

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

La zona norte del Ecuador, en particular las provincias de Imbabura y Carchi (cuenca del Chota, Mira y Salinas), tienen plantaciones de penca de nopal pertenecientes a 66 productores, que cuentan con un área cultivable promedio de 0.98 ha dando un total de 65.1 ha en producción. Se sabe que el rendimiento es de 3000 Kg/ha, según datos recopilados por el Centro de Investigaciones Familia Negra (CIFANE).

En el país no existe experiencia en la transformación del nopal, pero se ha realizado trabajos de laboratorio para el desarrollo del producto, con los estándares de calidad exigidos por el mercado internacional. La mayor experiencia en el tema la tienen México y los EUA, tanto en el proceso como en el consumo, en los últimos años ha iniciado su aprovechamiento China.

El cultivo del nopal contribuye a la alimentación, nutrición y salud del ser humano. Su uso en la agroindustria alimentaria complementa la alimentación, siendo una fuente en potencia de bioenergía al lograr un mejor manejo del medio ambiente. Esta planta arbustiva originaria de Mesoamérica que pertenece a la familia de las cactáceas, posee más de 300 especies del género *Opuntia*. En la actualidad esta planta se encuentra difundida en todo el mundo, especialmente en áreas de escasa pluviometría.

Por su gran versatilidad de adaptación a las diferentes zonas agroecológicas, el nopal es cultivable en zonas donde la agricultura tradicional enfrenta dificultades para su desarrollo.

Incluso, el uso racional de este recurso mediante la agroindustria contribuye de forma decisiva a la mejora de las condiciones de vida en las familias campesinas.

Además, como planta fibrosa contiene pectina, mucílago y gomas que son provechosas para el sistema digestivo. Es muy útil como controlador de los niveles excesivos de azúcar en el cuerpo; también disminuye el colesterol en la sangre al interferir en la absorción de grasas realizada por parte de los intestinos.

Cabe recalcar que en base a estos datos preliminares todavía no se ha generado tecnología que asegure el aprovechamiento eficiente de la penca de nopal mediante la agroindustria, debido a que estas investigaciones se encuentran en fase experimental.

Sin embargo, al considerar los antecedentes antes mencionados y con el ánimo de aportar información relacionada al procesamiento de la penca, partiendo de que los alimentos son productos perecederos que necesitan ciertos tratamientos que aseguren su higiene y conservación; se ha optado por realizar esta investigación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Elaborar y evaluar las conservas en almíbar y salmuera a partir de penca de nopal (*Opuntia ficus indica*).

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar pH, acidez, densidad y concentración de sólidos solubles en los líquidos de cobertura de las conservas de nopal en almíbar y salmuera a los 5 y 40 días de haber sido elaboradas.
- Determinar la adecuada relación temperatura/tiempo para escaldado de los trozos de nopal en almíbar y salmuera.
- Evaluar la aceptabilidad de las conservas en almíbar y salmuera a los 40 días de haber sido elaboradas.
- Realizar un análisis microbiológico (Recuento estándar en placa, mohos y levaduras), químico (carbohidratos totales, humedad, proteína, cenizas y vitamina C) al mejor tratamiento de cada diseño experimental.

### 1.3 HIPÓTESIS

- **Ha:** Los parámetros de proceso inciden en el pH, acidez, densidad, concentración de sólidos solubles del líquido de cobertura y en la aceptabilidad de las conservas de nopal en almíbar y salmuera a los 5 y 40 días de ser elaboradas.
- **Ho:** Los parámetros de proceso no inciden en el pH, acidez, densidad, concentración de sólidos solubles del líquido de cobertura y en la aceptabilidad de las conservas de nopal en almíbar y salmuera a los 5 y 40 días de ser elaboradas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS NOPALES**

##### **2.1.1 Descripción de la planta**

“Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5 m de altura. Los tallos suculentos y articulados o cladodios, comúnmente llamados pencas, presentan forma de raqueta ovoide o alongada alcanzando hasta 60-70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles. Cuando miden 10-12 cm son tiernos y se pueden consumir como verdura. El aumento del área del cladodio dura alrededor de 90 días.” (FAO Boletín 162, 2006, p.7).



**Fotografía 1.** Planta de Nopal

Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas aréolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales.

### **2.1.2 Características generales de las especies**

Las distintas especies de nopales tienen características comunes y diversas a la vez. Su capacidad para resistir altas temperaturas y períodos prolongados de sequía las hace especialmente atractivas para las zonas áridas y semiáridas.

Se conocen casi 300 especies del género *Opuntia*. Sin embargo, hay solo 10 o 12 especies hasta ahora utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y penca para alimentación humana, forraje o cochinilla para obtención de colorante. Las especies más aptas para la producción de penca de nopal son: *O. robusta*, *O. leucotricha* y *O. ficus indica*.



**Fotografía 2.** *Opuntia ficus indica*

Las características de estas especies son variables, diferenciándose en la forma de los cladodios, en la presencia o ausencia de espinas, en el tamaño y color de los frutos y en otras características botánicas.

### Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la *Opuntia ficus indica*

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Subreino</b>	Embryophyta
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotiledóneae
<b>Subclase</b>	Dialipetalas
<b>Orden</b>	Opuntiales
<b>Familia</b>	Cactaceae
<b>Subfamilia</b>	Opuntioideae
<b>Tribu</b>	Opuntiae
<b>Género</b>	Opuntia
<b>Subgénero</b>	Plantyopuntia
<b>Especie</b>	Tuna
<b>N. Científico</b>	<i>Opuntia ficus indica</i>
<b>N. Común</b>	Tuna

**Fuente:** GUERRERO D. y GUAMIALAMA V. “Efecto de los preparados enzimáticos Pectinex Ultra Sp-L y Amilase AG 300L en la obtención de pulpa de tuna de castilla (*Opuntia ficus indica*)”. UTN (2006).

#### 2.1.3 Cladodios

“Los cladodios, por su parte tienen interés desde el punto de vista industrial ya que cuando los brotes son tiernos (10-15 cm) se usan para la producción de nopalitos, y cuando están parcialmente lignificados (cladodios de 2-3 años), para la producción de harinas y otros productos” (FAO, Boletín 162, 2006, p.12).



**Fotografía 3.** Cladodio

La FAO en su boletín 162 que trata sobre la utilización agroindustrial del nopal cita a Rodríguez-Félix y Cantwell (1988) quienes indican que “la composición química de los cladodios frescos es principalmente agua 91% y 1,5% de proteínas; 0,2% de lípidos; 4,5% de hidratos de carbono totales; 1,3% de cenizas, de la cual 90% es calcio. Además, contiene 11 mg/100 g de vitamina C y 30 µg/100 g de

carotenoides. El contenido de fibra (1,1%) la hace comparable a la espinaca” (p. 12). El cuadro 2 muestra la variación en la composición química del cladodio a diferente edad.

**Cuadro 2. Composición química de cladodios de distintas edades (% MS)**

<b>Edad (años)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>ELN</b>
<b>0.5</b>	Renuevos o nopalitos	9.40	1.00	21.00	8.00	60.60
<b>1</b>	Penca	5.40	1.29	18.20	12.00	63.10
<b>2</b>	Penca	4.20	1.40	13.20	14.50	66.70
<b>3</b>	Penca	3.70	1.33	14.20	17.00	63.70
<b>4</b>	Tallos suberificados	2.50	1.67	14.40	17.50	63.90

Fuente:(FAO, Boletín 162, 2006, p. 13)

#### **2.1.4 Valor nutritivo y funcional del cladodio**

Los cladodios por su parte, al igual que otras verduras, contribuyen con una alta proporción de agua a la dieta y son altamente cotizados por su contenido en fibra. Esta verdura, es rica en fibra dietética y su contenido es comparable al de varias frutas y hortalizas, entre ellas la espinaca, la alcachofa, la acelga, la berenjena, el brócoli, el rábano y otras.

El boletín 162 de la FAO también cita a Zambrano (1998) quien menciona que “con respecto a las frutas el cladodio es similar al mango, al melón, al damasco y a la uva” (p.14).

Chávez (1995), señala que “Al igual que otras hortalizas los cladodios tienen un alto contenido de agua (90,1%), bajo contenido de lípidos, hidratos de carbono y proteínas y alto contenido de fibra (0,3; 5,6; 1,7 y 3,5%, respectivamente). Son ricos también en minerales, entre ellos el calcio y el potasio (93 y 166 mg/100 g), respectivamente y tienen bajo contenido de sodio (2 mg/100 g), lo que es una ventaja para la salud humana” citado por (FAO, Boletín 162, 2006, p. 14).



Sáenz (2004), dice que “los cladodios son una fuente importante de fibra, de calcio y de mucílagos, tres componentes que son necesarios para integrar una dieta saludable” (Ibid, p. 15).

McCarthy, citado por Cárdenas (1997) argumenta que “se atribuyen a los mucílagos propiedades como reemplazantes de grasas en diversos alimentos y también como un ligante del sabor” (Ibid).

Rodríguez-Félix (2002), citados por la FAO mencionan que “en el caso de los cladodios, la presencia de polifenoles si bien son interesantes en la dieta como antioxidantes, causan oscurecimiento lo que genera problemas en algunos procesos de conservación de estos productos” (Ibid, 2006, p.1). El contenido de compuestos fenólicos totales en nopal cambia de acuerdo a la variedad y estado de desarrollo de los cladodios. Rodríguez-Félix (1986), argumentan “que los cladodios (*Opuntia ficus indica*) de tamaño comercial (aprox. 20 cm) tienen un contenido promedio de 9,19 y 7,93 mg/100 g, respectivamente” (Ibid, p. 31).

La acidez generada por el metabolismo de los cladodios durante el día, es un factor que debe ser tomado en cuenta durante la cosecha ya que habrá que conjugar el efecto de ésta en los procesos de conservación y aceptación de los productos por parte de los consumidores.

