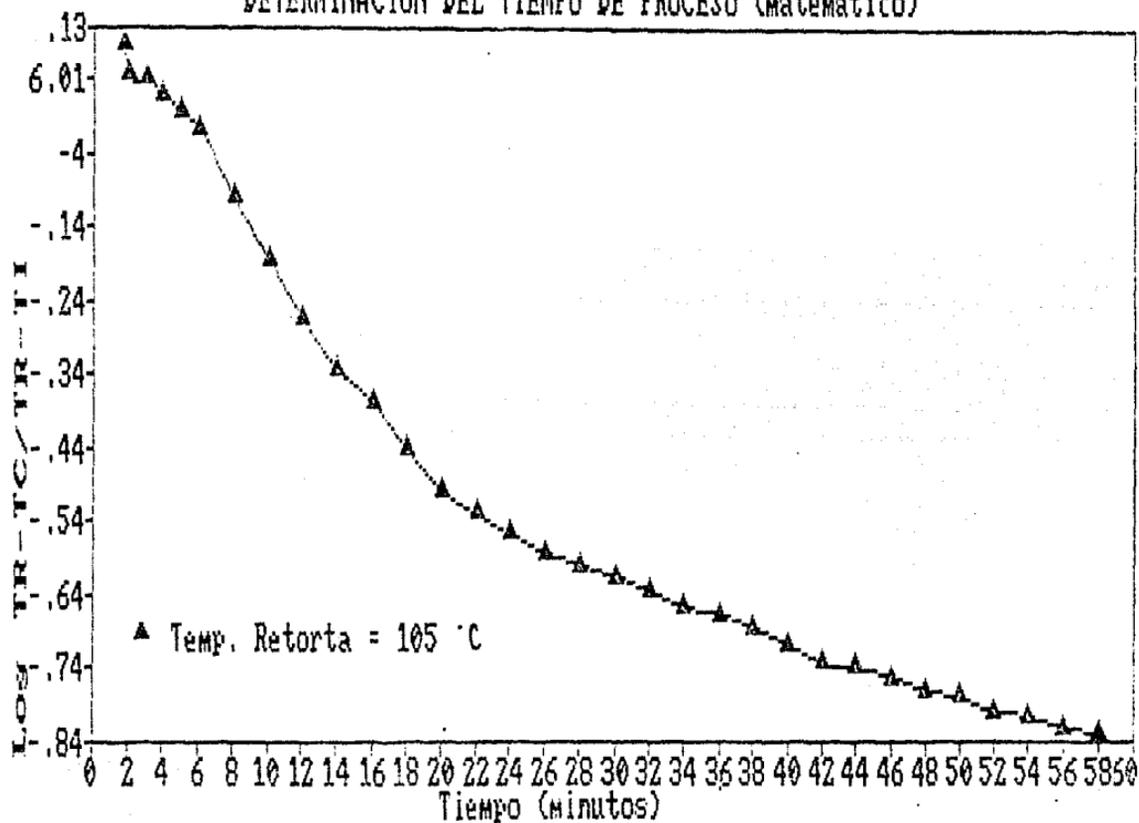
GRAFICA 1

# DETERMINACION DEL TIEMPO DE PROCESO (matemático)



GRAFICA 2

