



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA
DE GOLOSINA DE NOPAL DESHIDRATADA
OSMÓTICAMENTE CON PROPIEDADES
DE ALTO VALOR NUTRIMENTAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

ILSA ARLENE RAMÍREZ ESCOBAR

ASESORES:

DRA. ELSA GUTIÉRREZ CORTEZ

I.Q. GUADALUPE FRANCO RODRIGUEZ

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



RESUMEN

Los nopales o cladodios son una fuente de fibra y minerales. Han sido un alimento en México por cientos de años, actualmente también han ganado popularidad en los Estados Unidos y en otros países. Se ha utilizado en la preparación de ensaladas, sopas, mermelada, jugos, deshidratado entre otros. Sin embargo, nunca como una golosina azucarada. En este trabajo se realizó un dulce de nopal deshidratado osmóticamente y después secado por convección, cumpliendo con el propósito de elaborar una golosina atractiva a la vista del consumidor y con un alto valor nutrimental. El objetivo general era conocer las mejores condiciones de proceso al someter el nopal a deshidratación osmótica y secado por convección, luego de seguir una metodología para determinar la mejor concentración para la deshidratación osmótica y establecer el tiempo de secado por convección. Se buscó obtener una golosina con aporte nutrimental. Pero, además que cubriera los gustos de consumidores de todos los niveles principalmente infantes. De manera que el nopal utilizado fue fresco de 30 a 50 días. La mejor concentración de la solución osmótica fue 70 %, ya que a este los dulces mostraron mejor tonalidad al rojo, mejor sabor y menor pérdida de sólidos, mientras que en las pruebas de turbidez la solución osmótica presentó menor color rojo, menor turbidez y menores grados ° brix. El secado por convección fue de 4 horas para dulce de nopal tipo skwinkle y menor para tipo pulpa, para obtener humedades del 14 y 18 % respectivamente. El análisis químico proximal evidencio que los dulces tienen un aporte importante de fibra hasta un 52 % y de calcio 2.43 mg/100g, esto representa golosinas nutritivas y nutraceúticos por su contenido en mucílago. Las pruebas microbiológicas demostraron que no tienen carga microbiana y que pueden ser consumidos sin ningún riesgo. Además, las determinaciones de textura evidenciaron que son dulces suaves de dureza intermedia y adicionalmente son muy flexibles, propios para el consumo de todas las edades. Son rojos y con sabor agridulce, de la preferencia del mercado nacional.

Palabras claves: calcio, deshidratación osmótica, fibra, golosinas, nopales.

Dedicatorias

Dedico esta tesis a todos aquellos que se tome unos minutos para leerla ya que la realice con la finalidad de que la población mexicana conozca más acerca del nopal y sus beneficios.

A mis abuelos Francisco Ramírez Hernández † e Ilsa Escobar Iglesias † que me dieron parte de las bases de mi formación y todo su amor.

A mi madre que tomo la decisión de darme la vida, acompañándome en mis momentos de felicidad y triunfos, gracias mama te amo con todo mi corazón.

A mi hermano Saúl que es la persona que más amo en el mundo por que el a pesar de su corta edad siempre tiene para mí un abrazo y una sonrisa en la cual logra transmitir su energía que me ayuda para cumplir metas y seguir construyendo nuevos objetivos de vida.

A mis tíos Irma y Jesús que me apoyaron dándome comprensión y consejos en esta etapa de mi vida en la cual los necesite y aproveche para ser mejor persona.

A mi tía Julia le doy gracias porque me dio grandes consejos, también que me enseñó que la vida no es fácil y la mejor manera es estar tranquila porque de nada sirve preocuparse.

A mi tío Mario que me brindo su compañía y me escucho cuando necesite un buen consejo levantándome y dándome ánimo.

A mis sobrinos Leonardo, Coatzen, Dante, Emiliano y a mis primos Francisco, Cecilia y María José que espero que tengan la oportunidad de leerla cuando sean más grandes quiero que sepan que me hace muy feliz su compañía eso me dio serenidad y paciencia, ya que me recordaron cuando era pequeña que no existe ningún miedo o algo que te impidan hacer o realizar, esto funciono para cerrar este primer ciclo espero que les sirva como ejemplo para el desarrollo de sus vidas.

A Julie y Quetzalli que saben que las quiero mucho recuerdo cómo crecimos juntas y seguimos creciendo en lo profesional, para ayudar a las personas que lo necesiten como lo decían nuestros abuelos. Les dedico a todos los demás de mi familia a mi primo Iván, Yesenia a mis tíos Ulises y Arturo.

A mi segunda familia de la FESC les dedico esta tesis por compartir la estancia a nivel profesional, también recuerdo aquellos trabajos en equipo que desarrollamos y obtuvimos grandes beneficios los cuales se resumen en una gran amistad. Principalmente a mis amigas: Berenice Ambriz, Miriam Valtierra y Verónica Cedillo, saben que tan importantes son para mí. También dedico a mis amigos: Eduardo, Jesús, Daniel, Pavel, Macario, Rogelio, Ary, Itzel, Santos, Rodrigo, Roció, Dalia, Mariela, Daysi, Dafne, Isabel, Esperanza, Pablo, Paola, Laurita, Montserrat...

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que están a mí alrededor pero más a aquel ser que nadie conoce pero que nos permite seguir aquí a DIOS.

Agradezco enormemente a la Dra. Elsa Gutiérrez Cortes porque aparte de ser mi asesora de tesis, es una persona muy importante en mi vida le tengo un cariño muy grande y la quiero mucho, me enseñó a comprender y después ser comprendido, a recibir ayuda sin dar algo a cambio, que más le puedo pedir a la vida si me rodea de personas tan especiales como ella, que es un gran ejemplo para mí.

Le doy gracias a la profesora Guadalupe Franco por darme la oportunidad de desarrollar la tesis en su taller y cumplir con el objetivo.

A la Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas por su apoyo con el desarrollo de mi tesis y sus consejos durante el proceso muchas gracias.

Agradezco a la máxima casa de estudios la Universidad Nacional Autónoma de México por dejarme ser parte de los individuos autónomos y a mi formación como profesionista, gracias también a todos los profesores que formaron mi carácter.

No conozco ningún hecho más alentador que la incuestionable capacidad del hombre para dignificar su vida por medio del esfuerzo consciente.

Henri David Thoreau



ÍNDICE

	Páginas
INTRODUCCIÓN	10
Portada Capítulo I Antecedentes.....	14
I. EL NOPAL Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	15
1.1 Características del nopal	15
1.2 Principales países productores del nopal.....	16
1.3 Valor nutritivo del nopal	18
1.4 Usos del nopal.....	19
1.5 Sector industrial para nopal.....	22
1.6 Propiedades medicinales y funcionales del nopal.....	23
1.7 Dulces y botanas.....	24
1.7.1 Importancia de los dulces	24
1.7.2 Factor economía	25
1.7.3 Importancia de los azúcares en el procesamiento de los dulces	26
1.7.4 Proyecciones de los dulces en México.....	27
1.8 Obesidad infantil.....	28
1.8.1 Importancia del azúcar y su relación con la obesidad	30
1.8.2 Edulcorantes alternativos de la sacarosa	31
1.9 Beneficios de los dulces de nopal	33
1.9.1 Importancia de la fibra de las en los alimentos.....	33
1.9.2 La fibra soluble e in soluble de en los alimentos	33
1.10 Operaciones unitarias involucradas en la elaboración de dulces de nopal deshidratado	34
1.10.1 Deshidratación osmótica (DO)	35
1.10.2 Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica.....	38
1.10.3 Efecto de las variables de proceso en la deshidratación osmótica	38



1.11 Secadores en la industria alimentaria.....	42
1.11.1 Secadores directos o convectivos.....	43
1.11.2 Secadores de charolas o bandejas.....	44
1.11.3 Parámetros de medición durante el secado.....	46
1.11.4 Obtencion de datos experimentales,variables de operación.....	47
1.11.5 curva de secado.....	48
1.12 Calidad sanitaria de productos procesados.....	49
Portada Capítulo II Metodología Experimental.....	52
II METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	52
2 Descripción del proceso y actividades preliminares:.....	54
2.1Recolección de nopales.....	55
2.2 Desespinado y descoronado.....	56
2.3 Limpieza y desinfección.....	59
2.3.1 Primer lavado.....	59
2.3.2 Segundo lavado.....	59
2.4 Troceado.....	60
2.5 Pruebas preliminares con la deshidratación Osmótica.....	61
2.5.1Preparación de la solución osmótica para deshidratar.....	61
2.5.2 Deshidratación osmótica en pruebas preliminares.....	62
2.6 Empanizado.....	63
2.7 Secado.....	64
2.7.1 Peso de la materia prima.....	65
2.7.2 Colocación en charolas.....	65
2.7.3 Acondicionamientos de estufa.....	66
2.7.4 Temperatura durante el proceso de secado.....	67
2.8 Empaque.....	67