### **2.1.5 Potencial de la utilización del nopal**

Sin duda, la posibilidad de utilización integral de esta especie es de especial atractivo e interés para el sector agroindustrial, ya que toda industria busca obtener el máximo provecho de sus materias primas. Es una forma específica de aumentar la rentabilidad de la empresa y además se evita la eliminación de desechos. El cuadro 3, muestra algunas alternativas de procesamiento integral que tiene los nopales.

**Cuadro 3. Algunos productos alimenticios, subproductos y aditivos obtenidos de las tunas y los cladodios**

PRODUCTOS		SUBPRODUCTOS
TUNAS	CLADODIOS	TUNAS Y CLADODIOS
Jugos y néctares	Jugos	Aceite de las semillas
Mermeladas, geles y jaleas	Encurtidos y salmueras	Mucílago de los cladodios
Fruta y láminas deshidratadas	Mermeladas y jaleas	Pigmentos de las cáscaras y frutos
Edulcorantes	Harinas	Fibra dietética de los cladodios
Alcoholes, vinos y vinagres	Alcohol	Pasta forrajera de la cáscara y las semillas
Fruta enlatada	Confites	
Fruta y pulpa congelada	Salsas	

Fuente: (FAO, Boletín 162, 2006, p.18)

## 2.2 OPERACIONES DE CAMPO PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS NOPALES

### 2.2.1 Cosecha

La cosecha del cladodio se realiza manualmente, utilizando un cuchillo y cortando la base de la penca. Se recomienda realizar esta operación de dos a tres horas después de la salida del sol con el fin de evitar un contenido alto de acidez, así como efectuarla de una forma cuidadosa, para evitar daños en la base de la penca que pueden ser vías de entrada de microorganismos e incrementar la pérdida de peso durante el manejo posterior.



**Fotografía 4.** Corte de penca de nopal



**Fotografía 5.** Desespinado parcial de penca

Cantwell (1999), citado por la FAO menciona que “generalmente, la cosecha de los cladodios para ser comercializados se inicia cuando alcanzan una longitud de 20-25 cm y pesan de 90 a 100 g” (FAO, Boletín 162, 2006, p.28).

Aunque la norma de calidad CODEX STAN 185-1993, considera como tamaños comerciales las pencas con una longitud entre 9 y 30 cm (FAO-WHO. 1993). Rodríguez-Félix, (2002) citados por la FAO comentan que “los cladodios pequeños (12 cm) o grandes (cerca de 30 cm) se destinan a la elaboración de nopal mínimamente procesado (Ibid).

### **2.2.2 Manejo pos cosecha**

Kader (1992) citado en el boletín 162 de la FAO dice que “con relación a los cladodios, la velocidad de deterioro después de cosechados, sigue lo señalado por quien indica que es proporcional a la tasa de respiración y dependiente de la temperatura. La tasa de respiración de los nopalitos varía dependiendo del tamaño de la penca, siendo menor en los cladodios más grandes. La tasa promedio en un período de siete días para cladodios de 10 cm de longitud es de 16 a 19, 38 a 42, 52 a 59 y 68 a 79 mg/kg/h a 5, 10, 15 y 20 °C, respectivamente” (p.29).

Cantwell (2004), menciona que “estos valores disminuyen al avanzar el crecimiento de la penca, presentando valores 50 por ciento menores en cladodios de 20 cm. Los nopalitos, presentan una producción de etileno muy baja, 0,05, 0,1 y 0,22 nl/g/h a 5, 10 y 20 °C, respectivamente.

El nopal no es muy sensible a la acción del etileno. Sin embargo, la exposición a este gas a temperaturas elevadas promueve la degradación del color verde y, como consecuencia, el amarillamiento del producto” (FAO, boletín 162, 2006, p. 30).

### 2.2.3 Almacenamiento

Con relación a los cladodios, el oscurecimiento es un problema similar al que ocurre en la mayoría de las frutas y hortalizas que son dañadas mecánicamente durante el transporte o al ser cortadas. Generalmente, esta reacción causada por la enzima polifenoloxidasa (PPO) es considerada altamente indeseable.

“Esta enzima se reconoce como la más dañina con respecto a los cambios de color de alimentos de origen vegetal, ocasionando mermas de hasta el 50% en frutas tropicales y grandes pérdidas económicas en la mayoría de las frutas y hortalizas. El oscurecimiento afecta la apariencia, y puede ocasionar malos olores y reducción del valor nutritivo de los productos hortícolas” (Ibid, p.31)

La FAO en su boletín 162 cita a Mitchell (1992) quien indica que “el almacenamiento refrigerado reduce la velocidad de respiración, la pérdida de agua por transpiración, el crecimiento de microorganismos y prolonga la vida pos cosecha de los productos hortícolas” (p.32).

Además cita a Rodríguez-Félix y Villegas-Ochoa (1997) quienes dicen que “la incidencia del daño por frío es mayor a menor temperatura, presentándose después de tres semanas a 10 °C (80-90 por ciento HR) y de dos semanas a 5 °C (85-90 por ciento HR) en cladodios de *Opuntia* sp., envasados en cajas de madera” (p.32).

Para considerar a la penca de nopal apta para ser procesada se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Entera;
- Sana, deberá excluirse a la penca afectada por podredumbre o deterioro que haga que no sea apta para el consumo;
- Limpia, y prácticamente exenta de cualquier materia extraña visible;
- Prácticamente exenta de daños causados por plagas;
- Exenta de humedad externa anormal;
- Exenta de cualquier olor y/o sabor extraño;

- Ser de consistencia firme;
- Libre de daños causados por bajas temperaturas;
- Sin espinas;
- Sin manchas pronunciadas;
- Suficientemente desarrollada y presentar un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto.



**Fotografía 6.** Pencas de nopal cosechadas

### **2.3 LOS ALIMENTOS COMO SUSTRATO DE MICROORGANISMOS**

Los microorganismos pueden echar a perder un alimento al multiplicarse en él, utilizando sus nutrientes, produciendo modificaciones enzimáticas y comunicándole sabores desagradables mediante el desdoblamiento de determinadas sustancias o mediante la síntesis de nuevos compuestos. La alteración de los alimentos es secuencia lógica de la actividad de los microorganismos, ya que, en la naturaleza, una de sus funciones es la reconversión de las formas reducidas de carbono, de nitrógeno y de azufre existentes en las plantas y en los animales muertos, en otras formas oxidadas que necesitan las plantas, las cuales, a su vez, son consumidas por los animales.

Los principales factores de la composición de todo alimento que influyen en la actividad microbiana son: la concentración de iones hidrógeno, la humedad, el potencial de óxido- reducción, los nutrientes, y la presencia de sustancias inhibitoras o barreras.

### **2.3.1 Concentración de iones hidrógeno (pH)**

“El pH bajo puede ayudar en la conservación de los alimentos de dos maneras: directamente inhibiendo el crecimiento microbiano, e indirectamente, a base de disminuir la resistencia al calor de los microorganismos, en los alimentos que vayan a ser tratados térmicamente” (ICMFS, 1980, p.115-116).

Los alimentos cuyo pH es bajo (valores inferiores a 4.5) no son alterados fácilmente por las bacterias, siendo más sensibles a la alteración por levaduras y mohos. Todo alimento que tenga un pH intrínsecamente bajo tendería por ello a ser más estable desde el punto de vista microbiológico.

Mientras que algunos alimentos tienen un pH bajo debido a su acidez intrínseca, otros, como por ejemplo los productos fermentados, tienen un pH bajo debido a la acidez que se desarrolla por la gran cantidad de ácido láctico que se produce durante su fermentación.

“Los mohos son capaces de crecer dentro de una escala de valores de pH más amplia que la correspondiente a la mayoría de las levaduras y bacterias, y algunos crecen a valores de pH excesivamente ácidos tanto para las levaduras como para las bacterias. El crecimiento de la mayoría de las levaduras fermentativas es estimulado por un pH aproximadamente 4.0 a 4.5, cosa que ocurre en los zumos de frutas, mientras que las levaduras formadoras de película crecen bien en alimentos ácidos”. (Frazier y Westoff, 1993, p. 5).

El crecimiento de la mayoría de las bacterias es estimulado por un pH próximo a la neutralidad, aunque algunas, como por ejemplo las acidificantes, son estimuladas por un grado de acidez medio, mientras que otras, como por ejemplo las bacterias con actividad proteolítica, son capaces de crecer en medios de pH elevado (básico).

### **2.3.2 Acidez**

Cuando la acidez o la concentración de conservadores es lo suficientemente alta como para detener el crecimiento bacteriano, el periodo de tiempo que los microorganismos pueden mantenerse viables puede ser un dato crítico para evaluar su contribución potencial al deterioro o intoxicación del alimento, en caso de que las condiciones vuelvan a ser favorables para el crecimiento. En condiciones adversas, los microorganismos pueden verse privados de la energía de mantenimiento necesaria para regular su medio iónico interno y para renovar sus componentes celulares; estas condiciones conducen a la pérdida de la viabilidad.

Cuando los microorganismos pueden transportar nutrientes suficientes para el mantenimiento, aunque no para el crecimiento, su viabilidad se puede prolongar durante mucho tiempo.

## **2.4 CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

En la superficie de las plantas en crecimiento existe una flora microbiana típica que se puede contaminar por el aporte de microorganismos de procedencia extraña.

### **2.4.1 En las verduras y en las frutas**

La flora propia de la superficie de las plantas es distinta en cada una de las mismas, aunque normalmente incluye especies de *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* y *Micrococcus*, así como especies de coliformes y bacterias lácticas. Las bacterias del ácido láctico, o bacterias lácticas, incluyen las especies *Lactobacillus brevis* y *L. plantarum*, *Leuconostoc dextranicum* y *L. mesenteroides*, y *Streptococcus faecium* y *S. faecalis*. También pueden existir especies de planta y del medio, pudiendo oscilar desde unos pocos cientos o miles por centímetro cuadrado de superficie, hasta millones.

#### **2.4.2 En el suelo**

El suelo contiene la mayor variedad de microorganismos procedentes de todas las fuentes de contaminación. El suelo es una importante fuente de bacterias esporógenas termorresistentes.

