

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE CONSERVAS EN  
ALMÍBAR Y SALMUERA A PARTIR DE PENCA DE NOPAL  
(*Opuntia ficus indica*)”**

Tesis previa a la obtención del Título de  
Ingeniero Agroindustrial

## **AUTORES**

Santiago Orlando Almeida Franco

Leonid Santiago Báez Muñoz

## **DIRECTOR**

Ing. Walter Quezada

**Ibarra – Ecuador**

**2009**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

#### **“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE CONSERVAS EN ALMÍBAR Y SALMUERA A PARTIR DE PENCA DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*)”**

#### **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En calidad de Director de la Tesis presentada por los señores: Santiago Orlando Almeida Franco y Leonid Santiago Báez Muñoz, como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero Agroindustrial, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluado por parte del Tribunal Calificador, siendo responsable de la dirección del trabajo de investigación contenido en el presente documento.

En la ciudad de Ibarra a primer día de octubre del dos mil nueve.

.....

Ing. Walter Quezada

**DIRECTOR DE TESIS**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

#### “ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE CONSERVAS EN ALMÍBAR Y SALMUERA A PARTIR DE PENCA DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*)”

En calidad de Asesor de la Tesis presentada por los señores: Santiago Orlando Almeida Franco y Leonid Santiago Báez Muñoz, como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero Agroindustrial, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

Dra. Lucía Toromoreno .....

**ASESORA**

Ing. Gladys Yaguana .....

**ASESORA**

Dr. Galo Vásquez .....

**ASESOR**

**Ibarra - Ecuador**

**2009**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Los autores: siempre que se cite la fuente, cede con fines académicos y de investigación los derechos de reproducción y duplicación de la investigación desarrollada en este trabajo a la Universidad ecuatoriana y a la sociedad en general.

Para fines distintos al investigativo y académico (producción de textos con fines comerciales, uso del método para procesamiento industrial, etc.); por favor, ponerse en contacto con los autores y la Universidad Técnica del Norte, copropietarios solidarios de los derechos de los autores.

Santiago Almeida Franco

CI. 100241578-7

humanfreaks@hotmail.es

Leonid Báez Muñoz

CI. 100284074-0

leo\_nid584@yahoo.com

**Las ideas, conceptos, datos, cuadros y figuras que se presentan en este documento son responsabilidad y propiedad exclusiva de los autores.**

**Santiago Orlando Almeida Franco**

**Leonid Santiago Báez Muñoz**

## **DEDICATORIA**

*La presente investigación tengo el agrado de dedicar a Dios, a mi mamá Beatriz Franco, a mi abuelita Laura Morales, a mis queridos hermanos Patricia, Alexandra y Paul Almeida, a mis tíos(as), primos(as) y familiares en general, entes que se han constituido en mi fuente inagotable de afecto, apoyo e inspiración, hechos que han arraigado en mi corazón y mente la firme convicción de que aquel que persevera alcanza, ideal que como ser humano me ha permitido sortear obstáculos en la conquista de mis sueños.*

***Santiago Almeida***

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño quiero dedicar esta tesis:*

*A Dios, a mis padres Mauro Fernando y María Olimpia por ser fuente de admiración y respeto por su sacrificio, sabiduría, amor y apoyo incondicional, de quienes aprendí a no dejarme caer por nada, gracias por darme la vida.*

*A mis hermanos Mayra Yadira y Pablo Andrés, verdaderos amigos con los que compartí mi infancia contagiándome de su fuerza y valor lo cual me motivó a luchar por mis sueños.*

*A mis abuelitos José Leonidas y María Pércides por su amor abnegado, quienes estuvieron pendientes de que nada me falte, siempre estaré agradecido.*

*A mis tías y tíos en especial a Miriam, Nancy, Aníbal, Wilson y Wilman porque cuando necesité de su ayuda siempre me tendieron la mano, mi aprecio y respeto. Sin ellos no hubiese podido alcanzar muchas metas de mi vida.*