2.9 Almacenamiento.....	68
ACTIVIDADES PARA EL OBJETIVO PARTICULAR 1	68
2.10 Corte, Limpieza y troceado de nopal para deshidratación osmótica	68
2.11 Preparación de la solución osmótica a diferentes concentraciones	69
2.12 División en recipientes de las soluciones y unidades experimentales.....	70
2.12.1 Determinación de ° BRIX durante la deshidratación osmótica.....	71
2.12.2 Determinación de pH	72
2.12.3 Determinación de turbidez en soluciones osmóticas	73
2.12.4 Determinación de color en solución osmótica	74
ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 2	76
2.13 Determinación de humedad por termobalanza de nopal deshidratado osmóticamente.....	76
2.14 Secado para las tres diferentes concentraciones	76
ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 3	79
2.15 Morfología de los nopales frescos, deshidratados osmóticamente y deshidratados por estufa por Microscopia electrónica de barrido al alto vacío	79
ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 4	81
2.16 Determinación de análisis químico proximal del dulce de nopal enchilado con las técnicas de A.O.A.C.	81
2.16.1 Determinación de humedad (Método de estufa A.O.A.C. 925.10 2000).	81
2.16.2 Determinación de cenizas (Método de cenizas A.O.A.C. No.923.03 2000)	82
2.16.3 Determinación de proteína (Método de Kjeldahl A.O.A.C No.920.87:2000). ..	84
2.16.4 Determinación de extracto etéreo. (Método de Soxhlet, A.O.A.C. No920.85: 2000).	85
2.16.5 Determinación de fibra cruda (Método Fibra cruda, A.O.A.C., No 920.86:2000).	86
2.16.6 Determinación de carbohidratos	88



2.16.7 Determinación de calcio (Técnica AOAC Espectrofotómetro de absorción atómica).....	89
3.17 Metodología para el análisis microbiológico	91
2.17.1 Preparación y dilución del homogenizado del alimento	92
2.17.2. Determinación de bacterias Mesofílicas NOM-092-SSA1-1994	93
2.17.3. Conteo Coliformes totales NOM-113-SSA1-1994	95
2.17.4. Determinación de mohos y levadura NOM-111-SSA1-1994.....	96
ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 6	97
2.18 Procedimientos para pruebas de textura en dulce nopal y marcas comerciales. ..	97
2.18.1. Procedimiento	98
Portada Capítulo III Análisis y Resultados	101
III ANALISIS Y RESULTADOS.....	101
3. Resultados de las actividades preliminares.....	101
3.1Recolección de los nopales	101
3.2 Desespinado y descoronado	101
3.3 Limpieza y desinfección	102
3.4 Troceado.....	103
3.5 Resultados de actividad preliminar deshidratación Osmótica	104
RESULTADOS DEL OBJETIVO 1	108
3.10 Corte, Limpieza y troceado de nopal para deshidratación osmótica	108
3.11 Selección de la concentración de la solución osmótica	108
3.12 Resultados de la evaluación de las soluciones osmóticas	108
3.12.1 Resultados de °Brix de la deshidratación osmótica.....	108
3.12.2 Resultados de pH obtenidos de las soluciones osmóticas	110
3.12.3. Resultados de turbidez en soluciones osmóticas	111
3.12.4 Resultados de color en solución osmótica	112



RESULTADOS DEL OBJETIVO PARTICULAR 2.....	113
3.13 Resultados de determinación de humedad de nopal deshidratado osmóticamente.	113
3.14 Análisis de curvas de secado	113
RESULTADOS DEL OBJETIVO PARTICULAR 3.....	117
3.15 Resultados de morfología nopales frescos, deshidratados osmóticamente y deshidratados por estufa y observados por Microscopia electrónica de barrido al alto vacío (SEM-AV).	117
RESULTADOS OBJETIVO PARTICULAR 4.....	120
3.16 Resultados de análisis de muestras de nopal.....	120
3.16.7 Resultados de calcio en golosina de nopal por espectrofotometría de absorción atómica.....	121
RESULTADOS DE OBJETIVO PARTICULAR 5.....	121
3.17 Análisis microbiológico	121
RESULTADOS DE OBJETIVO PARTICULAR 6.....	123
3.18 Resultados de pruebas de textura	123
Portada Conclusiones y Recomendaciones.....	126
Portada Referencias Bibliográficas	128



ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Páginas
Capítulo I	
Tabla 1. 1 Dulzor relativo de Edulcolorantes alternativos de la sacarosa	32
Capítulo II	
Tabla 2. 1 Formulaciones en estudio para preparación de soluciones.....	69
Tabla 2. 2 Técnicas y equipos.....	71
Tabla 2. 3 Características iniciales del material.	77
Tabla 2. 4 Datos para realizar curva de secado.	78
Tabla 2. 5 Técnicas de Propiedades químicas.....	81
Capítulo III	
Tabla 3. 1 Peso por nopal tierno y fresco de 30-60 días en gramos.	101
Tabla 3.2 Pérdida de materia prima del desespinado y descoronado.....	102
Tabla 3. 3 Dimensiones de troceado de nopal.	104
Tabla 3. 4 Parámetros de tiempo y temperatura durante la deshidratación osmótica.	106
Tabla 3. 5 Parámetros de secado.	107
Tabla 3. 6 Balance de materia para las tres diferentes concentraciones.	109
Tabla 3. 7 Pérdida de humedad de los nopales al final del la D.O.	110
Tabla 3. 8 Determinación por termobalanza de nopal.....	113
Tabla 3. 9 Balance de materia para el secado por convección.	115
Tabla 3. 10 Análisis Químico Proximal de dulce de nopal.....	120
Tabla 3. 11 Análisis Químico Proximal Dulce de nopal tipo pulpa.....	120
Tabla 3. 12 Resultados de calcio en dulce de nopal.	121
Tabla 3. 13 Resultado de análisis microbiológico.....	122



ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
Capítulo I	
Figura 1. 1 Planta de nopal <i>Opuntia ficus indica</i>	16
Figura 1. 2 Platillos mexicanos 1.2 a) ensaladas; 1.2 b) quesadillas; 1.2 guisado.	19
Figura 1. 3 Fruto de los nopales: Tunas verdes, rojas y amarillas.	20
Figura 1. 4 Productos de nopal. 1.4 a) mermelada; 1.4b) gelatina; 1.4c) jugos; 1.4d) nieve; e) golosinas.....	21
Figura 1. 5 Problemas de obesidad infantil	29
Figura 1. 6 Concepto de presión osmótica	36
Figura 1. 7 Efecto del tipo de concentración de las soluciones sobre los alimentos por ósmosis.	37
Figura 1. 8 Clasificación de Secadores	43
Figura 1. 9 Curva típica de materiales húmedos muestra tres zonas características.....	48
Capítulo II	
Figura 2. 1 Cuadro Metodológico del desarrollo experimental.	53
Figura 2. 2 Diagrama de bloques de elaboración de dulce de nopal.....	55
Figura 2. 3 Recolección y almacenamiento de nopales entre 30-60 días.	56
Figura 2. 4 Residuos de nopal después del desespinado y descoronado.....	57
Figura 2. 5 Balance pérdida de materia prima.....	58
Figura 2. 6 Corte de nopal de forma horizontal por el parénquima.	58
Figura 2. 7 Limpieza y selección de los nopales de entre 30-60 días.	59
Figura 2. 8 Troceado del nopal a) Cortadora eléctrica, b) Tina de agua con cloro, c) troceado y d) corte transversal.	60
Figura 2. 9 Preparación de la solución osmótica.....	61
Figura 2. 10 Tratamiento de deshidratación osmótica a) vista aérea al inicio y b) acercamiento.	62