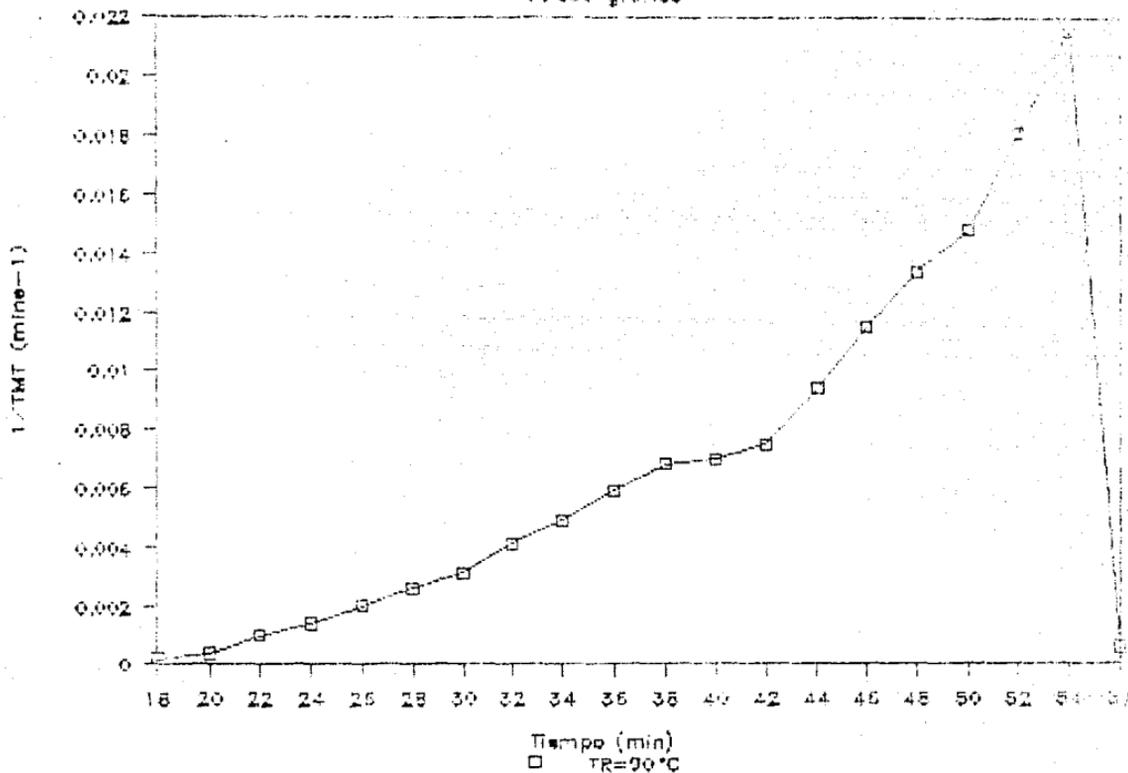
# DETERMINACION DEL TIEMPO DE PROCESO (matemático)