*A todos mis primos y primas, de manera muy singular a Mateo David que con su ternura supo llenar de alegría mi corazón.*

***Leonid Báez***

## *AGRADECIMIENTO*

*A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, a todos los catedráticos y personal administrativo.*

*De manera especial al Ing. Walter Quezada, Director de Tesis, por su participación activa y desinteresada al aportar sus conocimientos académicos, los cuales sentaron la base científica y técnica de este documento.*

*A nuestros asesores: Dra. Lucía Toromoreno, Ing. Gladys Yaguana y Dr. Galo Vásquez quienes con su guía y dirección oportuna supieron encaminar a la estructuración lógica y coherente de esta investigación.*

*De igual manera al Dr. José Luis Moreno (Analista del Laboratorio de uso múltiple, FICAYA), al Ing. Edíson Rodríguez (Jefe de las Unidades Productivas, FICAYA) por darnos todas las facilidades para desarrollar la fase experimental de esta tesis en los laboratorios a su cargo.*

*Un particular agradecimiento: por la atención prestada a este proyecto, al Centro de Investigación Familia Negra (CIFANE) y a sus representantes legales Atplgo. José Luis Chala, Econ. Renán Tadeo e Ing. Karina Albuja y de forma particular a el Sr. Barón Delgado por facilitarnos el material vegetativo, para esta investigación.*

*A todos nuestros amigos, compañeros y familiares que de una u otra forma colaboraron con este estudio.*

## INDICE GENERAL

### CONTENIDO

### PÁGINAS

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	viii

### CAPÍTULO I

1	Generalidades .....	1
1.1	Introducción .....	1
1.2	Objetivos .....	3
1.2.1	Objetivo general .....	3
1.2.2	Objetivos específicos .....	3
1.3	Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO II

2	Marco teórico .....	5
2.1	Características y composición química de los nopales .....	5
2.1.1	Descripción de la planta .....	5
2.1.2	Características generales de las especies.....	6
2.1.3	Cladodios .....	7
2.1.4	Valor nutritivo y funcional del cladodio .....	8
2.1.5	Potencial de la utilización del nopal .....	9
2.2	Operaciones de campo para la utilización de los nopales .....	10
2.2.1	Cosecha .....	10
2.2.2	Manejo pos cosecha .....	11
2.2.3	Almacenamiento .....	12
2.3	Los alimentos como sustratos de microorganismos.....	13

2.3.1	Concentraciones de iones hidrógeno (pH) .....	14
2.3.2	Acidez .....	15
2.4	Contaminación de los alimentos .....	15
2.4.1	En las verduras y en las frutas.....	15
2.4.2	En el suelo.....	16
2.4.3	En el agua.....	16
2.4.4	En el aire .....	16
2.4.5	Durante su manipulación y tratamiento .....	17
2.5	Alteración de los alimentos.....	17
2.5.1	Causas de alteración.....	17
2.5.2	Clasificación de los alimentos por la facilidad con que se alteran.....	18
2.5.3	Factores que influyen en el tipo y número de microorganismos existentes en los alimentos .....	18
2.5.4	Factores que influyen en la multiplicación de los microorganismos en los alimentos .....	19
2.5.4.1	Asociaciones de microorganismos.....	19
2.5.4.2	Influencia de las condiciones del medio .....	20
2.6	Modificaciones químicas ocasionadas por microorganismos .....	21
2.6.1	Modificaciones de los compuestos orgánicos nitrogenados .....	21
2.6.2	Modificaciones de los compuestos no nitrogenados.....	22
2.6.2.1	Hidratos de carbono .....	22
2.6.2.2	Ácidos orgánicos.....	23
2.7	Principios de la conservación de los alimentos.....	23
2.7.1	Procedimientos utilizados para conservar los alimentos.....	23
2.7.2	Fundamentos de la conservación de alimentos .....	24
2.7.2.1	Aplicaciones en la conservación de los alimentos .....	24
2.7.3	Asepsia .....	25
2.7.3.1	Eliminación de microorganismos.....	25
2.7.3.2	Mantenimiento de anaerobiosis.....	26
2.7.4	Envasado .....	26
2.7.4.1	Adición del líquido de cobertura.....	26