Figura 2. 11 Nopal deshidratado osmótico 2. 10 a) Carrotina vista superior con el producto y 2.10 b) vista lateral.....	63
Figura 2. 12 Empanizado de nopal.....	64
Figura 2. 13 Peso de la materia prima empanizada	65
Figura 2. 14 Nopal colocado en charola sobre papel teflón.	66
Figura 2. 15 Rotación de charolas.....	67
Figura 2. 16 a) Preparación de solución osmótica, b) adicción de nopal	70
Figura 2. 17 Soluciones osmóticas preparadas a diferentes.....	70
Figura 2. 18 a) 2.18 a refractómetro; 2.18 b) refractómetro con diferentes muestras.....	72
Figura 2. 19 Determinación de pH.....	73
Figura 2. 20 a) limpieza y calibrado; b) lectura de turbidez.	74
Figura 2. 21 Colorímetro Minolta Modelo CR300.	75
Figura 2. 22 Termobalanza digital.	76
Figura 2. 23 Montaje para observar la morfología del dulce de nopal; 2.23 a) Porta-muestras de bronce; 2.23 b) Porta-muestras con muestra pegada; 2.23 c) Baño de oro a las muestras; 2.23 d) Porta-muestras en el carro en el interior del microscopio; 2.23 e) microscopio electrónico; 2.23 f) captura de las micrografías en la computadora.	80
Figura 2. 24 Montaje para determinación de calcio por espectroscopia de absorción atómica, 2.24 a) Balanza analítica; 2.24 b) carrusel con muestras en el digestor; 2.24.c) Espectrofotómetro de absorción atómica.	91
Figura 2. 25 Homogeneizador stomacher para materia seca.....	92
Figura 2. 26 funcionamiento interno.	92
Figura 2. 27 Ejemplo de gráficas de dureza del material obtenidas en Texturometro.	98
Figura 2. 28 Determinación de dureza y corte; 2.28 a) dureza en mango enchilado, 2.28, b) dureza al skwinkle comercial, 2.28 c) dureza al skwinkle de nopal, 2.28 d) corte al mango enchilado comercial, 2.28 e) corte en skwinkle comercial, 2.28 f) corte en skwinkle de nopal.	99



Capítulo III

Figura 3. 1 Troceado de nopal.	104
Figura 3. 2 Pérdida de sólidos en solución osmótica.	105
Figura 3. 3 Balance de materia de deshidratación osmótica.	107
Figura 3. 4 Deshidratación osmótica a diferentes concentraciones.	108
Figura 3. 5 Resultados de pH de las soluciones osmóticas de diferentes concentraciones durante el deshidratado de nopal.	110
Figura 3. 6 Resultados de turbidez de las soluciones osmóticas de diferente concentración durante el deshidratado de nopal.	111
Figura 3. 7 Resultados de la coordenada *a de las soluciones osmóticas de diferente concentración durante el deshidratado de nopal.	112
Figura 3. 8 Gráfico de curva de secado por convección.	114
Figura 3. 9 Gráfica de comportamiento de croma.	115
Figura 3. 10 Golosinas tipo skwinkle y tipo pulpa.	116
Figura 3. 11 Micrografía de nopal fresco.	117
Figura 3. 12 Micrografía de nopal deshidratado osmóticamente.	118
Figura 3. 13 nopal deshidratado osmóticamente y secado por convección.	119
Figura 3. 14 Adhesividad de cuatro diferentes muestras golosinas comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.	123
Figura 3. 15 Dureza de las diferentes golosinas comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.	124
Figura 3. 16 Gráfica de la fuerza aplicada para el corte de los diferentes dulces comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.	125



INTRODUCCIÓN

La planta de nopal y sus frutas toman diferentes nombres de acuerdo a los países en los que se encuentran. El nombre propio original de la tuna en la lengua náhuatl es “*nochtli*”. No obstante, los españoles rebautizaron al nopal con el nombre de chumbera y la fruta como higo de las Indias, o en la actualidad, higo chumbo. En Italia se conoce como “*fico d’India*”, en Francia le llaman “*figue de Barbarie*”; en Estados Unidos de América y Sudáfrica “*prickly pear*”, (nombre que está evolucionando actualmente a “*cactus pear*”, a fin de eliminar el término considerado algo peyorativo de prickly, espinoso); en Israel se conoce como “*sabras*”, que significa espinoso por fuera pero dulce por dentro. En Eritrea y Etiopia son llamados “*beles*”. En la India se conocen según las lenguas locales como “*nagphani*”, “*anda torra*” o “*chopathi balli*”. En Brasil, como “*palma forrageira*”, ya que se cultiva principalmente para la producción de forraje (Stintzing y Carle, 2005; Sáenz et al., 2006).

Al nopal se le conoce en México desde tiempos prehispánicos, fue tan importante que se encuentran representaciones de él en códices, monumentos, pinturas y cerámicas. En las culturas que se desarrollaron en el país, el nopal se utilizó para celebraciones religiosas, para curar enfermedades, como alimento, como planta de ornato. Incluso está plasmado como insignia un nopal en el escudo y bandera nacional. El nopal ha representado, para los mexicanos, en su desarrollo histórico, uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural, ya que se utiliza como alimento (verdura o fruto), bebida alcohólica, dulce, forraje, producto industrial, etc. Su valor cultural y biótico ha quedado plasmado en códices, pinturas y bibliografías antiguas; su significado histórico es evidente (Granados y Castañeda, 2003).

El nopal como verdura, en México, se destina principalmente al consumo humano, ya sea en fresco, como ensaladas, en la preparación de diferentes platillos, deshidratado o bien como alimento procesado. También, se ocupa para forraje de

INTRODUCCIÓN



animales, para proteger suelos afectados por la erosión. Así como base en la elaboración de algunos jabones, cremas y geles.

Destaca como planta medicinal debido a que se le han encontrado propiedades hipoglucémicas, ayuda a disminuir el colesterol y las lipoproteínas de baja densidad, de igual forma la fibra que contiene ayuda en los procesos digestivos y en el tratamiento contra la obesidad. Adicionalmente, diversos autores reportan que puede ser utilizado como diurético (Galati et al., 2002) y como agente antiinflamatorio y analgésico entre otros (Stintzing y Carle, 2005; Magloire, 2006).

Actualmente el aprovechamiento integral del nopal es una necesidad urgente ante el desperdicio estacional que se tiene, por lo que es necesario prolongar la vida útil del producto realizando procesos de conservación (Instituto Nacional de Ecología, 2010).

México es el principal productor de nopal con un 90% de la producción mundial. Esta producción se divide básicamente en tres clasificaciones, dependiendo del tamaño de estos, los cuales son el nopal tipo verdura (676, 180.66 Ton.), el tipo tunero (378,697.94 Ton.) y el forrajero (130, 035.04 Ton.) (Instituto Nacional de Ecología, 2010).

Algo importante de destacar en el nopal es el alto contenido de agua (90-96%), además de ser rico en vitamina C, β -Caroteno, tiamina, riboflavina y niacina. Adicionalmente, es una fuente importante de minerales tales como potasio, calcio, sodio y hierro. También tiene una importante cantidad de fibras como la celulosa (11%), hemicelulosa (8%), y lignina (3.9%), así como una gran variedad de pectinas y mucílagos. Los primeros tres componentes forman parte de la fibra dietética, es decir, de la fracción insoluble. El mucílago o baba corresponde a la fracción soluble en agua, cuya composición es principalmente azúcares simples; como arabinosa (42%), xilosa (22%), galactosa (21%), ácido galacturónico (8%), y ramnosa (7%) (Stintzing y Carle, 2005).

INTRODUCCIÓN



Debido a su composición, al nopal se le atribuyen ciertos efectos terapéuticos en el organismo como por ejemplo, es considerado como un agente anticarcinogénico, antiviral, antiinflamatorio e hipoglucemiante, además de que ayuda a reducir los niveles de colesterol en sangre (Feugang et al., 2006).

El nopal es una cactácea perteneciente al género *Opuntia*. Este vegetal, como casi todos los nopales en México, tiene una gran diversidad de usos, muchos de los cuales están ligados a la alta concentración de mucílago presente en sus cladodios (Ginestra et al., 2009). Al aumentar el estado de madurez de los cladodios de nopal, la concentración de mucílago disminuye y aumenta la concentración de calcio presente (Rodríguez-García et al., 2007). Últimamente se han estudiado más a fondo las propiedades nutrimentales del nopal para fortificar alimentos (Cornejo-Villegas et al., 2010). Así como también, el potencial del mucílago para ser utilizado para mejorar las propiedades funcionales en la industria alimentaria (Sáenz et al., 2004).