Son especialmente importantes algunos mohos y levaduras y algunas especies de los géneros bacterianos *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Acetobacter* y también algunas bacterias superiores como son los actomicetos y las bacterias ferruginosas.

Los actuales sistemas de tratamiento de los alimentos suelen incluir el lavado de la superficie de los alimentos y de aquí que se elimine de la misma gran parte de la tierra, al la vez que se procura evitar su contaminación por el polvo del suelo.

#### **2.4.3 En el agua**

Desde el punto de vista de la salud pública, el agua que se utiliza en los distintos tratamientos a que se someten los alimentos debe ser totalmente inocua para beber, es decir, exenta de patógenos.

“Los anaerobios aerógenos se pueden introducir en los alimentos con el agua que contiene abundantes partículas de tierra” (Frazier y Westoff, 1993, p.80).

#### **2.4.4 En el aire**

El aire carece de una flora microbiana propia, ya que todos los microorganismos que contiene han llegado a él de forma accidental, las clases más resistentes a la desecación serán las que sobrevivirán durante más tiempo. En el aire se suelen encontrar esporas de mohos, por ser de pequeño tamaño, por su resistencia a la desecación, y por producir cada micelio de moho una gran cantidad de las mismas.



Es posible que cualquier especie bacteriana se encuentre en suspensión en el aire, sobre todo adherida a partículas de polvo o incluida en gotitas de agua, aunque, en el aire en reposo, algunas especies se encuentran con mayor frecuencia que otras. Generalmente, los cocos se encuentran en el aire en mayor número que las bacterias de forma bacilar, mientras en el aire exento de polvo es relativamente poco frecuente encontrar esporas bacterianas. En la mayoría de las muestras de aire se encuentran levaduras, sobre todo por lo que se refiere a las cromógenas que no producen esporas.

#### **2.4.5 Durante su manipulación y tratamiento**

La contaminación natural de los alimentos antes mencionada pueden tener lugar antes de ser cosechados o almacenados, o bien mientras se manipulan y se someten a algún tipo de tratamiento.

“El personal que trabaja en las plantas de industrias que fabrican alimentos puede contaminarlos durante su manipulación y tratamiento. Varios autores señalan que los seres humanos eliminan  $10^3$  a  $10^4$  microorganismos, los cuales guardan una íntima relación con el ambiente donde trabajan las personas” (Frazier y Westoff, 1993, p. 85).

### **2.5 ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

#### **2.5.1 Causas de alteración**

Cuando se aplica a un alimento el calificativo alterado se suele aludir a la putrefacción o descomposición de carácter perjudicial, mientras que a un alimento no apto para el consumo por razones higiénicas no se le suele calificar de alterado. La alteración de los alimentos puede ser debida a una o más de las causas siguientes:

1. Multiplicación y actividad de los microorganismos.
2. Insectos.

3. Actividad de las enzimas, de origen vegetal o de origen animal, existentes en el alimento.
4. Reacciones puramente químicas, es decir, no catalizadas por enzimas tisulares ni de procedencia microbiana.
5. Modificaciones físicas, como son las producidas por la congelación, por la combustión, por la desecación, por la presión.

### **2.5.2 Clasificación de los alimentos por la facilidad con que se alteran**

Según la facilidad con que se alteran, los alimentos se pueden incluir en tres grupos:

- 1. Alimentos estables o no perecederos.** En este grupo de alimentos, que no se alteran, a no ser que se manipulen sin cuidado, se incluyen alimentos como el azúcar, la harina y las alubias secas
- 2. Alimentos semiperecederos.** Si este tipo de alimentos se manipulan y conservan de forma apropiada, permanecen sin alterarse durante bastante tiempo, por ejemplo, las patatas, ciertas variedades de manzanas, los nabos, las nueces desprovistas de cáscara.
- 3. Alimentos perecederos.** Este grupo incluye los alimentos más importantes de consumo cotidiano, los cuales se alteran con facilidad a no ser que se utilicen procedimientos de conservación específicos. Las carnes, el pescado, las canales de aves de corral, la mayoría de las frutas y hortalizas, los huevos y la leche pertenecen a este grupo.

### **2.5.3 Factores que influyen en el tipo y número de microorganismos existentes en los alimentos.**

El tipo de alteración de los alimentos, tanto por microorganismos como por enzimas, dependerá del tipo y del número que de los citados agentes exista en el medio que les rodea. Casi todos los alimentos frescos contienen una serie de bacterias, levaduras y mohos y, según su procedencia, pueden contener enzimas animales o enzimas vegetales.

La multiplicación de los microorganismos en la superficie o en el interior de los alimentos aumentará la carga biológica de microorganismos y es de suponer que en la mayoría de los mismos provocará el incremento máximo de microorganismos más probablemente implicados en su alteración.

Los tratamientos previos a los cuales se someten los alimentos pueden eliminar o destruir determinados tipos de microorganismos, añadir microorganismos, modificar la proporción de los existentes o inactivar parte o la totalidad de las enzimas, reduciendo por tanto el número de agentes productores de alteraciones y, por consiguiente, el número de tipos de alteración posibles.

Si se realiza el lavado con una solución antiséptica o germicida, el número de microorganismos se puede reducir de forma importante y se pueden eliminar algunos tipos de los mismos. Los tratamientos con radiaciones, con ozono, con dióxido de azufre, o con vapores germicidas, reducirán su número y actuarán como selectivos al eliminar de los alimentos determinados tipos.

## **2.5.4 Factores que influyen en la multiplicación de los microorganismos en los alimentos**

### **2.5.4.1 Asociaciones de microorganismos**

La competición entre las diferentes especies de bacterias, de levaduras y de mohos de un alimento, suele decidir que una de ellas se multiplicará con mayor rapidez que las demás y ocasionará el tipo de alteración que le caracteriza.

Sin embargo, no siempre los microorganismos son antagónicos o antibióticos entre sí, pudiendo a veces ser simbióticos, es decir, útiles mutuamente, o pueden crecer de forma simultánea sin que aparentemente se beneficien ni perjudiquen mutuamente. Dos especies diferentes de microorganismos pueden ser sinérgicos; es decir, cuando crecen juntas, son capaces de ocasionar transformaciones.

Una consecuencia muy importante de la influencia de un microorganismo crea condiciones favorables para que crezca otro. Es posible que ambos microorganismos crezcan simultáneamente, aunque lo más corriente es que uno de ellos aventaje al otro.

#### **2.5.4.2 Influencia de las condiciones del medio**

El estado físico del alimento, su carácter coloidal, el hecho de que haya sido congelado, calentado, humedecido, o desecado, juntamente con su estructura biológica, pueden influir de forma importante tanto en la posibilidad de que el alimento se altere, como en el tipo de alteración.

“El agua de un alimento, su localización, y su disponibilidad, constituyen los factores más importantes que influyen en el crecimiento microbiano. El agua puede ser considerada tanto un compuesto químico necesario para el crecimiento de los microorganismos, como una parte integrante de la estructura física del alimento” (Frazier y Westoff, 1993, p.95).

La humedad debe estar disponible para los microorganismos, es decir, no debe ser humedad ligada de alguna forma, como es la humedad ligada por los solutos, o por los coloides hidrófilos, como por ejemplo el agar. Solutos tales como la sal y el azúcar, disueltos en el agua, crean una presión osmótica que tiende a extraer agua de las células si la concentración extracelular de las sustancias disueltas es mayor que su concentración intracelular.

La congelación de los alimentos no sólo evita la multiplicación de las bacterias si la temperatura es suficientemente baja, sino que también es probable que dañe los tejidos, de forma que los jugos que se liberan al descongelarlos favorecen la multiplicación bacteriana. La congelación también incrementa la concentración de solutos en la fracción que todavía permanece sin congelar conforme va descendiendo la temperatura, retarda, y finalmente detiene la multiplicación de

aquellos microorganismos capaces de multiplicarse a temperaturas inferiores a 0 °C.

El tratamiento térmico puede modificar no sólo la composición química de los alimentos, sino también su estructura por ablandar los tejidos; por liberar o ligar agua; por destruir o formar soluciones coloidales, geles o emulsiones; y por modificar la permeabilidad a la humedad o al oxígeno. Se pueden desnaturalizar las proteínas, y por consiguiente, pueden ser utilizadas por algunos microorganismos en mayor cantidad que la que era utilizada cuando se encontraban en su estado original.

## **2.6 MODIFICACIONES QUÍMICAS OCASIONADAS POR MICROORGANISMOS**

### **2.6.1 Modificaciones de los compuestos orgánicos nitrogenados**

La mayor parte del nitrógeno contenido en los alimentos se encuentra formando parte de proteínas, las cuales, antes de que puedan ser utilizadas como nutriente nitrogenado por los microorganismos, deben ser hidrolizadas por las enzimas microbianas, o por los del propio alimento, a polipéptidos, a péptidos más sencillos, o aminoácidos. Las proteinasas catalizan la hidrólisis de las proteínas a péptidos, los cuales pueden comunicar un sabor amargo a los alimentos. Las peptidasas catalizan la hidrólisis de los polipéptidos a péptidos más sencillos y, por último, a aminoácidos. Los últimos comunican sabores, agradables o desagradables, a algunos alimentos; así por ejemplo, determinados aminoácidos aportan el sabor de los quesos madurados.

“La mayoría de esta hidrólisis no da lugar a sustancias especialmente perjudiciales. No obstante, la descomposición en anaerobiosis de las proteínas, de los péptidos o de los aminoácidos, puede dar origen a olores desagradables, en cuyo caso recibe el nombre de putrefacción. En este tipo de descomposición se originan compuestos sulfurados de olor pestilente, como son los sulfuros de

hidrógeno, de metilo y de estilo, y mercaptanos, además de amoníaco, aminas (p. ej., histamina, tiramina, piperidina, putrescina, y cadaverina), indol, escatol y ácidos grasos” (Frazier y Westoff, 1993, p.100-101).