GRAFICA 3

# D.T.P.

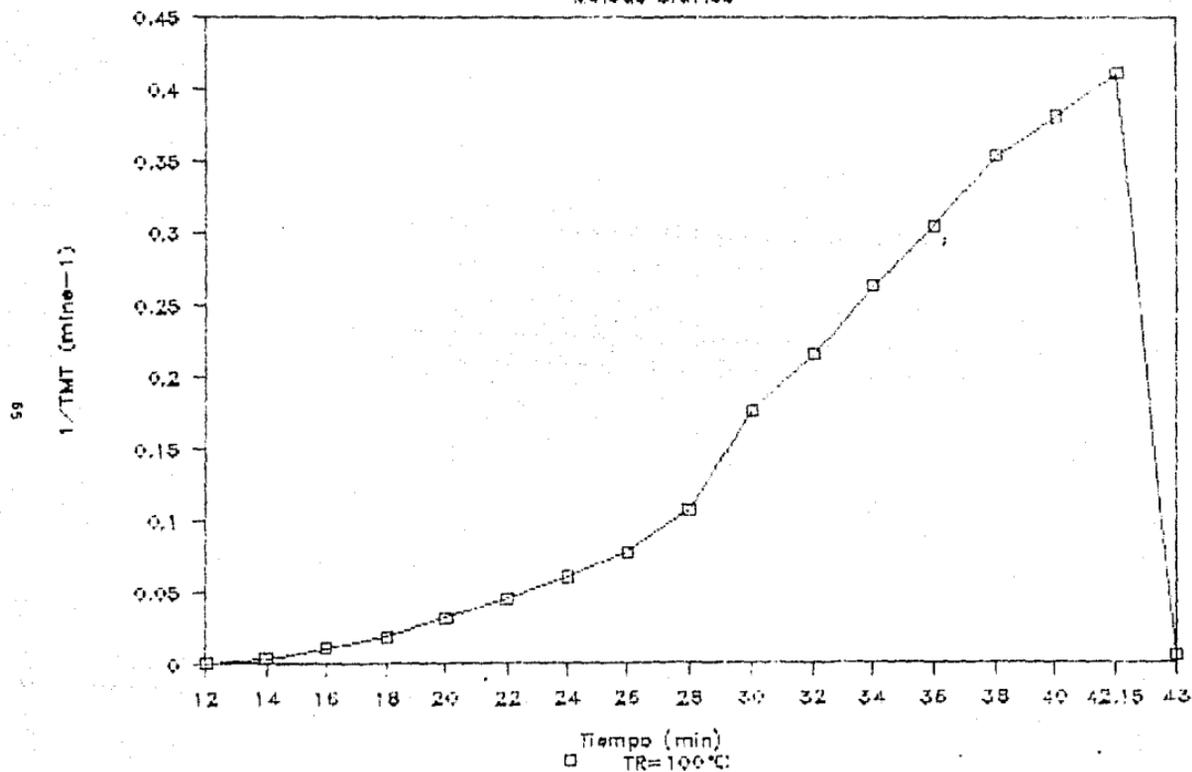
Método gráfico



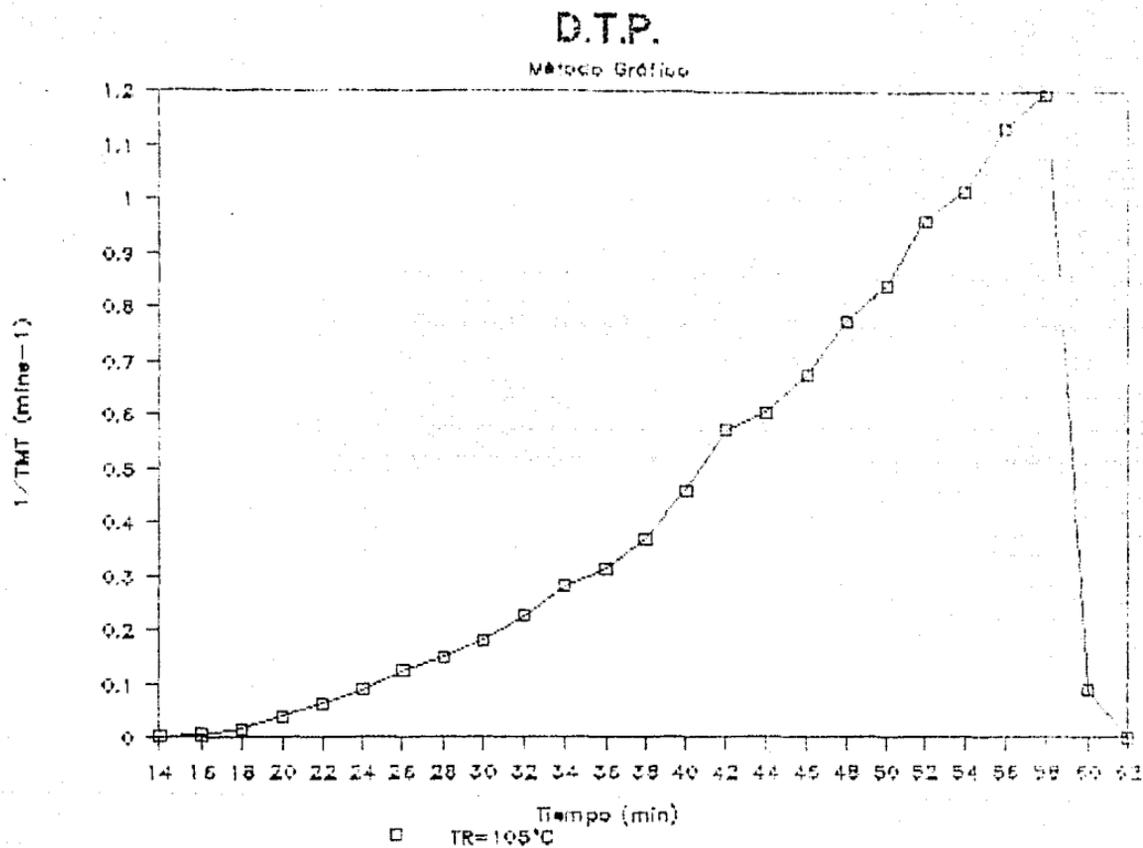
GRAFICA 4

# D.T.P.

Método Gráfico



GRAFICA 5



GRAFICA 6

Tabla II.

" Tiempo de proceso termico "

( minutos )

Nopal Encutido Enlatado

METODO DE CALCULO	TEMPERATURA DE RETORTA ( °C )		
	90	100	105
Matemático	59.6	20.6	7.6
Gráfico	61.9	19.5	12.5

Aunque se recomienda el método general, en el caso de T.R. de 100 °C se tomó el tiempo obtenido por el método matemático ya que probablemente con el otro valor el proceso no sería suficiente para inhibir el crecimiento de microorganismos que puedan alterar el producto. Este tiempo está calculado en base a las necesidades que presenta el producto de acuerdo a sus características, sin embargo, es recomendable aumentar 10 % el tiempo como medida de seguridad, considerando la diferencia de temperatura existente entre el nopal y el líquido dado la forma de transferir el calor de cada uno.

Una vez obtenido el tiempo de proceso, se enlato nuevamente nopal encurtido y se procesa a las condiciones obtenidas. Al producto final se le determinaron las características fisicoquímicas prescritas ( cloruros, acidez, sólidos solubles y textura ) así como microbiológicos, esto para nopal envasado en lata y vidrio. A partir de lo cual se obtuvo la variación de dichos parámetros, ver tabla III.

Tabla III.

" Propiedades Fisicoquímicas para el producto envasado tanto en vidrio como en hojalata "  