Los compuestos nutraceuticos son aquellos que tienen efectos beneficios para la salud, los nopales son una fuente interesante de tales componentes, dentro de los que destacan; la fibra, los hidrocoloides (mucílago), los minerales (calcio y potasio), y algunas vitaminas como la C, buscada entre otros motivos por sus propiedades antioxidantes. Todos estos compuestos son muy valorados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos (Sáenz et al., 2004). Los cladodios o nopales tienen un alto contenido de fibra, estos forman parte de los alimentos que se conocen como alimentos funcionales, los cuales se definen como alimentos o bebidas que proporcionan un beneficio fisiológico, que fortalece la salud, ayuda a prevenir enfermedades crónico degenerativas, reduce el estrés oxidativo en las células, mejora el rendimiento físico y mental por la adición de ingredientes funcionales, por la modificación de un proceso o por el uso de la biotecnología (Sloan, 2000). Entre los compuestos funcionales, la fibra dietética, es uno de los componentes más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe

INTRODUCCIÓN



entre la fibra y la salud, por ejemplo para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad (Hollingsworth, 2006).

En este trabajo se propuso elaborar golosinas de nopal deshidratado osmóticamente y secado. El propósito fue utilizar una verdura y darle propiedades de un dulce, para proporcionar un material nutritivo, alto en fibra y en calcio. Sin embargo, el nopal posee mucílago, que si bien es muy nutritivo y puede considerarse como un nutraceuticos que beneficia a la salud humana, es también desagradable al consumidor por sus características viscosas y por su sabor neutro. Esas fueron las razones que se consideraron para realizar un deshidratado osmótico con azúcar y chile piquín, Después se empanizó con miguelito para endulzar el producto y posteriormente se seco por convección.

Se pretendió que la población beneficiada fueran niños, obtener golosinas nutritivas ya que de acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), en el país se cuenta con 52.2 millones de personas con sobrepeso y obesidad, lo cual es una cifra alarmante cuando se sabe que una proporción importante de esta población son niños. México ocupa el segundo lugar con mayor proporción de población con obesidad en adultos, ya que tres de cada 10 personas padecen este problema y casi siete de cada 10 tienen sobrepeso y ocupa el primer lugar en obesidad infantil. Este dato es alarmante, indicativo se una mala alimentación (ENSANUT, 2012).

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES





I. EL NOPAL Y SUS CARACTERÍSTICAS

En América el nopal ha desempeñado desde tiempos muy remotos un papel muy importante en el desarrollo de las culturas del centro de México y de los grupos chichimecas en el centro y norte. Además en algunas culturas del sureste como la mixteca y la zapoteca en Oaxaca, el uso del nopal se destinó sobre todo a consumo humano en ruta o verdura el nopal delgado (SINAREFI, 2005).

En la actualidad en el intento que se realiza para comercializar al nopal se cuida la textura, el color, el sabor y la vida de anaquel del producto, por lo que se utiliza nueva tecnología para desarrollo de nuevos productos para que este sea atractivo al cliente. Se busca una serie de presentaciones donde se conserve la calidad del producto (Sáenz, 2000).

1.1 Características del nopal

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras a erectas que pueden alcanzar de 3.5 a 5 metros de altura. El sistema radical es muy extenso densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces esta en las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Sudsuki et al., 1993; Villegas y de Gante, 1997). Los tallos suculentos y articulados o cladodios comúnmente llamados pencas presentan forma de raqueta ovoide o alongada alcanzado hasta 60-70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles. Cuando miden de 10-12 cm son tiernos y se puede consumir como verdura (Granados y Castañeda, 2003; Sáenz et al., 2004).

Se conocen casi 300 especies del genero *Opuntia*. Sin embargo, hay 10 o 12 especies utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y nopalitos para alimentación del hombre o para forraje y cochinilla para obtener colorante.

Se han descrito hasta la fecha 125 géneros con aproximadamente 2000 especies. La especie más ampliamente cultivada en todo el mundo es *Opuntia ficus indica*



(Granados y Castañeda, 2003). En la figura 1.1 se presenta una planta de nopal *Opuntia ficus indica* variedad redonda.



Figura 1. 1 Planta de nopal *Opuntia ficus indica*

En México se cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia* y es en las zonas semiáridas donde existe la variación más alta (Sáenz et al., 2004).

1.2 Principales países productores del nopal

El nopal para producción de verdura como se le conoce sólo se cultiva en México. En Estados Unidos de América (E. U. A.) en Texas y California para los mercados locales en primavera y verano. Chile ha aprovechado sus plantaciones de nopal tunero, para obtener y exportar pequeñas cantidades de nopales. Las principales limitantes de los chilenos para producir y exportar nopal verdura son las distancias a los principales mercados. Además de que ese país no cuenta con la experiencia histórica que posee México en la producción y consumo de verdura y de productos de nopal (Flores et al., 1995).



El mercado de E.U. A. constituye el principal destino de exportaciones de nopalito mexicano y ha estado creciendo significativamente pero es el segundo mercado de importancia es el canadiense y como tercer lugar es Japón y países europeos, México es el principal exportador mundial, ya que exporta alrededor de 1,650 toneladas en fresco y unas 4,000 toneladas procesadas a Estados Unidos y cantidades menores a otros países. La producción mundial de nopal se estima en alrededor de 600 mil toneladas y el rendimiento varía de 4 toneladas por hectárea hasta 45 toneladas por hectárea. El principal motivo de estas diferencias probablemente se deba a las diversas técnicas de manejo y diseños de cultivo implementados en cada lugar.

México es el principal productor de nopal con un 90% de la producción mundial los principales estados productores de nopal son San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Distrito Federal, Puebla, Jalisco, Michoacán y Oaxaca. (SAGARPA, 2008).

Generalmente, la cosecha de nopales para ser comercializados se inicia cuando alcanzan una longitud de 20-25 cm y pesan de 90 a 100 g (Pimienta-Barrios, 1999; Cantwell, 2004), la norma de calidad CODEX STAN 185-1993, considera como tamaños comerciales los de longitud entre 9 y 30 cm (FAO/OMS, 1993). Los cladodios pequeños (12 cm) o grandes (cerca de 30 cm) se destinan a la elaboración de nopal mínimamente procesado (Rodríguez-Félix, 2002).

A lo largo de la historia el nopal ha formado parte importante de la dieta tanto de humanos como de animales (Rodríguez et al., 2007). Generalmente es consumido como vegetal en diferentes etapas de maduración. Estas etapas van desde 24 a 48 días, lo que corresponde a nopales que tienen un peso de 60 a 150 g respectivamente. Sin embargo, se le han dado otros usos diferentes como por ejemplo el medicinal para la prevención y agente auxiliar de algunas enfermedades (Stintzing y Carle, 2005).



1.3 Valor nutritivo del nopal

Feugang et al. (2006) realizó recopilaciones bibliográficas, a fin de obtener un promedio del contenido nutrimental de las especies de (*Opuntia*), en las cuales se reportan valores bajos de proteína (4 a 10%) y lípidos (1 a 4%) así como, altos valores en carbohidratos (64-71%).

Algo importante de destacar en el nopal es el alto contenido de agua (90-96%), además de ser rico en vitamina C, β -Caroteno, tiamina, riboflavina y niacina. Adicionalmente, es una fuente importante de minerales tales como potasio, calcio, sodio y hierro. También tiene una importante cantidad de fibras como la celulosa (11%), hemicelulosa (8%), y lignina (3.9%), así como una gran variedad de pectinas y mucílagos. Los primeros tres componentes forman parte de la fibra dietética, es decir, de la fracción insoluble. El mucílago o baba corresponde a la fracción soluble en agua, cuya composición es principalmente azúcares simples; como arabinosa (42%), xilosa (22%), galactosa (21%), ácido galacturónico (8%), y ramosa (7%) (Stintzing y Carle, 2005).

Rodríguez et al. (2007) encontraron que al aumentar el estadio de maduración de los cladodios, se incrementa la cantidad de fibra insoluble y disminuye la de fibra soluble. En lo que respecta a la cantidad de calcio, este aumenta en cladodios con etapa de maduración avanzada de 1.56% (60g) a 3.72% (200g). Sin embargo, la existencia de oxalatos de calcio no limita la biodisponibilidad de este mineral. En etapas de maduración avanzadas observaron que los oxalatos se reducen hasta un 50% (Contreras-Padilla et al., 2010). Los minerales predominantes en el nopal son el calcio, potasio, magnesio, fósforo, sodio y pequeñas cantidades de hierro (Feugang et al., 2006).