## **2.6.2 Modificaciones de los compuestos no nitrogenados**

Los principales nutrientes no nitrogenados son utilizados por los microorganismos, principalmente para obtener energía, aunque posiblemente los utilicen como fuente de carbono, son los hidratos de carbono, los ácidos orgánicos, los aldehídos y las cetonas, los alcoholes, los glucósidos, los compuestos cíclicos, y los lípidos.

### **2.6.2.1 Hidratos de carbono**

Los microorganismos prefieren los hidratos de carbono, si el alimento los contiene, a otros nutrientes energéticos. Los disacáridos, los trisacáridos, y los polisacáridos complejos suelen ser hidrolizados a azúcares sencillos antes de ser utilizados. Un monosacárido, como por ejemplo la glucosa, utilizado en aereobiosis sería oxidado a dióxido de carbono y agua mientras utilizado en anaerobiosis, experimentaría una descomposición que implicaría a cualquiera de estos seis tipos principales de fermentación: (1) Una fermentación alcohólica, como la que llevan a cabo las levaduras, con producción de etanol y dióxido de carbono como compuestos principales, (2) una fermentación láctica simple, como la que llevan a cabo las bacterias lácticas homofermentativas, con producción de ácido láctico como compuesto principal, (3) una fermentación láctica mixta, como la que llevan a cabo las bacterias lácticas heterofermentativas, con producción de los ácidos láctico y acético, etanol, glicerol, y dióxido de carbono como compuestos principales, (4) la fermentación de tipo coliformes, con producción de los ácidos láctico, acético, y fórmico, etanol, dióxido de carbono, hidrógeno, y tal vez acetoína y butanodiol como compuestos probables, (5) la fermentación propiónica, llevada a cabo por las bacterias propiónicas, que produce los ácidos propiónico, succínico y acético y dióxido de carbono, (6) las fermentaciones butírico butil isopropropílicas, por bacterias anaerobias, que producen los ácidos

butírico y acético, dióxido de carbono, hidrógeno y, a veces, acetona, butilenglicol, butanol, y propanol 2.

### **2.6.2.2 Ácidos orgánicos**

Muchos de los ácidos orgánicos que se suelen encontrar en los alimentos en forma de sales son oxidados por los microorganismos a carbonatos, los cuales comunican mayor basicidad al medio. En aereobiosis, los ácidos orgánicos pueden ser oxidados totalmente a dióxido de carbono y agua, tal como lo hacen las levaduras formadoras de película. Los ácidos pueden ser oxidados a otros ácidos más sencillos a otros compuestos parecidos a los que se originan en la descomposición de los azúcares.

## **2.7 PRINCIPIOS DE LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

### **2.7.1 Procedimientos utilizados para conservar los alimentos**

Para conservar los alimentos se utilizan principalmente los siguientes procedimientos:

1. Asepsia, o mantenimiento de los alimentos sin microorganismos.
2. Eliminación de los microorganismos.
3. Mantenimiento de anaerobiosis, por ejemplo, en un recipiente cerrado al vacío.
4. Empleo de temperaturas elevadas.
5. Empleo de temperaturas bajas.
6. Deseccación; este procedimiento incluye la ligazón de agua por solutos, coloides hidrófilos, etc.
7. Empleo de conservadores químicos, tanto si son producidos por microorganismos como si se añaden al alimento.
8. Irradiación.
9. Destrucción mecánica de los microorganismos, presiones elevadas, trituración del alimento.

10. Empleo simultaneo de dos o más de los procedimientos anteriores

### **2.7.2 Fundamentos de la conservación de alimentos**

En la consecución de la conservación de alimentos mediante los distintos procedimientos están implicados los siguientes fundamentos:

- 1) Prevención o retardo de la descomposición microbiana:
  - a. Manteniendo los alimentos sin microorganismos (asepsia).
  - b. Eliminando los microorganismos, por ejemplo por filtración.
  - c. Impidiendo el crecimiento y la actividad de los microorganismos, por ejemplo, mediante temperaturas bajas, desecación, anaerobiosis, o agentes químicos.
  - d. Destruyendo los microorganismos, por ejemplo, mediante calor o radiaciones.
- 2) Prevención o retardo de la auto descomposición de los alimentos:
  - a. Destruyendo o inactivando las enzimas de los alimentos.
  - b. Previniendo o retardando las relaciones puramente químicas.
- 3) Prevención de las lesiones debidas a insectos, animales, causas mecánicas, etc.

#### **2.7.2.1 Aplicaciones en la conservación de los alimentos**

1. Aportando el menor número posible de microorganismos, es decir reduciendo el grado de contaminación.
2. Evitando la adición de microorganismos en la fase de crecimiento activo.
3. Mediante uno ó más factores adversos al medio: Nutrientes, humedad, temperatura, pH, y potencial de O-R adversos, o existencia de sustancias inhibidoras.
4. Mediante daño real a los microorganismos con distintos sistemas de tratamiento, como el calentamiento o la irradiación.



### **2.7.3 Asepsia**

En las industrias alimentarias cada vez se presta mayor atención a la prevención de la contaminación de los alimentos desde que entra la materia prima hasta la obtención del producto acabado.

El envasado de los alimentos constituye una aplicación de la asepsia que se utiliza con mucha frecuencia. La cubierta protectora puede variar desde un cartón suelto o envoltura, la cual evita principalmente la contaminación mientras se manipulan, al envase cerrado herméticamente de los alimentos enlatados, el cual, si es estanco, protege el contenido frente a la contaminación por microorganismos, una vez sometido a algún tipo de tratamiento.

En las industrias conserveras, la carga biológica, o carga de microorganismos, determina el tratamiento térmico necesario para la conservación de un determinado alimento, sobre todo si la contaminación le añade microorganismos termorresistentes que provocan alteraciones.

#### **2.7.3.1 Eliminación de microorganismos**

El lavado de las frutas y hortalizas frescas hace desaparecer de los mismos microorganismos procedentes del suelo que es posible que sean resistentes al tratamiento térmico al que se someten durante la operación del enlatado.

El lavado de los alimentos puede ser peligroso si el agua que se utiliza les añade microorganismos causantes de alteraciones o aumenta su grado de humedad, de modo que es estimulada de los citados microorganismos.

“La separación de las porciones alteradas de un alimento o el hecho de desechar los ejemplares alterados, tiene importancia desde el punto de vista de las normas bromatológicas y puede contribuir a que el alimento se conserve. Si bien de esta forma se elimina gran cantidad de los microorganismos que producen

alteraciones, en el resto del alimento puede quedar una contaminación importante” (Frazier y Westoff, 1993, p.116).

### **2.7.3.2 Mantenimiento de anaerobiosis**

Es posible que la anaerobiosis sea la causa de que los alimentos envasados en recipientes cerrados herméticamente se conserven.

### **2.7.4 Envasado**

El envasado es una parte integrante del proceso de elaboración. Cumple dos misiones importantes que son: anunciar el producto y protegerlo adecuadamente para que se conserve durante un período de tiempo determinado. Los principales agentes de alteración durante su almacenamiento son:

- 1) fuerzas mecánicas (de impacto, vibración, compresión o abrasión),
- 2) condiciones ambientales, que pueden provocar transformaciones químicas y físicas (luz ultravioleta, humedad, oxígeno, fluctuaciones de temperatura),
- 3) contaminación (por microorganismos, insectos o tierra), y
- 4) manipulación de envases.

#### **2.7.4.1 Adición del líquido de cobertura**

La adición del líquido de cobertura cumple con los siguientes objetivos:

- Mejorar la transferencia de calor a las porciones sólidas del alimento.
- Desplazar el aire de los envases.
- Mejorar el sabor y la aceptabilidad del alimento, así como contribuir a su conservación.
- Actuar como medio de distribución para otros componentes (especies, aditivos, etc.).

“La temperatura del líquido en el momento de su incorporación será de unos 85°C” (www.infoagro.com).

#### **2.7.4.2 Llenado y cierre de los envases**

“Durante la operación de llenado debe dejarse un espacio de cabeza en el envase para que en el pueda formarse un vacío parcial. Este espacio hace que los cambios de presión en el interior del envase durante el procesado sean menores, reduciendo también el riesgo de alteración del producto por oxidación durante su almacenamiento. Las latas y los envases de vidrio deben poseer un espacio de cabeza del 6-10% del volumen del envase a la temperatura de cierre. Cuando los envases se rellenan con alimentos sólidos o pastas debe observarse un cuidado especial para evitar que en el contenido quede atrapado aire, ya que ello reduciría el vacío desarrollado en el espacio de cabeza. Esta precaución es menos importante cuando se trata de salmueras diluidas o jarabes, ya que en ellos el aire escapa con facilidad.

Si los envases se cerraran a presión atmosférica, difícilmente resistirían la presión interna producida durante el tratamiento térmico. Por tanto, es necesario expulsar el aire del espacio de cabeza reservado y producir un vacío parcial. Esto se consigue con una temperatura elevada del líquido de cobertura. De esta forma, también se reduce la cantidad de oxígeno disponible que acarrearía la corrosión, la destrucción de vitaminas y la decoloración del producto”. (Fellows, 1993, p. 478).

#### **2.7.5 Envase**

“El envase ideal no existe. Los materiales de envasado se mejoran continuamente por lo que podemos aproximarnos al envase ideal, pero existen requisitos contrapuestos que un envase debe satisfacer, como amplia visibilidad y escaso contacto con el medio ambiente.

Un envase ideal debería cumplir los siguientes requisitos:

- Toxicidad cero.

- Amplia visibilidad del producto.
- Control de gases y humedad
- Rendimiento estable dentro de un amplio rango de temperatura.
- Características adecuadas de resistencia a la compresión, desgaste y perforación.
- Protección frente a la pérdida de aroma y flavor, lixiviación y migración desde los materiales de envasado.” (Rahman, 2003, p. 729-731).