2.7.4.2	Llenado y cierre de los envases.....	27
2.7.5	Envase .....	27
2.7.5.1	Envase de vidrio.....	28
2.8	Conservación de alimentos mediante aditivos .....	29
2.8.1	El conservador antimicrobiano ideal.....	29
2.8.1.1	Azúcar y sal.....	29
2.9	Tratamientos térmicos empleados en la conservación de los alimentos .....	30
2.9.1	Escaldado .....	30
2.9.1.1	Efecto del escaldado sobre los alimentos.....	31
2.9.1.1.1	Nutrientes .....	31
2.9.1.1.2	Color y aromas .....	32
2.9.1.1.3	Textura .....	32
2.9.2	Conservación mediante el empleo de temperaturas elevadas .....	33
2.9.2.1	La composición del sustrato en el cual se encuentran las células vegetativas o las esporas, al someterlas a tratamiento térmico .....	33
2.9.3	Termorresistencia de los microorganismos y de sus esporas.....	33
2.9.3.1	Termorresistencia de las levaduras y de sus esporas .....	34
2.9.3.2	Termorresistencia de los mohos y de sus esporas.....	34
2.9.3.3	Termorresistencia de las bacterias y de sus esporas.....	35
2.9.3.4	Termorresistencia de las enzimas.....	35
2.9.4	Calentamiento a temperaturas superiores a 100 °C .....	36
2.9.4.1	Efecto sobre los alimentos .....	36
2.9.4.1.2	Color .....	36
2.9.4.1.3	Aroma y buqué.....	36
2.9.4.1.4	Textura o viscosidad .....	37
2.9.4.1.5	Valor nutritivo .....	37

### **CAPÍTULO III**

3	Materiales y métodos .....	38
3.1	Materiales.....	38
3.1.1	Materia prima.....	38

3.1.2	Insumos .....	38
3.1.3	Equipos.....	38
3.2	Métodos .....	39
3.2.1	Caracterización del área de estudio.....	39
3.2.2	Factores en estudio para la elaboración de conservas de nopal en almíbar .....	39
3.2.2.1	Tratamientos.....	40
3.2.2.2	Diseño experimental.....	40
3.2.2.3	Características del experimento .....	41
3.2.2.4	Unidad experimental .....	41
3.2.2.5	Análisis de varianza .....	41
3.2.2.6	Análisis funcional.....	41
3.2.3	Variables a evaluarse.....	42
3.2.3.1	Variables Cuantitativas .....	42
3.2.3.2	Variables Cualitativas .....	43
3.2.4	Factores en estudio para la elaboración de conservas de nopal en salmuera .....	43
3.2.4.1	Tratamientos.....	44
3.2.4.2	Diseño experimental.....	45
3.2.4.3	Características del experimento .....	45
3.2.4.4	Unidad experimental .....	45
3.2.4.5	Análisis de varianza .....	45
3.2.4.6	Análisis funcional.....	45
3.2.5	Variables a evaluarse.....	46
3.2.5.1	Variables Cuantitativas .....	46
3.2.5.2	Variables Cualitativas .....	47
3.3	Manejo específico del experimento .....	48
3.3.1	Diagrama de bloques para la elaboración de conservas de nopal en almíbar.....	49
3.3.2	Diagrama de flujo para la elaboración de conservas de nopal en almíbar .....	50
3.3.3	Descripción del proceso para elaborar conservas de nopal en almíbar.....	51
3.3.4	Diagrama de bloques para la elaboración de conservas de nopal en salmuera .....	58