En años recientes, debido al alto contenido de calcio que posee el nopal se le considera como una fuente alterna de este mineral, el cual puede ayudar a reducir y prevenir la pérdida de la densidad mineral ósea de acuerdo a lo reportado por



Rodríguez et al. (2007). Aunado a esto se ha demostrado que el nopal posee un alto contenido de antioxidantes expresados como flavonoides, fenoles y quercetina (Ginestra et al., 2009).

1.4 Usos del nopal

A lo largo de la historia de México se ha desarrollado un gran número de usos y aplicaciones de esta planta:

- a) Como verdura: El nopalito está ligado a la comida mexicana y su oferta es abundante durante casi todo el año. El nopal como verdura se destina para el consumo humano en el centro del país, en diferentes platillos, como ensaladas o como guisos. Su demanda es menor en los estados del norte y casi nulo en las costas del país y lo consumen únicamente en algunas épocas del año, tales como cuaresma (Feugang et al., 2006). De acuerdo a la a lo que se muestra en la figura 1.2.



Figura 1. 2 Platillos mexicanos 1.2 a) ensaladas; 1.2 b) quesadillas; 1.2 guisado.

- b) Como fruta: La tuna es el fruto de nopal, esta es una fruta muy aceptada por ser dulce y muy jugosa. Además de que contiene una alta cantidad de compuestos nutraceuticos que ayudan a la salud humana, dentro de los que destacan los compuestos fenolicos, taninos y carotenos. Estas frutas existen en una diversidad de colores, los más sobresalientes son las tunas rojas y las amarillas, las verdes son por mucho las más jugosas.



- c) El nopal para producción de frutos, aporta de diferentes colores, verdes, rojas, amarillas, de acuerdo a lo que se puede apreciar en la figura 1.3 (Feugang et al., 2006).



Figura 1. 3 Fruto de los nopales: Tunas verdes, rojas y amarillas.

- d) Como cerco: La utilización de nopales de variedades espinosas es muy común para formar cercos y delimitar espacios de huertos familiares y predios ganaderos (SEMARNAT, 1994).
- e) Como fertilizante: se utiliza en la conservación del suelo, para enriquecerlo con sus altas concentraciones de calcio, para frenar la desertificación, es una planta que puede formar “setos” en curvas de nivel que ayudan a controlar la erosión del suelo, además de que soporta condiciones extremas, tales como desérticas (SEMARNAT, 1994)
- f) Como forraje: El nopal se utiliza como alimento para vacas, ovejas y cabras especialmente en épocas de sequía en México, Brasil, Chile Sudáfrica, Tunes (Stintzing, 2005).



- g) Como substrato: Para la producción de grana de cochinilla para la obtención del colorante carmín. Este colorante es solicitado para la industria de embutidos cárnicos, cosméticos, por ser un colorante no cancerígeno (Sáenz, 2000).
- h) En los cosméticos: Se usa como materia prima en la producción de jabones, cremas champús, enjuagues que contienen extractos de mucílago de nopal (Sáenz, 2000).
- i) Como materia mínimamente procesada: En México se procesa el nopal como alimento mínimamente procesado en salmuera o en escabeche y se vende para consumo directo (Sáenz, 2000).
- j) En polvo: como suplementos alimenticios o diuréticos para la digestión.

Como productos procesados: Se encuentran en el mercado nacional: Néctares, jugos, mermeladas, ate, dulces, pectinas y fructosa (Sáenz, 2000). En la figura 1.4 se presentan algunos productos.



Figura 1. 4 Productos de nopal. 1.4 a) mermelada; 1.4b) gelatina; 1.4c) jugos; 1.4d) nieve; e) golosinas.



1.5 Sector industrial para nopal

Existe un extenso sector industrial que se beneficia con productos a partir de los nopales, tales como:

- Agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas de tuna y nopalitos).
- Agroindustria de alimentos para animales (suplementos y piensos de cladodios y de desechos de la industria procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas).
- Agroindustria de alimentos como agente emulsionante de la goma o mucílago, mejoradores de la textura también se emplean para estabilizar emulsiones, para controlar la cristalización, como estabilizadores de suspensiones, para inhibir la sinéresis y para películas y recubrimientos comestibles; algunos de ellos tienen la capacidad de formar geles.
- Industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucílago; cápsulas y tabletas de polvo de nopal).
- Industria cosmética (cremas, champú, lociones de cladodios).
- Industria de suplementos alimenticios (fibra y harinas de cladodios).
- Industria productora de aditivos naturales (gomas de cladodios; colorantes de la fruta).
- Sector de la construcción (compuestos ligantes de los cladodios).
- Sector energético (producción de biogás a partir de las pencas).
- Sector productor de insumos para la agricultura (productos del nopal como mejoradores del drenaje de suelos).
- Sector turismo (artesanías en base a cladodios lignificados).
- Industria textil (uso de colorantes naturales como el carmín de cochinilla).
- Como agente emulsionante de la goma o mucílago.

(FAO, 2006).



El nopal ha adquirido gran importancia actual debido a que se puede utilizar como alimento en diferentes presentaciones según la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agrícola y Ganadero del Estado de México (Sedagro, 2005).

1.6 Propiedades medicinales y funcionales del nopal

Los compuestos nutraceuticos son aquellos que tienen efectos beneficios para la salud, los nopales son una fuente interesante de tales componentes, dentro de los que destacan; la fibra, los hidrocoloides (mucílago), los minerales (calcio y potasio), y algunas vitaminas como la “C”, buscada entre otros motivos por sus propiedades antioxidantes. Todos estos compuestos son muy valorados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos (Sáenz et al., 2004). Los cladodios o nopales tienen un alto contenido de fibra, estos forman parte de los alimentos que se conocen como alimentos funcionales, estos se definen como alimentos o bebidas que proporcionan un beneficio fisiológico, que fortalece la salud, ayuda a prevenir enfermedades crónicas degenerativas, reduce el estrés oxidativo en las células, mejora el rendimiento físico y mental por la adición de ingredientes funcionales, por la modificación de un proceso o por el uso de la biotecnología (Sloan, 2000).

Entre los compuestos funcionales, la fibra dietética, es uno de los componentes más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre la fibra y la salud, por ejemplo para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad (Hollingsworth, 1996).

La fibra dietética está compuesta por diferentes componentes resistentes a las enzimas digestivas, entre ellas la hemicelulosa y la celulosa (Periago et al., 1993). El consumo de nopales ha probado que abate en la sangre los niveles de azúcar y colesterol, por lo que la gente los consume cocinados, en jugo o capsulas o en polvo deshidratado (SEMARNAT, 1994).

Los pigmentos presentes en los frutos o en los nopales, como los carotenoides y la betalaínas se destacan por su poder antioxidante. El poder antioxidante de los



betacarotenos y flavonoides es bien conocido, pero el de las betalaínas ha comenzado a ser estudiado (Galati et al., 2003), por lo que su consumo para evitar el envejecimiento de los tejidos podría competir con el que se busca en otros vegetales como la naranja o la uva roja. También existen estudios de los posibles efectos como capacidad antioxidante, úlceras, osteopenia, acción analgésica, propiedades antiinflamatorias, efectos diuréticos, anticancerígenos y propiedades antivirales (Stintzing y Carle, 2005).

1.7 Dulces y botanas

Los dulces y botanas son de los alimentos más aceptados a nivel internacional como aperitivos, es por este motivo que es importante el desarrollo de dulces y botanas ya que recientemente se ha querido incorporar la fibra en los alimentos con el propósito de hacerlo más saludable y funcional.

La fibra soluble ayuda a bajar de peso por lo que entre más alta sea la fibra más baja será el consumo de grasa, por lo que se recomienda según los nutricionistas una individuo sano de 30 a 40 g de fibra por día (Kuar, 2002).

1.7.1 Importancia de los dulces

Los azúcares son el principal componente en los dulces, son hidratos de carbono que poseen sabor dulce. La miel fue durante muchos años el principal alimento concentrado en azúcares consumido por el hombre; pero, al comienzo de la era industrial en Europa, a finales del siglo XVIII, los cambios en los hábitos de consumo incrementaron la utilización de azúcar como edulcorante de mesa y posteriormente, como ingredientes de nuevos alimentos: golosinas, refrescos, helados, productos de bollería, etc. De todos los azúcares existentes en la naturaleza, solo unos pocos se utilizan como edulcorantes. La sacarosa es, sin duda, el azúcar más importante económicamente y de todas las sustancias orgánicas preparadas industrialmente, la que se obtiene en mayor cantidad, junto con ella desempeña un gran papel: isoglucosa, glucosa, azúcar invertido (mezcla equimolar de fructuosa y glucosa), maltosa, lactosa, y fructuosa. Para fines



diabéticos se utilizan los polialcoholes, obtenidos por hidrogenación de los anteriores (Gil, 2010).