### **2.7.5.1 Envase de vidrio**

“Los envases de vidrio poseen las siguientes ventajas:

- 1) Son impermeables al agua, los gases, los olores y los microorganismos.
- 2) Son inertes y no reaccionan con los alimentos ni se producen migraciones.
- 3) Sus velocidades de llenado son comparables a las de las latas.
- 4) Pueden someterse a tratamiento térmico.
- 5) Pueden reutilizarse y reciclarse.
- 6) Se pueden sellar.
- 7) Permiten ver el contenido.
- 8) Realzan el producto que contienen.
- 9) Al ser rígidos resisten el apilado.

Algunas de sus desventajas son las siguientes:

- 1) Son más pesados que otros tipos de envases, lo que hace que su transporte sea más caro.
- 2) Son menos resistentes que otros materiales al shock térmico, la abrasión y la rotura.
- 3) Sus dimensiones fluctúan más que las de otros envases.
- 4) La posibilidad de que el contenido tenga fragmentos de vidrio supone un riesgo potencial.” (Fellows, 1993, p. 454).

## **2.8 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE ADITIVOS**

Un aditivo alimentario es una sustancia, o mezcla de sustancias, distintas a la materia prima básica del alimento, que se encuentra en éste como resultado de cualquier fase de su producción, de su tratamiento, de su almacenamiento o de su envasado.

A aquellos aditivos alimentarios que se añaden a los alimentos concretamente para evitar que se alteren o que se contaminen, se les ha dado la denominación de conservadores químicos. La inhibición de la multiplicación y de la actividad de los microorganismos es uno de los principales objetivos del empleo de conservadores químicos. Los conservadores pueden inhibir a los microorganismos por dañar su membrana celular, o por obstaculizar la actividad de sus enzimas o sus mecanismos genéticos.

Un determinado agente químico puede ser bactericida a una determinada concentración, solamente inhibidor a una concentración más baja, e inoperante a diluciones todavía mayores.

### **2.8.1 El conservador antimicrobiano ideal**

En el aspecto ideal, por consiguiente, un conservador químico debería tener una actividad antimicrobiana de amplio espectro; no debería ser tóxico para las personas ni para los animales; no debería influir en el sabor, ni en la palatabilidad, ni en el aroma del alimento original; no debería ser inactivado por el alimento ni por ninguna sustancia existente en el mismo; no debería estimular la aparición de cepas de microorganismos resistentes; y, en lugar de inhibir a los microorganismos, debería destruirlos.

#### **2.8.1.1 Azúcar y sal**

Estas sustancias reducen la actividad de agua y, de este modo, ejercen una acción perjudicial sobre los microorganismos. El cloruro sódico se emplea en las

salmueras y en las soluciones conservadoras, o se aplica directamente a los alimentos. Se puede añadir la cantidad suficiente para retardar o impedir la multiplicación de los microorganismos, o sólo la cantidad suficiente que permita que en el alimento tenga lugar una fermentación ácida. Se ha indicado que el efecto conservador de la sal se debe a los siguientes mecanismos: (1) Produce una elevada presión osmótica y, por consiguiente, la plasmólisis de las células microbianas, siendo distinto para cada microorganismo el porcentaje de sal necesario para inhibir su multiplicación o para dañar sus células, (2) deshidrata los alimentos por extraer y fijar su humedad, de la misma forma que deshidrata las células microbianas, (3) se ioniza para dar el ión cloro, que es perjudicial para los microorganismos, (4) reduce la solubilidad del oxígeno en la humedad, (5) sensibiliza a las células microbianas frente al dióxido de carbono, y (6) obstaculiza la actividad de las enzimas proteolíticas. La eficacia del NaCl es directamente proporcional a su concentración y a la temperatura.

Los azúcares, como por ejemplo la glucosa y la sacarosa, deben su eficacia como conservadores a su propiedad para convertir el agua de los alimentos en agua no disponible para los microorganismos y a su influencia sobre la presión osmótica. La leche condensada azucarada, las frutas en almíbar, las jaleas y los bombones, son ejemplos de alimentos conservados mediante concentraciones elevadas de azúcar.

## **2.9 TRATAMIENTOS TÉRMICOS EMPLEADOS EN LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

### **2.9.1 Escaldado**

“El escaldado se aplica antes del procesado para destruir la actividad enzimática de frutas y verduras. Esta manipulación no constituye en si misma, un método de conservación, sino tan sólo un pretratamiento normalmente aplicado en las manipulaciones de preparación de la materia prima o previa a otras operaciones de conservación (en especial la esterilización por el calor).

Los factores que determinan el escaldado son los siguientes: el tipo de fruta o verdura, su tamaño, la temperatura de escaldado, el sistema de calentamiento”. (Fellows, 1993, p. 199).

### **2.9.1.1 Efecto del escaldado sobre los alimentos**

“La cantidad de calor que el alimento recibe durante el escaldado altera inevitablemente su valor nutritivo y características organolépticas. Sin embargo, este tratamiento térmico es menos drástico por lo que los cambios que en el alimento provoca son menores. Por lo general, la combinación de tiempo y temperatura utilizada para el escaldado se establece como solución de compromiso para, reducir al mínimo las pérdidas de aroma, asegurar la adecuada inactivación de las enzimas, sin reblandecer excesivamente el producto.”(Ibid, p. 205).

#### **2.9.1.1.1 Nutrientes**

“Durante el escaldado se pierden minerales, vitaminas hidrosolubles y otros componentes hidrosolubles. Las pérdidas vitamínicas se deben, en su mayor parte, al efecto del lavado, a la termodestrucción y en menor grado, a la oxidación. Las pérdidas vitamínicas dependen de diversos factores como son los siguientes:

- 1) grado de maduración del alimento y variedad a la que pertenece;
- 2) operaciones de preparación, en especial el tamaño de corte (en cubos, rodajas, etc.);
- 3) la relación superficie/volumen de las piezas;
- 4) sistema de escaldado;
- 5) tiempo y temperatura de escaldado(los tratamientos a elevada temperatura durante tiempos más cortos provocan menores pérdidas vitamínicas);
- 6) método de enfriamiento;
- 7) relación cantidad de alimento/agua (tanto en escaldado como en enfriamiento).

Las pérdidas en ácido ascórbico se utilizan como medida de la calidad del alimento y por tanto, de la intensidad del escaldado”. (Fellows, 1993, p. 206).

#### **2.9.1.1.2 Color y aromas**

“El escaldado hace que la superficie de los alimentos sea más brillante, ya que elimina de ella el polvo, modificando de esta forma la longitud de onda de la luz reflejada. También la temperatura y el tiempo de escaldado influyen sobre los cambios provocados por éste en los pigmentos. Por ello, el agua de escaldado se le suele añadir carbonato sódico (0.125% p/p) u óxido de calcio, con objeto de proteger a la clorofila y retener de esta forma el color de diversos alimentos vegetales”. (Ibid, p. 206-207)

Si el escaldado se realiza correctamente la mayor parte de los alimentos no sufren cambios significativos ni en su aroma ni en su buqué.

#### **2.9.1.1.3 Textura**

Uno de los objetivos del escaldado consiste en reblandecer la textura de los vegetales para facilitar el llenado de los envases.

### **2.9.2 Conservación mediante el empleo de temperaturas elevadas**

Se cree que la destrucción de los microorganismos por el calor es consecuencia de la desnaturalización de sus proteínas y sobre todo de la inactivación de las enzimas que necesitan para desarrollar sus actividades metabólicas. La intensidad del tratamiento térmico necesaria para destruir los microorganismos o sus esporas depende de la especie de microorganismo, de su estado fisiológico, y de las condiciones del medio en el momento de efectuar el tratamiento.



### **2.9.2.1 La composición del sustrato en el cual se encuentran las células vegetativas o las esporas, al someterlas a tratamiento térmico.**

**La humedad.** El calor húmedo es un agente microbicida mucho más eficaz que el calor seco. En un laboratorio de bacteriología, en un tiempo de unos 15 a 30 minutos a una temperatura de 121°C, el calor húmedo de un autoclave esterilizará los materiales que habitualmente se utilizan en el mismo.

- a. La concentración de iones hidrógeno (pH).** En general, tanto las células vegetativas como las esporas son más termorresistentes cuando se encuentran en un sustrato neutro o próximo a la neutralidad. Un aumento, tanto de la acidez como de la basicidad acelera su destrucción por el calor, si bien una desviación del pH hacia la acidez es más eficaz que aumento de igual valor de la basicidad.
  
- b. Otros componentes del sustrato.** La única sal existente en la mayoría de los alimentos en cantidades estimables es el cloruro sódico, que, a bajas concentraciones, tiene una acción protectora sobre algunas esporas. Parece ser que el azúcar protege a algunos microorganismos y a algunas esporas, pero no a la totalidad de ambas formas microbianas. La concentración óptima que ejerce esta protección es distinta para cada microorganismo: es elevada para algunos microorganismos osmófilos, mientras que para otras es baja, elevada para las esporas, y baja para las células vegetativas no osmófilas.

### **2.9.3 Termorresistencia de los microorganismos y de sus esporas**

La termorresistencia de los microorganismos se suele expresar como tiempo de muerte térmica, el cual se define como el tiempo necesario para destruir, a una determinada temperatura, un determinado número de microorganismos (o de esporas) bajo condiciones específicas. A veces se le denomina tiempo de muerte térmica total para diferenciarlo del tiempo de muerte térmica mayoritaria, el cual

es el tiempo necesario para destruir la mayoría de las células vegetativas o la mayoría de las esporas, y de la tasa de muerte térmica, expresada como velocidad de destrucción. El punto de muerte térmica, poco utilizado en la actualidad, es la temperatura necesaria para destruir la totalidad de los microorganismos en un tiempo de 10 minutos.

### **2.9.3.1 Termorresistencia de las levaduras y de sus esporas**

“La termorresistencia de las levaduras y de sus esporas al calor húmedo depende de la especie e incluso de la cepa y, naturalmente, del sustrato con el cual se someten a calentamiento. En general, para destruir las ascosporas de las levaduras sólo son necesarios de 5 a 10 °C de temperatura por encima de la necesaria para destruir las células vegetativas a partir de las cuales se han originado. La mayoría de las ascosporas son destruidas por una temperatura de 60 °C actuando durante un tiempo de de 10 a 15 minutos; algunas son más resistentes, aunque de ninguna es capaz de resistir, ni siquiera durante un corto espacio de tiempo, un calentamiento a 100 °C.