3.3.5	Diagrama de flujo para la elaboración de conservas de nopal en salmuera.....	59
3.3.6	Descripción del proceso para elaborar conservas de nopal en salmuera .....	60

## CAPÍTULO IV

4	Resultados y discusiones.....	67
4.1	Evaluación estadística de las conservas de nopal en almíbar (5 días) .....	67
4.1.1	Análisis de pH.....	67
4.1.2	Análisis de sólidos solubles .....	71
4.1.3	Análisis de acidez.....	75
4.2	Evaluación estadística de las conservas de nopal en almíbar (40 días) .....	80
4.2.1	Análisis de pH.....	80
4.2.2	Análisis de sólidos solubles .....	83
4.2.3	Análisis de acidez.....	86
4.3	Evaluación estadística de las conservas de nopal en salmuera (5 días) .....	88
4.3.1	Análisis de pH.....	88
4.3.2	Análisis de densidad.....	91
4.3.3	Análisis de acidez.....	95
4.4	Evaluación estadística de las conservas de nopal en salmuera (40 días) .....	99
4.4.1	Análisis de pH.....	99
4.4.2	Análisis de densidad.....	104
4.4.3	Análisis de acidez.....	107
4.5	Análisis sensorial de las conservas de penca de nopal.....	112
4.5.1	Evaluación estadística de las conservas de nopal en almíbar (40 días) .....	112
4.5.1.1	Rangos para el color de la penca de nopal en almíbar .....	112
4.5.1.2	Rangos para el olor de la penca de nopal en almíbar.....	113
4.5.1.3	Rangos para el sabor de la penca de nopal en almíbar.....	114
4.5.2	Evaluación estadística de las conservas de nopal en salmuera (40 días) .....	115
4.5.2.1	Rangos para el color de la penca de nopal en salmuera.....	115
4.5.2.2	Rangos para el olor de la penca de nopal en salmuera.....	116
4.5.2.3	Rangos para el sabor de la penca de nopal en salmuera .....	117
4.6	Balance general para elaborar conservas de nopal en almíbar.....	119

4.7	Balance general para elaborar conservas de nopal en salmuera .....	120
4.8	Balance de materiales para los mejores tratamientos.....	121
4.8.1	Balance para elaborar conserva de nopal en almíbar	
	T7 (30 ° Brix / 90 °C / 1’).....	121
4.8.1	Balance para elaborar conserva de nopal en salmuera	
	T6 (3% Salmuera / 70 °C/ 3’) .....	122

## **CAPÍTULO V**

5	Conclusiones y recomendaciones .....	123
5.1	Conclusiones .....	123
5.1.1	Conclusiones para conservas de nopal en almíbar.....	123
5.1.2	Conclusiones para conservas en nopal en salmuera.....	124
5.2	Recomendaciones.....	125
5.2.1	Recomendaciones para conservas de nopal en almíbar .....	126
5.2.2	Recomendaciones para conservas de nopal en salmuera .....	127

## **CAPÍTULO VI**

	Resumen.....	128
	Summary .....	130

## **CAPÍTULO VII**

7	Bibliografía .....	132
7.1	Bibliografía de textos .....	132
7.2	Bibliografía de internet .....	133

## **CAPÍTULO VIII**

8	Anexos .....	134
---	--------------	-----

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable pH.....	70
Gráfico 2: Evaluación estadística de pH .....	70
Gráfico 3: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable sólidos solubles .....	73
Gráfico 4: Interacción entre el factor B (Temperatura de escaldado) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable sólidos solubles .....	74
Gráfico 5: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C (Tiempo de escaldado) en la variable sólidos solubles .....	74
Gráfico 6: Evaluación estadística de sólidos solubles.....	75
Gráfico 7: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable acidez .....	78
Gráfico 8: Interacción entre el factor B (Temperatura de escaldado) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	78
Gráfico 9: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	79
Gráfico 10: Evaluación estadística de acidez.....	79
Gráfico 11: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable pH.....	82
Gráfico 12: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable pH.....	82
Gráfico 13: Evaluación estadística de pH.....	83
Gráfico 14: Evaluación estadística de sólidos solubles.....	85
Gráfico 15: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C(Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	87
Gráfico 16: Evaluación estadística de acidez.....	88