Nopal Encurtido

PROPIEDAD FISICOQUIMICA	TEMPERATURA DE REIORTA ( °C )			
	90	100	105	VIDRIO
% NaCl	2.772	2.78	2.706	2.096
% Acidez	0.3384	0.3218	0.3380	0.352
% Solidos solubles	3.78	3.65	3.58	3.35
Textura (kg/cm <sup>2</sup> )	40838.46	53614.36	62667.18	72467.18

Los datos mostrados se analizaron estadísticamente, reportandose los resultados obtenidos en la tabla IV.

Tabla IV.

" Analisis de varianza para las diferentes propiedades Fisicoquímica evaluadas "  
Nopal Encurtido

PROPIEDAD FISICOQUIMICA	DIFERENCIA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
% NaCl	Ninguna	$\alpha=0.1$
% Acidez	Ninguna	$\alpha=0.1$
% Solidos solubles	si	$\alpha=0.05$
Textura	si	$\alpha=0.01$

Como puede observarse no existe ninguna diferencia tanto en cloruros como en acidez lo que muestra que el sistema de conservación del producto no modifica mínimamente dichas propiedades.

En el caso de los sólidos solubles, al presentarse una diferencia fue necesario llevar a cabo una prueba de Duncan en donde se obtuvo que los tratamientos que dan la diferencia son los enlatados y precesados a T.R. de 100 y 90 °C con el envasado en vidrio (90°C = 7100°C = γ vidrio). Dado que el producto sometido a tratamiento térmico sufre una cocción y con ello pérdida de sólidos y como a T.R. de 100 y 90 °C el tiempo de proceso es mayor, el alimento permanece mayor tiempo en cocción es y por lo tanto posible detectar esta diferencia.