Las células vegetativas de las levaduras suelen ser destruidas por temperaturas comprendidas entre 50 y 58 °C en un tiempo de 10 a 15 minutos, Tanto las levaduras como sus esporas, son destruidas por los tratamientos de pasteurización a los que se somete la leche (62.8 °C durante 30 minutos o 71.7 °C durante 15 segundos), siendo ésta la razón de que las levaduras se destruyan durante la cocción del pan, en cuyo interior la temperatura alcanza aproximadamente 97 °C” (Frazier y Westhoff, 1993, p.126).

### **2.9.3.2 Termorresistencia de los mohos y de sus esporas**

“La mayoría de los mohos y sus esporas son destruidos por el calor húmedo a 60 °C en un tiempo de 5 a 10 minutos, aunque algunas especies son bastante más termorresistentes. Las esporas asexuales son más resistentes que el micelio normal, ya que para que se destruyan en un tiempo dado, se necesita una temperatura de 5 a 10 °C superior a la que se necesita para conseguir la

destrucción de aquél. Muchas especies del género *Aspergillus* y algunas de los géneros *Penicillium* y *Mucor* son más termorresistentes que otros mohos; *Byssochlamys fulva* (*Paecilomyces*) es un moho muy termorresistente que crece en la superficie de las frutas, provisto de ascosporas resistentes” (Ibid).

### **2.9.3.3 Termorresistencia de las bacterias y de sus esporas**

“La termorresistencia de las células vegetativas de las bacterias es de muy diferente grado en cada una de las especies, oscilando desde cierta termorresistencia de las poco patógenas, las cuales son destruidas con facilidad, hasta la de las termófilas, las cuales, para que se destruyan, es posible que requieran el empleo de temperaturas de 80 a 90 °C durante varios minutos. En relación con la termorresistencia de las células vegetativas de las bacterias, se pueden hacer unas cuantas afirmaciones de tipo general: 1) Los cocos suelen ser más resistentes que los bacilos, aunque existen muchas excepciones importantes, 2) cuanto más elevadas son las temperaturas óptima y máxima de crecimiento, tanto mayor es el grado de termorresistencia que es probable que se presente, 3) las bacterias que forman agrupaciones integradas por una gran cantidad de células o que forman cápsula, resultan más difíciles de destruir que las que no se agrupan o que las no capsulógenas, 4) las células bacterianas con un elevado contenido de lípidos resultan más difíciles de destruir que las demás”. (Frazier y Westoff, 1993, p.127).

### **2.9.3.4 Termorresistencia de las enzimas**

Aunque la mayoría de las enzimas, tanto las existentes en los alimentos como las propias de las células bacterianas, se destruyen a 79.4°C, algunos pueden soportar temperaturas más elevadas, sobre todo si se emplea el calentamiento a temperatura elevada durante un tiempo corto.

Algunas hidrolasas (las proteinasas y las lipasas), conservarán un importante grado de actividad tras un tratamiento térmico a temperaturas extraordinariamente elevadas.

## **2.9.4 Calentamiento a temperaturas superiores a 100 °C**

Las temperaturas superiores a 100 °C se suelen conseguir con autoclaves o con calderas de vapor a presión. En las calderas, la temperatura de los alimentos aumenta conforme se eleva la presión del vapor. Por consiguiente, sin presión, la temperatura que alcanzan a nivel del mar es de 100 °C; a una presión de 5 libras alcanzan una temperatura de 109 °C.

“A una presión de 10 libras alcanzan 115,5 °C; y a una presión de 15 libras alcanzan 121,5 °C. Cuando es preciso esterilizar alimentos líquidos antes de introducirlos en envases estériles, se emplean elevadas presiones de vapor con el fin de conseguir temperaturas altas en pocos segundos” (Frazier y Westhoff, 1993, p. 148).

### **2.9.4.1 Efecto sobre los alimentos**

“El propósito de la esterilización por el calor consiste en prolongar la vida útil de los alimentos reduciendo al mínimo las pérdidas en valor nutritivo y la alteración de las características organolépticas del producto.

#### **2.9.4.1.2 Color**

Las combinaciones de tiempo/temperatura de la esterilización afectan en gran manera la estabilidad de la mayor parte de los pigmentos de los alimentos.

En la fruta y verdura la clorofila se transforma en feofitina, los carotenos se isomerizan y las antocianinas se degradan a pigmentos de color marrón.

#### **2.9.4.1.3 Aroma y buqué**

El aroma de los alimentos se halla determinado por una compleja combinación de centenares de compuestos, algunos de los cuales actúan de forma sinérgica. En la fruta y verdura estos cambios se deben a reacciones complejas de degradación,

recombinación y volatilización de aldehídos, cetonas, azúcares, lactonas, aminoácidos y ácidos orgánicos.

#### **2.9.4.1.4 Textura o viscosidad**

En la fruta y verdura el reblandecimiento se debe a la hidrólisis de los materiales pépticos, a la gelatinización de los almidones y a la solubilización parcial de las hemicelulosas, conjuntamente con la pérdida de la turgencia celular. Para mejorar el grado de firmeza del producto envasado pueden añadirse, al agua de escaldado, sales cálcicas, jarabe o salmuera.

#### **2.9.4.1.5 Valor nutritivo**

Los tratamientos térmicos son la causa principal de los cambios que se producen en las propiedades nutritivas de los alimentos. Así por ejemplo durante los mismos se produce la gelatinización de los almidones y la coagulación de las proteínas, lo que mejora su digestibilidad pero también reduce el valor biológico de las mismas (debido a la destrucción de aminoácidos). Sin embargo el calor destruye también algunas vitaminas termolábiles.” (Fellows, 1993, p. 246-247).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Materia prima**

- Penca de nopal

##### **3.1.2 Insumos**

- Azúcar
- Agua
- Bicarbonato de sodio
- Hipoclorito de sodio
- Sal

##### **3.1.3 Equipos**

- Autoclave
- Balanza digital de capacidad 11 lb. ó 5,5 kg.
- Bureta de 50 ml
- Cocina industrial
- Cuarto de refrigeración
- Erlenmeyer de 250 ml
- Embudo de vidrio
- Picnómetro de 25 ml
- Pipeta de 10 ml

- Potenciómetro
- Probeta 100 ml
- Refractómetro Escala: 0 – 32 °BRIX
- Termómetro Escala: -10 - 150 °C
- Vaso de precipitación de 600 ml

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte (Unidades productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial), cuya ubicación es:

<b>Provincia :</b>	Imbabura
<b>Cantón :</b>	Ibarra
<b>Parroquia :</b>	El Sagrario
<b>Lugar :</b>	Unidades Productivas de Agroindustrias FICAYA-UTN
<b>Temperatura :</b>	Promedio 18 °C
<b>Altitud :</b>	2250 m.s.n.m
<b>HR Promedio :</b>	73%

### 3.2.2 Factores en estudio para la elaboración de conservas de nopal en almíbar

**FACTOR A** (Concentración de sólidos solubles)

**A1** = Almíbar 20 °Brix

**A2** = Almíbar 30 °Brix

**FACTOR B** (Temperatura de escaldado)

**B1** = 70 °C

**B2** = 90 °C

**FACTOR C** (Tiempo de escaldado)

**C1** = 1 minuto

**C2** = 3 minutos

### 3.2.2.1 Tratamientos

De la combinación de los factores A, B y C (Concentración de sólidos solubles, temperatura y tiempo de escaldado respectivamente) se obtuvieron ocho tratamientos los cuales se detallan en el siguiente cuadro 4.

**Cuadro 4.** Tratamientos en estudio

TRAT.	C.S.S.	°T. E.	T. E	COMBINACIONES	DESCRIPCIÓN
1	A1	B1	C1	A1B1C1	20 °B/70 °C/1'
2	A1	B1	C2	A1B1C2	20 °B/70 °C/3'
3	A1	B2	C1	A1B2C1	20 °B/90 °C/1'
4	A1	B2	C2	A1B2C2	20 °B/90 °C/3'
5	A2	B1	C1	A2B1C1	30 °B/70 °C/1'
6	A2	B1	C2	A2B1C2	30 °B/70 °C/3'
7	A2	B2	C1	A2B2C1	30 °B/90 °C/1'
8	A2	B2	C2	A2B2C2	30 °B/90 °C/3'

**C.S.S.**= Concentración de sólidos solubles.

**°T.E.**= Temperatura de escaldado.

**T.E.**= Tiempo de escaldado.

### 3.2.2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial: AxBxC.



### 3.2.2.3 Características del experimento

Número de repeticiones	Tres (3)
Número de tratamientos	Ocho (8)
Número de unidades experimentales	Veinte y cuatro (24)

### 3.2.2.4 Unidad experimental

La unidad experimental constó de 200 g de penca de nopal escaldada por inmersión y luego escurrida, acompañada de 250 ml de almíbar como líquido de cobertura, el cuál se empleó para medir las variables paramétricas.

### 3.2.2.5 Análisis de varianza (ADEVA)

**Cuadro 5. Esquema del ADEVA**

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.
TOTAL	23
Tratamientos	7
Factor A	1
Factor B	1
Factor C	1
AxB	1
AxC	1
BxC	1
AxBxC	1
Error experimental	16

### 3.2.2.6 Análisis funcional

**Tratamientos:** Tukey al 5%

**Factores:** DMS (Diferencia mínima significativa)

**Variables no paramétricas:** Friedman al 1 y 5%

### 3.2.3 Variables a evaluarse

Se evaluaron a los 5 y 40 días de haber sido elaboradas.