Gráfico 17: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable pH.....	90
Gráfico 18: Evaluación estadística de pH.....	91
Gráfico 19: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable densidad .....	94
Gráfico 20: Evaluación estadística de densidad.....	94
Gráfico 21: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable acidez .....	97
Gráfico 22: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	98
Gráfico 23: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C(Tiempo de escaldado) en la variable acidez.....	98
Gráfico 24: Evaluación estadística de acidez.....	99
Gráfico 25: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable pH.....	102
Gráfico 26: Interacción entre el factor B (Concentración de sólidos solubles) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable pH.....	102
Gráfico 27: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C(Tiempo de escaldado) en la variable pH .....	103
Gráfico 28: Evaluación estadística de pH.....	103
Gráfico 29: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable densidad .....	106
Gráfico 30: Evaluación estadística de densidad.....	106
Gráfico 31: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor B (Temperatura de escaldado) en la variable acidez .....	109
Gráfico 32: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	110
Gráfico 33: Interacción entre el factor B (Concentración de sólidos solubles) y el factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez .....	110

Gráfico 34: Interacción entre el factor A (Concentración de sólidos solubles), factor B (Temperatura de escaldado) y factor C (Tiempo de escaldado) en la variable acidez.....	111
Gráfico 35: Evaluación estadística de acidez.....	111
Gráfico 36: Rangos para el color de la penca de nopal en almíbar.....	113
Gráfico 37: Rangos para el olor de la penca de nopal en almíbar.....	114
Gráfico 38: Rangos para el sabor de la penca de nopal en almíbar .....	115
Gráfico 39: Rangos para el color de la penca de nopal en salmuera.....	116
Gráfico 40: Rangos para el olor de la penca de nopal en salmuera .....	117
Gráfico 41: Rangos para el sabor de la penca de nopal en salmuera .....	118

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la <i>Opuntia ficus indica</i> .....	7
Cuadro 2. Composición química de cladodios de distintas edades (% MS).....	8
Cuadro 3. Algunos productos alimenticios, subproductos y aditivos obtenidos de las tunas y los cladodios.....	10
Cuadro 4. Tratamientos en estudio (Almíbar).....	40
Cuadro 5. Esquema del ADEVA (Almíbar) .....	41
Cuadro 6. Conserva de penca de nopal en almíbar .....	42
Cuadro 7. Tratamientos en estudio (Salmuera).....	44
Cuadro 8. Esquema del ADEVA (Salmuera).....	45
Cuadro 9. Conserva de penca de nopal en salmuera.....	46
Cuadro 10. Evaluación estadística de pH (Almíbar).....	67
Cuadro 11. Análisis de varianza ADEVA (Almíbar).....	68
Cuadro 12. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	68
Cuadro 13. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles).....	69
Cuadro 14. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	69
Cuadro 15. Evaluación estadística de sólidos solubles .....	71
Cuadro 16. Análisis de varianza ADEVA (Almíbar).....	71
Cuadro 17. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	72
Cuadro 18. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles).....	72

