



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

Profesor Patrocinante:

Prof. Luis Puente Díaz  
Depto. Ciencia de los Alimentos  
y Tecnología Química

Director de Memoria:

Prof. Luis Puente Díaz  
Depto. Ciencia de los Alimentos  
y Tecnología Química

Prof. Eduardo Castro Montero  
Depto. Ciencia de los Alimentos  
y Tecnología Química

"OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE LA CÁSCARA DE LA TUNA (*Opuntia ficus-indica*) A PARTIR DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN"

Memoria para optar al título de Ingeniera en Alimentos

EVELYN ESTER JIMÉNEZ FERNÁNDEZ

Santiago, Chile  
2014

## INDICE GENERAL

TEMA	PÁGINA
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Tabla de contenidos.....	v
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xii
Resumen.....	xiii
Summary.....	xiv

## TABLA DE CONTENIDOS

TEMA	PÁGINA
I. Introducción .....	1
II. Marco teórico .....	3
2.1. Nopales: Origen y distribución.....	3
2.1.1. Características de la planta .....	4
2.2. Especies de <i>Opuntia</i> .....	5
2.2.3. <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	5
2.2.3.1. Generalidades.....	5
2.2.3.2. Descripción de los frutos .....	6
2.2.3.2.1. Composición química de la cáscara de los frutos del <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	9
2.2.3.3. El mucílago del <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	11
2.2.3.3.1. Composición química.....	11
2.2.3.3.2. Aplicaciones .....	13
2.2.3.3.3. Valor nutricional .....	14
2.2. Panorama del mercado global de los hidrocoloides .....	14
III. Hipótesis del trabajo.....	17
IV. Objetivos .....	17
4.1. Objetivo General .....	17
4.2. Objetivos específicos .....	17
V. Materiales y Metodología .....	18
5.1. Lugar de ejecución.....	18
5.2. Materia prima .....	18
5.3. Materiales.....	18
5.4. Plan de Trabajo.....	18
5.5. Diagrama de Bloques de los procesos de extracción de mucílago a partir de la cáscara de la tuna con y sin proceso de escaldado.....	19

5.8.	Descripción de los métodos de obtención de mucilagos.....	24
5.7.	Metodología de análisis.....	24
5.7.1.	Rendimiento del mucilago .....	24
5.7.2.	Análisis proximal.....	24
5.7.2.1.	Determinación de humedad .....	24
5.7.2.2.	Determinación de cenizas .....	24
5.7.2.3.	Determinación de grasas totales .....	24
5.7.2.5.	Determinación de carbohidratos totales .....	24
5.7.3	Caracterización fisicoquímica.....	25
5.7.3.1	Determinación de color.....	25
5.7.3.2	Determinación de Actividad de agua .....	25
5.7.3.3.	Determinación de pH.....	25
5.7.3.4	Determinación de Ángulo de reposo.....	26
5.7.3.5.	Determinación de tamaño de partícula .....	26
5.7.4.	Análisis microbiológicos.....	27
5.7.5.	Propiedades reológicas .....	27
<b>VI.</b>	<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>29</b>
6.1.	Rendimiento de la cáscara de la tuna .....	29
6.2.	Rendimiento del mucilago.....	29
6.3.	Análisis proximal .....	30
6.3.1.	Determinación de humedad.....	30
6.3.2.	Determinación de cenizas .....	30
6.3.3.	Determinación de grasas totales .....	31
6.3.4.	Determinación de proteínas.....	31
6.3.5.	Determinación de Carbohidratos totales.....	31
6.4.	Caracterización fisicoquímica.....	31
6.4.1.	Determinación de color.....	31
6.4.2.	Determinación de Actividad de agua .....	32
6.4.3.	Determinación de pH.....	33
6.4.4.	Determinación de Ángulo de reposo.....	33

6.4.5.	Determinación de tamaño de partícula.....	34
6.5.	Análisis microbiológicos .....	34
6.6.	Propiedades reológicas.....	34
6.6.1.	Ensayos en flujo estacionario .....	34
6.6.2.	Ensayos en flujo oscilatorio. ....	47
6.7.	Ficha técnica de productos .....	51
<b>VII.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>52</b>
<b>VIII.</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>54</b>
<b>IX.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1. Composición química de la pulpa de tuna cultivada en Chile.....	9
Tabla 2. Composición química de la cáscara de la tuna.....	10
Tabla 3. Composición química del mucílago de cladodio de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	13
Tabla 4. Mercado de hidrocoloides alimenticios.....	15
Tabla 5. . Ecuaciones y datos experimentales correspondientes a diversos modelos reológicos obtenidos del análisis del mucílago extraído de cáscaras de tunas no escaldadas.....	37
Tabla 6. Coeficientes de correlación de modelos reológicos para mucílago extraído de cáscaras de tunas no escaldadas.....	37
Tabla 7. Ecuaciones y datos experimentales correspondientes a diversos modelos reológicos obtenidos del análisis del mucílago extraído de cáscaras de tunas escaldadas.....	42
Tabla 8. Coeficientes de correlación de modelos reológicos para mucílago extraído de cáscaras de tunas escaldadas.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