**Cuadro 6. Conserva de penca de nopal en almíbar**

VARIABLES		TOMA DE DATOS	MÉTODO
CUANTITATIVAS	Sólidos solubles	Líquido de cobertura	NTE 0380:86 Conservas vegetales.
	pH	Líquido de cobertura	NTE 0389:86 Conservas vegetales
	Acidez	Líquido de cobertura	NTE 0381:86 Conservas vegetales.
CUALITATIVAS	Aceptabilidad	Conserva	Sensorial

#### 3.2.3.1 Variables Cuantitativas

**1. Sólidos solubles.** La determinación de sólidos solubles, método refractométrico se basó en las especificaciones de la norma técnica 0380:86 para conservas vegetales.



**Fotografía 7.** Determinación de sólidos solubles

**2. pH.** La determinación de pH, método potenciométrico se guió en las especificaciones de la norma técnica 0389:86 para conservas vegetales.



**Fotografía 8.** Determinación de pH

**3. Acidez.** La determinación de acidez, método potenciométrico de referencia se basó, en las especificaciones de la norma técnica 0381:86 para conservas vegetales.



**Fotografía 9.** Determinación de acidez

### 3.2.3.2 Variables Cualitativas

**1. Aceptabilidad.** Se realizó con ayuda de un panel degustador conformado por ocho estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, a quienes se les hizo evaluar a través de los órganos de los sentidos las características de olor, color y sabor de cada una de las conservas que han cumplido la cuarentena. Anexo (7)



**Fotografía 10.** Penca de nopal en almíbar



**Fotografía 11.** Degustación

### 3.2.3 Factores en estudio para la elaboración de conservas de nopal en salmuera

**FACTOR A** (Concentración de sólidos solubles)

**A1** = Salmuera al 2%

**A2** = Salmuera al 3%

**FACTOR B** (Temperatura de escaldado)

**B1** = 70 °C

**B2** = 90 °C

**FACTOR C** (Tiempo de escaldado)

**C1** = 1 minuto

**C2** = 3 minutos

### 3.2.4.1 Tratamientos

De la combinación de los factores A, B y C (Concentración de sólidos solubles, temperatura y tiempo de escaldado respectivamente) se obtuvieron ocho tratamientos los cuales se detallan en el siguiente cuadro 7.

**Cuadro 7.** Tratamientos en estudio

<b>TRAT.</b>	<b>C.S.S.</b>	<b>°T. E.</b>	<b>T. E</b>	<b>COMBINACIONES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	A1	B1	C1	A1B1C1	2% /70 °C/1'
2	A1	B1	C2	A1B1C2	2% /70 °C/3'
3	A1	B2	C1	A1B2C1	2% /90 °C/1'
4	A1	B2	C2	A1B2C2	2% /90 °C/3'
5	A2	B1	C1	A2B1C1	3% /70 °C/1'
6	A2	B1	C2	A2B1C2	3% /70 °C/3'
7	A2	B2	C1	A2B2C1	3% /90 °C/1'
8	A2	B2	C2	A2B2C2	3% /90 °C/3'

**C.S.S.**= Concentración de sólidos solubles

**°T.E.** = Temperatura de escaldado

**T.E.** = Tiempo de escaldado

### 3.2.4.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial:  $A \times B \times C$ .

### 3.2.4.3 Características del experimento

Número de repeticiones	Tres (3)
Número de tratamientos	Ocho (8)
Número de unidades experimentales	Veinte y cuatro (24)

### 3.2.4.4 Unidad experimental

La unidad experimental constó de 200 g de penca de nopal escaldada por inmersión que fue luego escurrida, acompañada de 250 ml de salmuera como líquido de cobertura. En el cuál se midió las variables paramétricas.

### 3.2.4.5 Análisis de varianza (ADEVA)

**Cuadro 8. Esquema del ADEVA**

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.
TOTAL	23
Tratamientos	7
Factor A	1
Factor B	1
Factor C	1
AxB	1
AxC	1
BxC	1
AxBxC	1
Error experimental	16

### 3.2.4.6 Análisis funcional

**Tratamientos:** Tukey al 5%

**Factores:** DMS (Diferencia mínima significativa)

**Variables no paramétricas:** Friedman al 1 y 5%.

### 3.2.5 Variables a evaluarse

Se evaluaron a los 5 y 40 días de haber sido elaboradas.

**Cuadro 9. Conserva de penca de nopal en salmuera**

VARIABLES		TOMA DE DATOS	MÉTODO
CUANTITATIVAS	Densidad	Líquido de cobertura	Picnómetro
	pH	Líquido de cobertura	NTE 0389:86 Conservas vegetales
	Acidez	Líquido de cobertura	NTE 0381:86 Conservas vegetales.
CUALITATIVAS	Aceptabilidad	Conserva	Sensorial

#### 3.2.5.1 Variables Cuantitativas

**1. Densidad.** La determinación de la densidad se realizó utilizando un picnómetro.



**Fotografía 12.** Determinación de densidad

**2. pH.** La determinación de pH, método potenciométrico se basó en las especificaciones de la norma técnica 0389:86 para conservas vegetales.



**Fotografía 13.** Determinación de pH

**3. Acidez.** La determinación de acidez, método potenciométrico de referencia se guió, en las especificaciones de la norma técnica 0381:86 para conservas vegetales.



**Fotografía 14.** Determinación de acidez

### **3.2.5.2 Variables Cualitativas**

**1. Aceptabilidad.** Se efectuó con ayuda de un panel degustador conformado por ocho estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, a quienes se les hizo evaluar a través de los órganos de los sentidos las características de olor, color y sabor de cada una de las conservas que han cumplido la cuarentena. Anexo (7).



**Fotografía 15.** Penca de nopal en salmuera



**Fotografía 16.** Degustación

### **3.3 Manejo específico del experimento**

Para la obtención de penca de nopal en almíbar y salmuera se aplicó los siguientes diagramas de proceso.



### 3.3.1 Diagrama de bloques para la elaboración de conservas de nopal en almíbar



### 3.3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de conservas de nopal en almíbar

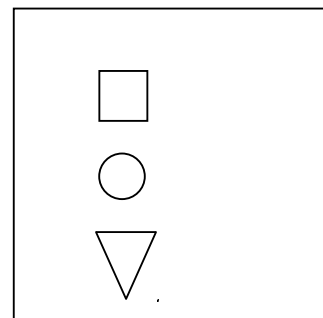
PENCA DE NOPAL



Tratamiento térmico

Enfriado

Etiquetado



CONSERVA DE NOPAL EN ALMÍBAR

### 3.3.3 Descripción del proceso para elaborar conservas de nopal en almíbar

**Recepción.** La penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) que se empleó para esta investigación procedió del cantón de Ibarra; parroquia rural Ambuquí; comunidad Juncal. La penca de nopal se recibió madura, semidesespina para su pesado.



**Fotografía 17.** Recepción de penca de nopal



**Fotografía 18.** Pesado de penca de nopal

**Nota:** Entiéndase como penca semidesespina a la que posee incrustada la base de la espina en sus caras y como madura a la que tiene de 1 a 3 años de edad.

**Selección.** La penca de nopal se colocó en un mesón de acero inoxidable en donde de forma visual y manual se descartó a la que no cumplía con los requisitos que se detallan en el capítulo anterior (p.13).



**Fotografía 19.** Selección de penca de nopal

**Lavado.** Con el objeto de asegurar la desinfección, remoción y eliminación de partículas extrañas a la penca de nopal. Se la lavó con agua corrida y un cepillo, luego por inmersión se la sometió a una solución de hipoclorito de sodio de concentración 50 ppm.



**Fotografía 20.** Lavado de penca de nopal



**Fotografía 21.** Desinfección de penca de nopal

**Desespinado.** Para esto se utilizó la punta de un cuchillo y se extrajo el resto de las espinas incrustadas en cada una de las caras de la penca de nopal.



**Fotografía 22.** Desespinado de penca de nopal

**Trozado.** Se dividió cada penca de nopal en trozos los cuales se cortaron por la mitad para dejar al descubierto el mucílago.



**Fotografía 23.** Trozado de penca de nopal

**Disminución manual de mucílago.** El mucílago se eliminó manualmente de cada trozo de penca de nopal con la ayuda de un cuchillo para dejar sólo la parte fibrosa.



**Fotografía 24.** Disminución manual de mucílago

**Corte.** Los trozos de penca de nopal se cortaron en sentido longitudinal, aproximadamente en tiras de 1x10 cm.



**Fotografía 25.** Tiras de penca de nopal

**Remojo.** Para disminuir el mucílago residual, acidez, eliminar saponinas y taninos, las tiras de penca de nopal se remojaron por un período de 12 horas. La relación de remojo fue 3 litros de agua hervida fría por cada 300 g de tiras de penca de nopal.



**Fotografía 26.** Remojo de tiras de penca de nopal

**Ecurrido 1.** Las tiras de penca de nopal se escurrieron en un colador por un período de 15 minutos, para eliminar el agua de remojo y las sustancias extraídas por ésta.



**Fotografía 27.** Ecurrido 1 de tiras de penca de nopal

**Fijación de color y escaldado.** Para ayudar a las tiras de penca de nopal a reducir volumen, ablandar textura, fijar color y eliminar actividad enzimática. Éstas se escaldaron por inmersión en un recipiente resistente al calor el cuál contenía 2 litros de solución de Bicarbonato de Sodio al 0.3%.



**Fotografía 28.** Fijación de color y escaldado

**Ecurrido 2.** Las tiras de penca de nopal se volvieron a escurrir en un colador por 15 minutos, con el fin de eliminar el agua de escaldado y las sustancias extraídas.



**Fotografía 29.** Ecurrido 2 de tiras de penca de nopal

**Lavado y esterilizado de frascos.** Para asegurar la desinfección, remoción y eliminación de partículas extrañas a los frascos; se lavaron y luego se colocaron en agua a ebullición por 15 minutos.



**Fotografía 30.** Esterilización de frascos

**Envasado.** Se realizó en frascos de vidrio con una capacidad de 500 g, se envasaron 200 g de tiras de penca de nopal escurrida; cantidad que permitió que éstas no se deformen, compacten ni aplasten durante el tratamiento térmico.