Los caramelos, los chicles y las golosinas son alimentos esencialmente energéticos. Sin embargo, los confites, los turrone y los mazapanes incorporan, además, frutos secos, que modifican notablemente el valor nutricional del producto, aportando proteínas, grasas, calcio, magnesio y vitamina “E” (Gil, 2010).

1.7.2 Factor economía

Aunque fuentes principales de azúcar son la caña de azúcar y la remolacha azucarera, otros azúcares se obtienen de cultivos de plantas ricas en almidón, como el jarabe de maíz en alta proporción en fructuosa, elaborado en Estados Unidos, y los azúcares producidos en Japón a partir de las patatas. El azúcar de caña y remolacha se produce en más de 130 países; el azúcar de caña representa el 65-70% de la producción mundial de azúcar que fue de casi 170 millones de toneladas en 2008, un 2.7% más que el año anterior debido a la mejora de rendimiento más que a el área cultivable. Todo aumento de producción deriva de los países de desarrollo que producen el 75% del azúcar total (Gil, 2010).

El consumo mundial de azúcar se está expandiendo, como resultado de los aumentos de los ingresos y de los cambios en los hábitos de consumo de los alimentos de las personas. Así como por el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes (Gil, 2010).

Los países en desarrollo concentran más del 60% del consumo mundial actual de azúcar. En Estados Unidos se ha producido una disminución del consumo de azúcar de caña y de remolacha, debido al incremento de consumo de jarabe de maíz rico en fructuosa y de otros edulcorantes artificiales de mayor dulzor y de menor daño a la salud humana (Gil, 2010).



1.7.3 Importancia de los azúcares en el procesamiento de los dulces

Las golosinas con intenso sabor a menta están creciendo a un ritmo más acelerado que cualquier otra categoría debido a su tamaño relativamente reducido y a las pocas marcas exitosas que desafían el mercado de las mentas con nuevas variantes, atractivos envases y sabores novedosos. Por ejemplo, con la marca “Ice Breakers”, “Hershey México” lanzó variedades de mezclas de frutas, frutos rojos y extra menta en una coqueta lata de plástico rígido con atractivos colores, para captar la atención de los consumidores mientras hacen la cola para llegar a las cajas. Alternativamente, la categoría de pastillas, chicles, gomitas gelatinosas y caramelos masticables también registró un crecimiento superior al promedio gracias a la intensa actividad desplegada en torno a las innovaciones en estas clases de productos. Muchas empresas están elaborando gomitas gelatinosas con formas y colores atractivos, dirigidas a los niños. En el año 2013 se espera que las golosinas con sabor a menta extra, y también las pastillas, chicles, gomitas gelatinosas y caramelos masticables, registren los más altos aumentos en ventas a valores constantes: el 33% y el 28%, respectivamente (Énfasis, 2009).

A pesar de los intentos por promover el consumo de golosinas sin azúcar por parte de empresas, como dulces y chocolates “De la Rosa”, la demanda de este tipo de golosinas continúa siendo pequeña. La marca “Este”, importada por la empresa estadounidense Hain Celestial Group, ofrece una alternativa sin azúcar de sus dulces hervidos estándar, destinada a los consumidores diabéticos o a los que no desean consumir golosinas con alto contenido de azúcar (Énfasis, 2009).

La categoría de las pastillas no creció tan rápidamente como las de chicles, gomitas gelatinosas y caramelos masticables en 2008. Los niños, que constituyen la base más amplia de consumidores de este tipo de golosinas, prefieren la suave consistencia de los chicles y las gomitas gelatinosas. Las nuevas marcas importadas de España y Asia, entre ellas, “E.frutti”, “Lucky Gummies” y “Trolli”, distribuidas por Productos Marcopolo, la mayorista mexicana, con forma de lenguas, gusanos, pulpos, porciones de pizza, “perros calientes”,



tacos, hamburguesas, frutas y personajes de dibujos animados, como Bob Esponja, están ganando rápida popularidad entre los niños (Énfasis, 2009).

Las golosinas azucaradas con sabor a chile picante, tanto en pasta como líquidas, continúan ganando terreno en las ventas frente a los sabores tradicionales de mazapán y malvavisco en otras categorías de golosinas. El tamarindo, el chile y los frutos rojos son los sabores preferidos de los niños. Las combinaciones de ingredientes dulces y amargos se consumen más que los sabores simples. Empresas como “Lucas” continuaron capitalizando esta tendencia en el 2008, a través de la expansión de las marcas Skwinkles y Lucas para incluir Skwinkles Explosión, chicle con sabor a frutilla y franjas cubiertas de polvo de chile y azúcar, y Lucas Gusano Cristal, chicle con sabor a chile y forma de gusanos translúcidos. Otro interesante desarrollo de la empresa es Skwinkles Salsaguetti, pasta con sabor dulce y amargo en forma de fideos spaghetti espolvoreados con polvo de chile, que ha dado muestras de una buena performance en materia de ventas desde comienzos de 2008. No se advierte ninguna tendencia hacia la fortificación de golosinas con vitaminas y calcio (Énfasis, 2009).

1.7.4 Proyecciones de los dulces en México

Los envases y sabores novedosos continuarán siendo el centro de la innovación hasta 2013. Los niños y los adolescentes continuarán siendo la principal base de consumidores de golosinas con azúcar. Se anticipa que dichas golosinas registren tasas de crecimiento anual compuestas del 2% y 3% en términos de volumen de ventas y valor constante a lo largo del período proyectado, para alcanzar ventas por 38 mil millones de pesos mexicanos en 2013.

Debido a que los competidores más fuertes centraron sus esfuerzos innovadores en las golosinas azucaradas con sabor a chile, menta extra y chicles, gomitas gelatinosas y caramelos masticables en los años 2007-2008, se prevé que un gran número de pequeñas empresas, conscientes del potencial de estas categorías, creen sus propias marcas para luchar por su parte en este segmento del mercado.



El agregado de nuevos sabores en los productos de chocolate, que eran exclusivos de algunas categorías de golosinas azucaradas, podría abrir pasó a un mayor consumo de chocolate por parte de los consumidores mexicanos. Ese es el caso de los productos de chocolate rellenos con salsa de tamarindo y chamoy, dos de los sabores más populares en el mercado mexicano. Más marcas podrían adoptar estas combinaciones en el futuro, impulsando a los consumidores a alejarse de las golosinas tradicionales para adoptar las nuevas variedades de productos elaborados con chocolate (Énfasis, 2009).

La expansión e incluso la consolidación de las mentas, marcas y productos libres de azúcar y con sabor a tamarindo dependen en gran medida de su ubicación en las góndolas, de las campañas publicitarias y de los gustos de los consumidores, respectivamente. El tamarindo es un sabor muy tradicional para las golosinas azucaradas en México. Por último, las variedades funcionales de “Smint” (Chupa Chups), que se promocionan como inhibidoras del mal aliento durante tres horas, y de xilitol, para contribuir al blanqueamiento de los dientes, son productos temporarios, ya que los consumidores prefieren elegir tratamientos especiales para abordar tales problemas bucales, en lugar de deglutir una golosina con sabor a menta (Énfasis, 2009).

1.8 Obesidad infantil

La antropometría en la actualidad se emplea para estudios de nutrición las cuales marca parámetros como el peso, la talla y actualmente los centímetros de la circunferencia de la cintura. (Flores-Huerta et al., 2006).