Cuadro 19. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	73
Cuadro 20. Prueba de DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	73
Cuadro 21. Evaluación estadística de acidez .....	75
Cuadro 22. Análisis de varianza (ADEVA).....	76
Cuadro 23. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	76
Cuadro 24. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles).....	77
Cuadro 25. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	77
Cuadro 26. Prueba DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	77
Cuadro 27. Evaluación estadística de pH.....	80
Cuadro 28. Análisis de varianza (ADEVA).....	80
Cuadro 29. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	81
Cuadro 30. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	81
Cuadro 31. Prueba DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	81
Cuadro 32. Evaluación estadística de sólidos solubles .....	83
Cuadro 33. Análisis de varianza (ADEVA).....	84
Cuadro 34. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	84
Cuadro 35. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles).....	85
Cuadro 36. Evaluación estadística de acidez .....	86
Cuadro 37. Análisis de varianza (ADEVA).....	86
Cuadro 38. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	87
Cuadro 39. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	87
Cuadro 40. Evaluación estadística de pH (Salmuera).....	88
Cuadro 41. Análisis de varianza (ADEVA).....	89
Cuadro 42. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.....	89
Cuadro 43. Prueba de DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles) .....	90
Cuadro 44. Evaluación estadística de densidad .....	91
Cuadro 45. Análisis de varianza (ADEVA).....	92
Cuadro 46. Prueba de Tukey al 5% para tratamiento.....	92
Cuadro 47. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles).....	93
Cuadro 48. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	93
Cuadro 49. Evaluación estadística de acidez .....	95
Cuadro 50. Análisis de varianza (ADEVA).....	95

Cuadro 51. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos .....	96
Cuadro 52. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles) .....	96
Cuadro 53. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	97
Cuadro 54. Prueba DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	97
Cuadro 55. Evaluación estadística de pH.....	99
Cuadro 56. Análisis de varianza (ADEVA).....	100
Cuadro 57. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos .....	100
Cuadro 58. Prueba DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles) .....	101
Cuadro 59. Prueba DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	101
Cuadro 60. Prueba de DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	101
Cuadro 61. Evaluación estadística densidad .....	104
Cuadro 62. Análisis de varianza (ADEVA).....	104
Cuadro 63. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos .....	105
Cuadro 64. Prueba de DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles) .....	105
Cuadro 65. Evaluación estadística de acidez .....	107
Cuadro 66. Análisis de varianza (ADEVA).....	107
Cuadro 67. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos .....	108
Cuadro 68. Prueba de DMS para el factor A (Concentración de sólidos solubles) .....	108
Cuadro 69. Prueba de DMS para el factor B (Temperatura de escaldado).....	108
Cuadro 70. Prueba de DMS para el factor C (Tiempo de escaldado).....	109
Cuadro 71. Rangos para el color de la penca de nopal en almíbar .....	112
Cuadro 72. Prueba de Friedman para el color de la penca de nopal en almíbar .....	112
Cuadro 73. Rangos para el olor de la penca de nopal en almíbar .....	113
Cuadro 74. Prueba de Friedman para el olor de la penca de nopal en almíbar .....	113
Cuadro 75. Rangos para el sabor de la penca de nopal en almíbar .....	114
Cuadro 76. Prueba de Friedman para el sabor de la penca de nopal en almíbar.....	114
Cuadro 77. Rangos para el color de la penca de nopal en salmuera .....	115
Cuadro 78. Prueba de Friedman para el color de la penca de nopal en salmuera.....	115
Cuadro 79. Rangos para el olor de la penca de nopal en salmuera.....	116
Cuadro 80. Prueba de Friedman para el olor de la penca de nopal en salmuera.....	116
Cuadro 81. Rangos para el sabor de la penca de nopal en salmuera.....	117
Cuadro 82. Prueba de Friedman para el sabor de la penca de nopal en salmuera .....	117