**Fotografía 31.** Envasado de penca de nopal

**Preparación de líquido de cobertura.** Se empleó agua desmineralizada, la cuál se ajustó con azúcar común hasta llegar a la concentración establecida para cada uno de los tratamientos.



**Fotografía 32.** Preparación del líquido de cobertura

**Llenado.** Los frascos llenados con tiras de penca de nopal se cubrieron con 250 ml de almíbar a una temperatura de 85 °C, y el espacio de cabeza del 6-10% del volumen del envase, esto se consideró a razón de eliminar el aire ocluido en los frascos, mejorar la transferencia de calor, evitar contaminaciones de carácter microbiano y mejorar el sabor de la penca de nopal.



**Fotografía 33.** Llenado del líquido de cobertura

**Cerrado del envase.** De forma manual se cerraron los frascos de vidrio para luego ser sometidos al tratamiento térmico.



**Fotografía 34.** Cerrado del envase

**Tratamiento térmico.** Las conservas se esterilizaron en un autoclave que alcanzó una temperatura de 121 °C, una presión de 1,1 Kgf/cm<sup>2</sup> y por un tiempo de 15 minutos.





**Fotografía 35.** Tratamiento térmico

**Enfriado.** Las conservas se enfriaron a temperatura ambiente empleando agua fría.



**Fotografía 36.** Enfriado de las conservas

**Etiquetado.** Se etiquetaron las conservas detallando fecha de elaboración, tratamiento, repetición y concentración de almíbar.

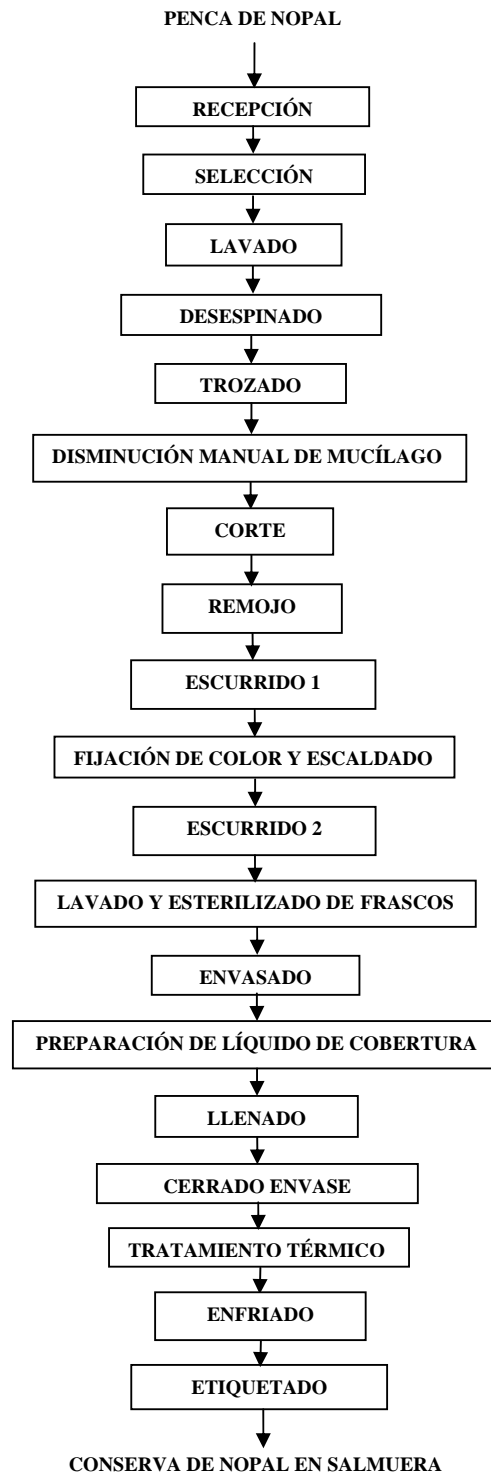


**Fotografía 37.** Etiquetado de las conservas



**Fotografía 38.** Conserva de nopal en almíbar

### 3.3.4 Diagrama de bloques para la elaboración de conservas de nopal en salmuera



### 3.3.5 Diagrama de flujo para la elaboración de conservas de nopal en salmuera

PENCA DE NOPAL

|

Recepción

Selección

Lavado

Desespinado

Trozado

Corte

Remojo

Escurrido 1

Escurrido 2

Envasado

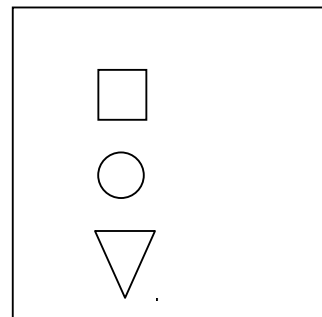
Llenado

Cerrado envase

Tratamiento térmico

Enfriado

Etiquetado



CONSERVA DE NOPAL EN SALMUERA

### 3.3.6 Descripción del proceso para elaborar conservas de nopal en salmuera

**Recepción.** La penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) que se empleó para esta investigación proviene del cantón Ibarra; parroquia rural Ambuquí; comunidad Juncal. La penca de nopal se recibió madura, semidesespina para su pesado.



**Fotografía 39.** Recepción de penca de nopal



**Fotografía 40.** Pesado de penca de nopal

**Nota:** Entiéndase como penca semidesespina a la que posee incrustada la base de la espina en sus caras y como madura a la que tiene de 1 a 3 años de edad.

**Selección.** La penca de nopal se colocó en un mesón de acero inoxidable en donde de forma visual y manual se descartó la que no cumplía con los requisitos que se detallan en el capítulo anterior (p. 13).



**Fotografía 41.** Selección de penca de nopal

**Lavado.** Para asegurar la desinfección, remoción y eliminación de partículas extrañas a la penca de nopal; se le lavó con agua corrida y un cepillo, luego por inmersión se la sometió a una solución de hipoclorito de sodio, concentración 50 ppm.



**Fotografía 42.** Lavado de penca de nopal



**Fotografía 43.** Desinfección de penca de nopal

**Desespinado.** Se completó el desespinado con la extracción de la base de las espinas incrustadas en las caras de la penca de nopal. Para esto se utilizó la punta de un cuchillo.



**Fotografía 44.** Desespinado de penca de nopal

**Trozado.** Se dividió cada penca de nopal en trozos los cuales se cortaron por la mitad para dejar al descubierto el mucílago.



**Fotografía 45.** Trozado de penca de nopal

**Disminución manual de mucílago.** El mucílago se extrajo manualmente de los trozos de penca de nopal con la ayuda de un cuchillo, quedando así sólo la parte utilizable de la penca de nopal.



**Fotografía 46.** Disminución manual de mucílago

**Corte.** La penca de nopal trozada se procedió a cortar en sentido longitudinal, en tiras de 1x10 cm aproximadamente.



**Fotografía 47.** Tiras de penca de nopal

**Remojo.** Para disminuir el mucílago residual, acidez, eliminar saponinas y taninos las tiras de penca de nopal se remojaron por un tiempo de 12 horas. La relación de remojo fue 3 litros de agua hervida fría por cada 300 g de tiras de penca de nopal.



**Fotografía 48.** Remojo de tiras de penca de nopal

**Ecurrido 1.** Para eliminar el agua de remojo y las sustancias extraídas por ésta. Las tiras de penca de nopal se escurrieron en un colador por un período de 15 minutos.



**Fotografía 49.** Ecurrido 1 de tiras de penca de nopal

**Fijación de color y escaldado.** Para ayudar a la penca a reducir volumen, ablandar textura, fijar color y eliminar actividad enzimática. Las tiras de penca de nopal se escaldaron por inmersión en un recipiente resistente al calor el cuál contenía 2 litros de solución de Bicarbonato de Sodio al 0,3%.



**Fotografía 50.** Fijación de color y escaldado

**Ecurrido 2.** Las tiras de penca de nopal se volvieron a escurrir en un colador por 15 minutos, con el fin de eliminar el agua de escaldado y las sustancias extraídas.



**Fotografía 51.** Ecurrido 2 de tiras de penca de nopal

**Lavado y esterilizado de frascos.** Para asegurar la desinfección, remoción y eliminación de partículas extrañas a los frascos; se lavaron y luego se sometieron a agua a ebullición por 15 minutos.



**Fotografía 52.** Esterilización de frascos

**Envasado.** En frascos de vidrio con una capacidad de 500 g se envasaron 200 g de tiras de penca de nopal escurrida; cantidad que permitió que no se deformen, compacten ni aplasten éstas durante el tratamiento térmico.



**Fotografía 53.** Envasado de penca de nopal

**Preparación de líquido de cobertura.** Se utilizó agua desmineralizada la cuál se ajustó con sal común hasta llegar a la concentración establecida para cada uno de los tratamientos.



**Fotografía 54.** Preparación del líquido de cobertura



**Llenado.** Para ayudar a eliminar el aire ocluido en los frascos, mejorar la transferencia de calor, evitar contaminaciones de carácter microbiano y mejorar el sabor del alimento. Los frascos envasados con tiras de penca de nopal fueron cubiertos con 250 ml de salmuera a una temperatura de 85 °C, se tomó en cuenta el espacio de cabeza del 6-10% del volumen del envase.



**Fotografía 55.** Llenado del líquido de cobertura

**Cerrado del envase.** De forma manual se cerraron los frascos de vidrio para luego ser sometidos al tratamiento térmico.



**Fotografía 56.** Cerrado del envase

**Tratamiento térmico.** Las conservas se esterilizaron en un autoclave que alcanzó una temperatura de 121 °C, una presión de 1,1 Kgf/cm<sup>2</sup> y por un tiempo de 15 minutos.



**Fotografía 57.** Tratamiento térmico

**Enfriado.** Las conservas se enfriaron a temperatura ambiente empleando agua fría.



**Fotografía 58:** Enfriado de las conservas

**Etiquetado.** Se etiquetaron las conservas detallando fecha de elaboración, tratamiento, repetición y concentración de salmuera.



**Fotografía 59:** Etiquetado de las conservas



**Fotografía 60:** Conserva de nopal en salmuera