En México, durante las últimas décadas ha disminuido la desnutrición en los niños, particularmente la energético-proteínica, asociada con mayor morbilidad y mortalidad por enfermedades infectocontagiosas. Sin embargo, la prevalencia del sobrepeso y la obesidad, considerados en el pasado como problemas de países ricos, ha crecido en nuestra población y es mayor a medida que avanza la edad: en los niños menores de dos años, es de 6.6 %; en los niños entre 5 y 11 años, de

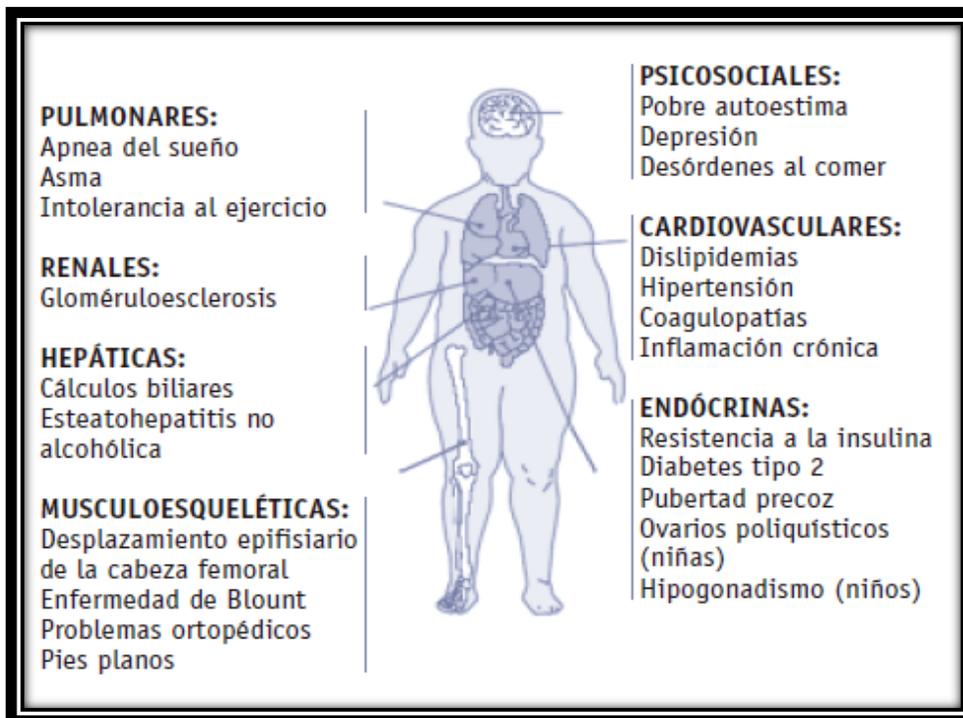


18.8 %; en adolescentes entre 10 y 17 años, de 26 %; entre los 40 y 50 años de edad, las mujeres presentan una prevalencia de 78 % y los hombres, de 72 %.

La prevalencia de sobrepeso y obesidad aumentó a partir de la primera década en ambos sexos, alcanzando 87 % en la mujer entre 50 a 59 años de edad, y 82 % en el hombre entre 40 a 49 años. En relación con el riesgo por obesidad central, en la mujer después de los 20 años predominó el riesgo muy elevado (circunferencia de cintura > 88 cm) en todos los decenios (36.6 a 74.2 %).

En el hombre, este riesgo (circunferencia de cintura >102 cm) tuvo prevalencias menores (12 a 31.7 %). En la región norte del país, la mujer presentó mayor obesidad central y en la región sureste, el hombre. (Flores-Huerta et al., 2006).

En los menores se desarrollan varios factores de riesgo para la obesidad como se presenta en la figura 1.5.



Fuente: (Obesidad y sobrepeso, 2005)

Figura 1. 5 Problemas de obesidad infantil



De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), en el país contamos con 52.2 millones de personas con sobrepeso y obesidad, lo cual es una cifra alarmante cuando se sabe que una proporción importante de esta población son niños. (ENSANUT, 2012).

El país además ocupa el segundo lugar con mayor proporción de población con obesidad, ya que tres de cada 10 personas padecen este problema y casi siete de cada 10 tienen sobrepeso. (ENSANUT, 2012).

1.8.1 Importancia del azúcar y su relación con la obesidad

El azúcar se encuentra en la familia de los carbohidratos en nuestros alimentos. Los carbohidratos son básicamente compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Existen tres tipos de carbohidratos en nuestros alimentos, los cuales tienen que ver con la cantidad de monómeros presentes en las cadenas. Estos se pueden clasificar en varios tipos, dentro de los cuales se tiene reportado como:

1. Monosacáridos:

Los monosacáridos son también llamados azúcares simples, es digerible de inmediato en nuestro sistema sin que se tenga que descomponer en compuestos más simples, su fórmula química es $C_6H_{12}O_6$. Existen tres monosacáridos importantes en la nutrición glucosa, fructuosa, galactosa. La glucosa también conocida como dextrosa se encuentra en frutas, verduras y miel. A la fructuosa se le conoce como azúcar de fruta y tiene lugar con naturaleza en muchas frutas y bayas, constituye más de la tercera parte del azúcar en la miel y es responsable de su dulzura, es el endulzante más importante en la elaboración de las bebidas carbonatadas. La galactosa se encuentra como componente de un carbohidrato más complejo en la leche y la cubierta de las semillas de las legumbres, ocurre en alguna leche fermentada. Después de la asimilación en el intestino al final se convierten a todos monosacáridos en el hígado en glucosa, de manera que es la glucosa lo que entra al final a las células del cuerpo para proporcionar energía. Los azúcares simples entran en la corriente sanguínea con rapidez después de



ingerirlos, necesita muy poca digestión y no tiene que someterse al proceso digestivo completo ya que algunos se pueden absorber justo bajo la lengua en el momento de la degustación de los sabores y sentir dulzor al instante de prueba realizada (Badui, 2000).

2. Disacáridos:

A estos también se les llama azúcares compuestos. Estos están formados por dos moléculas de monosacáridos. Su fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Los disacáridos más comunes son: sacarosa, maltosa y lactosa.

La sacarosa es el disacárido más común, también conocida como azúcar blanca o azúcar de caña, una molécula de sacarosa consta de una molécula glucosa y una molécula de fructuosa, se obtiene de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. A la lactosa se le conoce como azúcar de leche y representa la mitad de los líquidos totales la leche; fomenta el crecimiento de microorganismo *Lactobacillus bifidus*, que se sabe que es benéfico para los niños pequeños, una molécula de lactosa consta de una molécula de glucosa y una de galactosa (Badui, 2000).

3. Sucralosa:

Representa una alternativa saludable sustituir la sacarosa y los jarabes de glucosa por polioles, que son edulcorantes de volumen con un dulzor relativo similar a la sacarosa pero con un aporte calórico menor y sin ser cariogénicos. (Brien-Nabors y Gelardi, 2002). La Sucralosa recibió la aprobación de la Administración de Alimentos y Fármacos de los Estados Unidos (FDA) así como por el Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimenticios de la FAO/WHO, extendiéndose así su uso desde 1991 a millones de usuarios. A continuación se muestra una tabla de edulcolorantes alternativos (Brien-Nabors y Gelardi, 2001).

1.8.2 Edulcorantes alternativos de la sacarosa

En la tabla 1.1 Se muestran los edulcorantes alternativos de la sacarosa (aproximado=1 poder de dulzor) y su poder de dulzor en la columna dos.



Tabla 1. 1 Dulzor relativo de Edulcolorantes alternativos de la sacarosa

Nº	EDULCOLORANTE ALTERNATIVO	DULZOR RELATIVO
1	Dihidrochalconas	300 – 2000
2	Glicirrizina	50 – 100
3	Hernandulcina	1000
4	Jarabe de maíz de alta fructuosa 55%	1
5	Jarabe de maíz de alta fructuosa 90%	1+
6	Isomalt	0.45 – 0.64
7	Isomaltulosa	0.48
8	L-azúcares	1
9	Lactitol	0.4
10	Maltitol e hidrolizados de almidón hidrogenados	0.7 – 0.9
11	Manitol	0.7
12	Monelia	1500 – 2000
13	Sacarina	300
14	Sorbitol	0.54 – 0.7
15	Esteviosido	300
16	Sucralosa	600
17	Xilitol	1

Fuente:(Brien-Nabors y Gelardi, 2001)



1.9 Beneficios de los dulces de nopal

1.9.1 Importancia de la fibra de las en los alimentos

La fibra dietaria en la dieta reduce el colesterol y reduce la presión sanguínea: el hígado es el sitio principal de la síntesis de colesterol en nuestro cuerpo. Parte del colesterol sintetizado por el hígado se incorpora a los ácidos y sales biliares. La bilis se secreta en el intestino para ayudar a la digestión y absorción de grasas. Por lo general lo reabsorbe el intestino y lo captura el hígado después de la digestión del alimento. La fibra en la dieta interrumpe este ciclo al disolver las sales biliares en ella e impedir reabsorción de las sales biliares en el intestino. Así la fibra se excreta en el alimento sin digerir. De la misma manera, las fibras solubles se unen al colesterol de la dieta que se excreta del cuerpo junto con la fibra. Al aumentar la excreción del colesterol la fibra reduce la disponibilidad del colesterol en el hígado para la incorporación en lipoproteínas y su liberación en la sangre circulante, al reducir el colesterol en la sangre, la fibra ayuda en forma indirecta a reducir la presión sanguínea (KAUR, 2002).