TABLA	PÁGINA
Figura 1. Cultivo de nopales.....	3
Figura 2. Nopales y frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	6
Figura 3. Tuna, fruto del <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	7
Figura 4. Cáscara de la tuna, proveniente del <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	10
Figura 5. Propuesta de estructura parcial para el mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	12
Figura 6. Diagrama de bloques de los procesos de extracción de mucílago.....	20
Figura 7. Mucílago obtenido a partir de cáscaras de tunas.....	29
Figura 8. Determinación de color de un mucílago de cáscaras de tuna no escaldadas y escaldadas.....	32
Figura 9. Determinación de Ángulo de reposo de un mucílago de cáscaras de tuna .....	33
Figura 10. Esfuerzo de corte versus velocidad de deformación en cizalla del mucílago extraído de cáscaras de tunas no escaldadas.....	35
Figura 11. Datos experimentales de esfuerzo de corte versus velocidad de deformación en cizalla junto a los modelos de Casson (lin), Herschel – Bulkley, Casson, Cross, Bingham y Ostwald de Waele.....	38
Figura 12. Datos experimentales de esfuerzo de corte versus velocidad de deformación en cizalla y el Modelo de Ley de la Potencia.....	38
Figura 13. Viscosidad aparente del mucílago de cáscaras de tunas no escaldadas en función de la velocidad de deformación en cizalla.....	39

Figura 14. Esfuerzo de corte versus velocidad de deformación en cizalla del mucílago extraído de cáscaras de tunas escaldadas.....	40
Figura 15. Datos experimentales de esfuerzo de corte versus velocidad de deformación en cizalla junto a los modelos de Casson (lin), Herschel – Bulkley, Cross, Bingham y Ostwald de Waele.....	41
Figura 16. Datos experimentales de esfuerzo de corte versus velocidad de deformación y el Modelo de Ley de la Potencia.....	43
Figura 17. Viscosidad aparente del mucílago proveniente de cáscaras de tunas escaldadas en función de la velocidad de deformación.....	44
Figura 18. Viscosidad aparente de soluciones acuosas al 1% de mucílago extraídos de cáscaras de tunas con y sin proceso de escaldado.....	45
Figura 19. Tixotropía presente en mucílago extraídos de cáscaras de tunas no escaldadas.....	46
Figura 20. Tixotropía presente en mucílago extraídos de cáscaras de tunas escaldadas.....	46
Figura 21. Evolución, a frecuencia constante, de los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y de pérdida ( $G''$ ) y el ángulo de desfase, con el tiempo en muestra de mucílago obtenido a partir de cáscaras de tunas no escaldadas.....	47
Figura 22. Módulos $G'$ y $G''$ en función de la frecuencia de oscilación en muestra de mucílago obtenido a partir de cáscaras de tunas no escaldadas.....	48
Figura 23. Evolución, a frecuencia constante, de los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y de pérdida ( $G''$ ) y el ángulo de desfase, con el tiempo en muestra de mucílago obtenido a partir de cáscaras de tunas escaldadas.....	49
Figura 24. Módulos $G'$ y $G''$ en función de la frecuencia de oscilación en muestra de mucílago obtenido a partir de cáscaras de tunas escaldadas..	50



Figura 25. Ficha técnica de mucilago extraído de cáscaras de tunas no escaldadas.....	51
Figura 28. Ficha técnica de mucilago extraído de cáscaras de tunas escaldadas.....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
Anexo 1. Selección de tunas en Supermercado Lider ®.....	58
Anexo 2. Proceso de pelado de tunas .....	58
Anexo 3. Extracción acuosa de cáscaras de tuna.....	58
Anexo 4. Precipitación con solvente.....	59
Anexo 5. Mucilago filtrado al vacío.....	59
Anexo 6. Mucilago secado en estufa.....	59
Anexo 7. Termo balanza PMC50/1 de la marca RADWAG.....	60
Anexo 8. AQUALAB 4TEV.....	60
Anexo 9. pH-metro Bench 2700 de la marca EUTECH INSTRUMENTS..	60
Anexo 10. Título V, Párrafo III, Artículo 173 "Especificaciones microbiológicas por grupos de alimentos", para mezclas en seco de uso instantáneo.....	61
Anexo 11. Reómetro HAAKE RheoStress 1.....	61
Anexo 12. Modelos y ecuaciones para flujos No Newtonianos.....	62
Anexo 13. Fotografías por microscopía de partículas de mucilagos extraídos de cáscaras de tunas no escaldadas (izquierda) y escaldadas (derecha).....	62