El efecto que tiene el tratamiento térmico sobre el nopal puede observarse claramente en su textura, ya que al llevarse a cabo la prueba de Duncan se obtuvo inferir que todos los tratamientos son diferentes. En la tabla V, se muestran las pérdidas de textura y sólidos solubles con respecto al nopal envasado en vidrio.

Tabla V.

" Pérdida de textura y sólidos solubles "  
Nopal Encurtido Enlatado

TEMPERATURA DE RETORTA ( ° C )	% PERDIDA	
	TEXTURA	SOLIDOS SOLUBLES
90	43.65	11.38
100	26.02	8.22
105	13.52	6.43

En lo que respecta al análisis microbiológico en todos los casos tanto para cuenta total (C.F.) como para hongos y levaduras (H y L) fueron negativos.

Con el fin de conocer la aceptación y preferencia del consumidor

69 ESTÁ TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

para los diferentes productos (vidrio-hojalata), a los 34 panelistas seleccionados se les aplico una prueba de agrado.

Tabla VI.

" Nivel de agrado Nopal Encutido Envasado "

	TEMPERATURA DE RETORTA (°C )			VIDRIO
	90	100	105	
Grado de gusto	****	*	**	**
Comparar a este producto ( % )	10	90	82	80

ESCALA: \* Me gusta mucho  
 \*\* Me gusta poco  
 \*\*\* Me es indiferente  
 \*\*\*\* Me desagrada un poco

El producto de mayor aceptación es el enlatado a 100 °C, tanto por su textura como por sus otras características sensoriales tales como el sabor y aroma, posteriormente 1.R.105°C - vidrio y finalmente el procesado a 90 °C. El cual se consumiría mínimamente dado que está excesivamente suave lo que le da una apariencia desagradable. Es importante mencionar, que entre las observaciones presentadas por los jueces el sabor en el caso del producto enlatado lo encontraron más acentuado y agradable.

El producto que presentó mayor aceptación se mantuvo en cuarentena a 40 °C al término de lo cual se determinó: vacío, cloruros, textura acidez y microbiológicos. En el caso de vacío y acidez, no hubo diferencia durante el almacenamiento reflejándose estos resultados en las pruebas microbiológicas ya que estas resultaron negativas, lo que comprueba la importancia del vacío y el tratamiento térmico en la conservación del producto por un mayor

tiempo, evitando el crecimiento de microorganismos indeseables. Es importante mencionar que la tapa de la lata se mantuvo en posición cóncava, además el producto no presenta olores extraños.

En el caso de cloruros y textura si hubo una diferencia, en el primer caso por la difusión de sal hacia el líquido de cobertura. En el caso de textura, hubo una disminución, sin embargo el producto puede comercializarse ya que no presenta apariencia desagradable, por lo que podemos decir que el tratamiento es el adecuado.

Finalmente para el análisis de transferencia de calor realizado a partir de la curva de penetración calor a una temperatura de retorta de 100 °C, se obtuvo el coeficiente convectivo (h) para el líquido de cobertura y la difusividad del nopal; de igual manera de acuerdo a la ecuación presentada por Geankoplis ( 16 ) para convección natural y para convección forzada se calculó h para el líquido de cobertura y h para el vapor respectivamente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla VII.

Tabla VII

Transferencia de calor en nopal encurtido enlatado "  
T.R. = 100 °C

LOCALIZACION	h ( W / m <sup>2</sup> °C )
Líquido de cobertura	67.495
A partir de ecuaciones	
Líquido de cobertura	111.95
Vapor	6109.32

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que la resistencia convectiva puede considerarse pequeña con respecto a la conductiva, tomando en cuenta que la conductividad térmica del nopal es de  $0.082 \text{ W / m } ^\circ\text{C}$  la cual se obtuvo a partir de la curva de calentamiento, por lo que la resistencia controlante la presenta el nopal.