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Planta de nopal .....	5
Fotografía 2. Opuntia ficus indica.....	6
Fotografía 3. Cladodios.....	7
Fotografía 4. Corte de la penca .....	10
Fotografía 5. Desespinado parcial de la penca.....	10
Fotografía 6. Pencas de nopal cosechadas .....	13
Fotografía 7. Determinación de sólidos solubles (Almíbar) .....	42
Fotografía 8. Determinación de pH (Almíbar).....	42
Fotografía 9. Determinación de acidez (Almíbar) .....	43
Fotografía 10. Penca de nopal en almíbar.....	43
Fotografía 11. Degustación .....	43
Fotografía 12. Determinación de densidad (Salmuera).....	46
Fotografía 13. Determinación de pH (Salmuera) .....	47
Fotografía 14. Determinación de acidez (Salmuera).....	47
Fotografía 15. Penca de nopal en salmuera.....	48
Fotografía 16. Degustación .....	48
Fotografía 17. Recepción de penca de nopal .....	51
Fotografía 18. Pesado de penca de nopal .....	51
Fotografía 19. Selección de penca de nopal.....	51
Fotografía 20. Lavado de penca de nopal .....	52
Fotografía 21. Desinfección de penca de nopal .....	52
Fotografía 22. Desespinado de penca de nopal.....	52
Fotografía 23. Trozado de penca de nopal.....	52
Fotografía 24. Disminución manual de mucílago .....	53
Fotografía 25. Tiras de penca de nopal .....	53
Fotografía 26. Remojo de tiras de penca de nopal .....	53
Fotografía 27. Escurrido 1 de tiras de penca de nopal .....	54
Fotografía 28. Fijación de color y escaldado .....	54
Fotografía 29. Escurrido 2 de tiras de penca de nopal .....	54

Fotografía 30. Esterilización de frascos .....	55
Fotografía 31. Envasado de penca de nopal.....	55
Fotografía 32. Preparación del líquido de cobertura.....	55
Fotografía 33. Llenado del líquido de cobertura.....	56
Fotografía 34. Cerrado del envase .....	56
Fotografía 35. Tratamiento térmico .....	57
Fotografía 36. Enfriado de las conservas .....	57
Fotografía 37. Etiquetado de las conservas.....	57
Fotografía 38. Conserva de penca de nopal en almíbar .....	57
Fotografía 39. Recepción de penca de nopal .....	60
Fotografía 40. Pesado de penca de nopal .....	60
Fotografía 41. Selección de penca de nopal.....	60
Fotografía 42. Lavado de penca de nopal .....	61
Fotografía 43. Desinfección de penca de nopal .....	61
Fotografía 44. Desespinado de penca de nopal.....	61
Fotografía 45. Trozado de penca de nopal.....	61
Fotografía 46. Disminución manual de mucílago .....	62
Fotografía 47. Tiras de penca de nopal .....	62
Fotografía 48. Remojo de tiras de penca de nopal.....	62
Fotografía 49. Escurrido 1 de tiras de penca de nopal.....	63
Fotografía 50. Fijación de color y escaldado .....	63
Fotografía 51. Escurrido 2 de tiras de penca de nopal.....	63
Fotografía 52. Esterilización de frascos .....	64
Fotografía 53. Envasado de penca de nopal.....	64
Fotografía 54. Preparación del líquido de cobertura.....	64
Fotografía 55. Llenado del líquido de cobertura.....	65
Fotografía 56. Cerrado del envase .....	65
Fotografía 57. Tratamiento térmico .....	66
Fotografía 58. Enfriado de las conservas .....	66
Fotografía 59. Etiquetado de las conservas.....	66
Fotografía 60. Conserva de penca de nopal en salmuera.....	66

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Rangos para el color de penca de nopal en almíbar .....	134
Anexo 2. Rangos para el olor de penca de nopal en almíbar .....	134
Anexo 3. Rangos para el sabor de penca de nopal en almíbar .....	135
Anexo 4. Rangos para el color de penca de nopal en salmuera .....	135
Anexo 5. Rangos para el olor de penca de nopal en salmuera .....	136
Anexo 6. Rangos para el sabor de penca de nopal en salmuera.....	136
Anexo 7. Evaluación sensorial de conservas de penca de nopal en almíbar y en salmuera .....	137
Anexo 8. Análisis de saponinas y taninos en conservas de penca de nopal.....	139
Anexo 9. Análisis químicos y microbiológicos de conservas de penca de nopal en almíbar y en salmuera .....	140
Anexo 10. Normas INEN .....	141