Al comparar  $h$  para vapor y  $h$  para líquido de cobertura tenemos que la mayor resistencia la presenta el líquido. Por otra parte la diferencia obtenida en los valores de  $h$  del líquido de cobertura calculada a partir de la curva y obtenida a partir de ecuaciones podría deberse a que en el segundo caso se considera un sólo punto, el momento en la que el fluido tiene una temperatura cercana a los  $90^\circ\text{C}$  y la primera toma en cuenta el comportamiento del líquido durante el proceso de calentamiento.

En el caso de la difusividad térmica  $\alpha$  ( $\text{m}^2 / \text{seg}$ ) en el caso del nopal fue de  $2.9216 \times 10^{-8}$ , la cual con otros alimentos es más pequeña, por ejemplo la reportada (49) para manzanas en trozos cuyo valor es ( $1.37 \times 10^{-7}$ ), sin embargo hay que considerar que dicho valor se refiere únicamente a nopal encurtido y que las tiras de nopal se encuentran en líquido de cobertura.

Si calculamos de igual manera que para el nopal la difusividad para el sistema resulta que esta aumenta a  $2.8079 \times 10^{-7}$ , y aunque para líquidos no es válida la utilización de  $\alpha$  esto muestra la importancia que juega el adicionar líquido de cobertura, no solo para disminuir el tiempo de proceso sino para ofrecer un producto de mejor calidad.

Con el fin de acelerar la penetración de calor al producto y conociendo que  $h \propto k/x$ , se tendría que disminuir el espesor de la capa formada entre el líquido de cobertura y el nopal lo que podría lograrse aumentando la turbulencia en el líquido por lo que tendría que agregarse una mayor cantidad de este en donde el mecanismo de transferencia de calor es por convección acelerándose el proceso de

transferencia, con lo que se disminuirían los tiempos de proceso térmico afectándose en menor medida algunas características del producto.

Otra opción sería modificar la geometría del producto (Nopal Encurtido) de tal manera que aumente el área expuesta al líquido de cobertura. Los nopales podrían ser cortados lo más próximo a una simulación cúbica de 1" X 1" X 1" cm en donde el coeficiente convectivo podría aumentar considerablemente sin embargo sería necesario conocer la aceptación del consumidor y el beneficio económico, ya que al cortar el nopal así habría desperdicios.

#### IV.CONCLUSIONES

En el presente trabajo pudo comprobarse que el uso de contratipos reviste gran importancia, ya que se parte de condiciones preestablecidas y funcionales. En este caso el partir del proceso de envasado en vidrio permitió definir los puntos alternativos para el enlatado de nopales, tomando como aspecto general el encurtido de nopal. Gracias a estas condiciones fue posible incorporar ciertas mejoras al proceso de envasado.

Desde el punto de vista técnico, las condiciones para el proceso de enlatado estaban en la especificación de la relación de espacio cabeza y temperatura de llenado, comprobándose la efectividad, que en este caso reviste la evacuación por llenado en caliente para la formación de vacío como una de aumentar la vida útil del producto; encontrándose que las mejores condiciones para enlatar nopal encurtido son empleando líquido de cobertura a 85 °C y como espacio cabeza 10 % de la capacidad de la lata.

En el sistema formado por el nopal y la lata, la operación crítica sigue siendo el tratamiento térmico, ya que además de asegurar la estabilidad microbiana del producto mantiene su calidad tanto fisicoquímica como sensorial. Pero en el caso de esta última solo hasta determinadas condiciones de proceso ya que este puede llegar a dañar tanto el producto que sea desagradable al consumidor pese a su inocuidad.

Teniéndose de acuerdo a los resultados obtenidos tanto de las pruebas fisicoquímicas como sensoriales, que el tratamiento térmico más adecuado para conservar nopales encurtidos es utilizando una temperatura de retorta de 100°C durante 20.6 minutos.

De acuerdo a lo anterior puede decirse que el utilizar lata y junto con ello un tratamiento térmico es viable como alternativa para la conservación de nopales encurtidos desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial, ya que incluso los jueces manifestaron su agrado por una mayor textura y sabor acentuado.

Sin embargo para la utilización de envases de vidrio o de hojalata la opción estará determinada por las condiciones económicas de las que se parta y la posibilidad de sostener el producto en el mercado, ya que en el caso del uso de hojalata para conservar nopales encurtidos, las ventajas son las mismas que particularizan a las latas, por lo que recomendable realizar un análisis de costos y mercado.

## BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1950. Recommended method for the microbiological examination of food. USA.
2. ANONIMO, 1990. El enlatado se justifica. Alimentos procesados 9 ( 3 ).
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS., 1984. Oficial methods of analysis. USA.
4. AUSTRIA, M.E., 1987. Envases de vidrio Seminario de envase y embalaje. LANFI.
5. AVILA FRANCO, A., 1990. Ingenieria de empaques 3a Jornada de Ingenieria Bioquimica. Tecnológico Regional de Celaya, Mexico.
6. AYALA, F.Ma., 1983. Métodos de prueba para envases de vidrio UNAM, México.
7. BANAJEE, 1985. Sterilization systems Technomic publishing Co Inc. USA.
8. BORBOLLA, F.L. y AYALA C.J., 1987. Estudio de factibilidad económica para el establecimiento de una planta empacadora de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L) miller) en milpa alta D.F. UACH, México.
9. CATALA RAMON, 1987. Envases metálicos para alimentos características, utilización actual y perspectivas Inst. de Agroq. y Tecnol. de alimentos, España.
10. CATALA RAMON, 1987. Panorama de los envases metálicos en el mercado internacional. Inst. de Agroq. y Tecnol. de alimentos, España.
11. CENTEX, 1981. Perspectivas de la utilización del nopal y la tuna SAIMEX, Mexico.
12. CHARM, S.E., 1978. The fundamentals of food engineering 3a ed. AVI Publishing Co Inc, USA.
13. CRUESS, W.V., 1958. Comercial fruit and vegetable products. Mc Graw Hill, USA.
14. DESROSIER, N.W., 1986. Conservación de los alimentos 15 ed. Ed. CECSA, México.
15. DIAZ ALVAREZ, J.M., 1979. Proyecto para la instalación de una planta enlatadora de nopal. UNAM, México.

16. GEARD DILLIS, C.J., 1986. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Ed CECSA, Mexico.
17. GORDANA, K., NIKETIC, A., MACULM, C. and JR STAMER, 1973. Preservation of food carrots by lactic acid fermentation. Journal food science 38.
18. HEIDS, L.J. and JOSLYN, A.M., 1967. Fundamentals of food processing operations. The AVI Publishing Co Inc. USA.
19. HEISS, R., 1978. Principios de envasado en alimentos. Guia internacional. Ed Acribia, España.
20. HELDMAN, D.R., 1981. Food processing engineering AVI Publishing Co Inc., USA.
21. HERSOM, A.C. y HULLAND, E.D., 1980. Conservas alimenticias Ed Acribia, España.
22. HINES MILLIAM, W., 1986. Probabilidad y estadística para ingeniería administración. Ed CECSA, Mexico.
23. HOLMAN, J.F., 1986. Transferencia de calor Ed CECSA, Mexico.
24. INFANTE, G.S., 1984. Metodos estadísticos Ed Trillas, Mexico.
25. JACKSON, J.M. and SHINN, B.M., 1979. Fundamentals of food canning technology. The AVI Publishing, USA.
26. JORGE MTZ, F., 1988. Fabricación de encurtidos de pepinillo Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. España.
27. JAMIESON, MFS., 1975. Manejo de los alimentos conservación de su calidad. Vol II Cap 16. Centro regional de ayuda técnica, Mexico.
28. LOPEZ ANTHONY, 1987. A complete course in canning and related processes. Book II Edt. The canning trade inc. USA.
29. LOPEZ ANTHONY, 1987. A complete course in canning and related processes. Book III Edt. The canning trade Inc. USA.
30. LOPEZ FRAGA, N., 1981. Métodos de prueba a envases de hojalata UNAM, Mexico.
31. LUH, B. and WOODROOF, J., 1978. Commercial vegetable processing The AVI Publishing, USA.
32. LUND DARYL, B., 1982. Applications of optimization in heat processing. Food technology 36 ( 6 ).
33. LUND DARYL, B., 1977. Design of thermal process for...maximizing nutrient retention. Food technology 31 ( 2 ).

34. MACHO-QUEVEDU., 1983. El envase metálico en las conservas de productos alimenticios. Revista alimentaria No 143.
35. MACKAY, A.C., FLORES de MARQUEZ y SOSA, G.M., 1982. Evaluación sensorial de los alimentos. Ediciones CIEFE, Venezuela.
36. MANNHEIN CHAIM, 1986. Interaction between metal cans and food products. Food product-package compatibility. Thechnomic Publishing Co Inc, Israel.
37. MANUALES PARA LA EDUCACION AGROPECUARIA, 1983. Elaboracion de frutas y hortalizas. Ed trillas, México.
38. NATIONAL CANNERS ASSOCIATION, 1975. Alimentos enlatados: Principios de control de proceso termico y evaluación de cierres de los envases. USA
39. FEDERSON, C.S., 1971. Microbiology of food fermentation The AVI Publishing Co Inc., USA.
40. PEDRERO, F.D. y PANGBORN, R.M., 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Ed. Alhambra México.
41. PERALTA SOLORIO, E., 1987. La industria de los envases de vidrio y su competitividad. S.F.P., Mexico.
42. POTTER, N., 1973. La ciencia de los alimentos Edutex, Mexico.
43. PRIMO YUFERA, E., 1979. Quimica agricola III alimentos Ed Alhambra España.
44. REINGOLD, G., 1987. Can metal. The packaging encyclopedia.
45. RIZVI, S., BLAISDELL, J. and HARPER, W., 1980. Thermal diffusivity of model meat analog systems. Journal of food science 45 ( 1727 ).
46. RODRIGO M. y MARTINEZ A., 1984. Estado actual y avances en la conservación de pepinillos por fermentación. Rev. Agroq. Tecnol. Alim. 24 ( 4 ).
47. RODRIGO M., LORENZO F., Y SAFON J., 1980. Optimización de las técnicas de esterilización de alimentos por calor. II Concepto actualizado de la esterilización por calor y efectos de la misma sobre los alimentos. Cinética y parámetros. Rev. Agroquim. Tecnol. Alim.
48. SIGONA TORRES, J., 1982. Recomendaciones para una esterilización eficaz de conservas de productos vegetales. Industria Alimentaria.
49. SINGH, R.P., 1982. Thermal diffusivity in food processing. Food thechnology 36 ( 2 ).

50. STUMBO, C.R., 1975. Thermobacteriology in food processing  
Academy Press, USA.
51. VALLE VEGA, P., 1983. Procesamiento termico de alimentos enlatados  
Univ. Aut. de Chapingo, Mexico.
52. WEISER, H.H. and MOUNTNEY, G.J. Practical food microbiology and  
technology. The AVI publishing, USA.  
The AVI Publishing, USA 1971.

#### NORMAS

- |                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| NOM-F-144-1978    | · | Deteminación del vacio en recipientes<br>rigidos hermeticamente cerrados                |
| NOM-EE-11-S-1980  | · | Envases de hojalata cilindricos sanitarios<br>para contener alimentos. Especificaciones |
| NOM-EE-10-1988    | · | Envases metalicos para contener alimentos<br>- Terminología                             |
| NOM-EE-30-1983    | · | Envases de vidrio para contener alimentos<br>en general                                 |
| NOM-EE-126-S-1981 | · | Metales.-Evaluación del cierre en envases<br>de hojalata sanitarios                     |