La fibra controla la concentración de azúcar en la sangre: la fibra reduce la velocidad de absorción de la glucosa en el intestino y reduce la concentración de glucosa en la sangre y por lo tanto ayuda a tratar la diabetes la fibra ayuda a reducir la dosis de insulina que se administra al paciente diabético. La fibra insoluble previene el estreñimiento, ya tiene una gran capacidad para atrapar agua, ayuda a mantener las heces más suaves y con masa, ayuda a que el alimento se mueva por el tracto intestinal con mayor rapidez. Esto previene el estreñimiento y reduce el riesgo de cáncer del intestino grueso (KAUR, 2002).

1.9.2 La fibra soluble e in soluble de en los alimentos

Según su solubilidad la fibra se clasifica en soluble e insoluble; la primera la conforman los mucílagos, gomas, pectinas y algunas hemicelulosas, esta fibra está asociada con la reducción de los niveles de glucosa y colesterol en sangre y la estabilización del movimiento gástrico. La fibra insoluble con la capacidad de



retención de agua, el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y su interacción con la flora microbiana. (Feugang et al., 2006)

1.10 Operaciones unitarias involucradas en la elaboración de dulces de nopal deshidratado

La deshidratación es un proceso donde los alimentos se someten a la eliminación de agua para su conservación y de esta manera prolongar la vida de anaquel.

Aunque el contenido en humedad de un alimento puede ser un factor indicativo de su propensión al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad por lo que el concepto de contenido de humedad es insuficiente para indicar lo perecedero que es un alimento, al no tener en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo.

La operación de deshidratación conlleva además una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así una importante reducción de los costes de transporte y almacenamiento de estos productos. La máxima reducción de volumen es la que se consigue al convertir alimentos líquidos en alimentos en polvo, sobre todo si el polvo obtenido se prensa en bloques o tablas. Otros objetivos que se persiguen con la deshidratación de los alimentos son la transformación de estos en materias primas adecuadas para el mezclado y formulación de nuevos productos, como es el caso de las sopas deshidratadas, frutas y cereales para el desayuno (SUCA et al., 2010).

Sin embargo, también puede provocar cambios indeseables en los alimentos. El tamaño y la forma pueden cambiar considerablemente tal y como se ha expuesto anteriormente, de manera que cuando se reconstituye el alimento, este no recupera el tamaño ni forma originales. Los cambios de color también se pueden dar por el secado a altas temperaturas, cambios que perduran después de la reconstrucción. Otro aspecto importante también es el cambio de textura, debido



al encogimiento celular provocado por la pérdida de agua y las altas temperaturas así como el estado gomoso a vítreo (Barbosa-Canovas et al., 2005).

Los cambios en el sabor y aroma de los productos deshidratados se deben fundamentalmente a la pérdida de componentes volátiles durante el proceso así como el desarrollo de sabores y aromas típicos de productos cocidos provocados por altas temperaturas. Estos cambios son mayores en cuanto más altas sean las temperaturas y el tiempo de secado, pudiendo minimizarse utilizando métodos de secado que impliquen el uso de temperaturas moderadas o bajas.

1.10.1 Deshidratación osmótica (DO)

La deshidratación osmótica es un tratamiento isotérmico de remoción parcial de agua por inmersión del alimento en soluciones hipertónicas. Las pérdidas del agua por parte del alimento, en el proceso de secado osmótico se pueden dividir en dos periodos. En el periodo de alrededor de 2 horas, con alta velocidad de eliminación de agua y el segundo que es un periodo de 2 a 6 horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua (Barbosa-Canovas et al., 2005).

Las ventajas por utilizar este método son: evita que el producto pierda aroma u otros compuestos susceptibles al calor, evita reacciones de oxidación o pardeamiento debido a la ausencia de oxígeno en el jarabe; y es una tecnología de baja inversión inicial en equipos. Sin embargo, la desventaja es que no puede aplicarse a todos los productos. En este aspecto, la deshidratación osmótica (DO) es muy selectiva (SUCA et al., 2010).

Las frutas que presentan mejores cualidades para el procesamiento con DO son: piña, mango, fresas, guayaba, papaya, melón, carambola y kiwi. Entre los vegetales más usados están las zanahorias, cebollas, nabos y pimientos. Algunos tejidos musculares de animales y pescados también se someten a este proceso, fundamentalmente para salazarlos o curarlos con sales de nitrito. En este caso de las carnes, los paquetes musculares se sumergen en una solución salina o ésta



se inyecta dentro de los músculos con ayuda de jeringas diseñadas para este fin. (SUCA et al., 2010).

En los sistemas biológicos desde los más simples hasta los más complejos hay un fenómeno de difusión de agua a través de membranas de las células que conforman dichos sistemas. Este proceso es de tal importancia para la supervivencia de los seres vivos que se le ha reservado con el nombre exclusivo de ósmosis. Dicho fenómeno es el principio en el que se fundamenta la deshidratación osmótica. La ósmosis es el flujo neto de agua a través de una membrana semipermeable, inducida por una diferencia de concentraciones de soluto. Una membrana semipermeable permite el paso de agua y otras sustancias de bajo peso molecular (como la sal), mientras que retiene a las de alto peso molecular, como el azúcar. Sea el sistema mostrado en la Figura 1.6 a). El extremo inferior de un tubo de vidrio se ha cerrado con una membrana semipermeable, y se ha añadido un volumen determinado de solución altamente concentrada. Luego, el tubo es colocado en un recipiente más grande que contiene solvente puro (agua). Debido a la diferencia de concentraciones, el agua se difundirá a través de la membrana y ascenderá por el tubo, hasta alcanzar un estado de equilibrio dinámico (ver Figura 1.6 b).

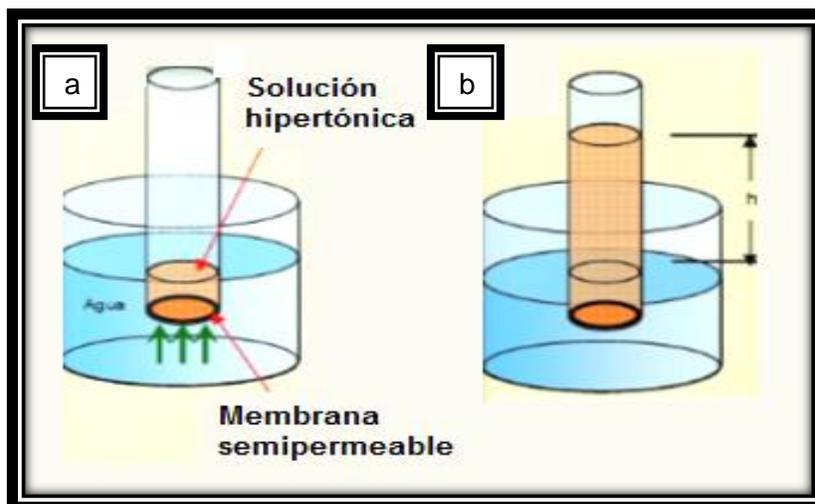


Figura 1. 6 Concepto de presión osmótica



La altura h (diferencia entre la altura inicial y la altura alcanzada en el equilibrio) mostrada en la figura es proporcional al nivel de concentración inicial de la solución contenida dentro del estado de equilibrio que se alcanza debido a que la solución concentrada contenida dentro del tubo se diluye progresivamente como consecuencia del paso de agua a través de la membrana. Esto hace que la fuerza osmótica de la solución se iguale con la del solvente puro, desapareciendo la diferencia de concentraciones que inducía al paso del agua al interior del tubo. Como resultado la altura h se estabiliza y no atiende más (SUCA et al., 2010).

El equilibrio dinámico se refiere a que el agua continúa entrando y saliendo del tubo a través de la membrana, con la diferencia que antes lo hacía en mayor proporción hacia el lado de mayor concentración, tal y como muestra la figura 1.7 con diferentes tipos de solución. 1.7 a) solución hipotónica, 1.7 b) solución isotónica y 1.7 c) Solución hipertónica.

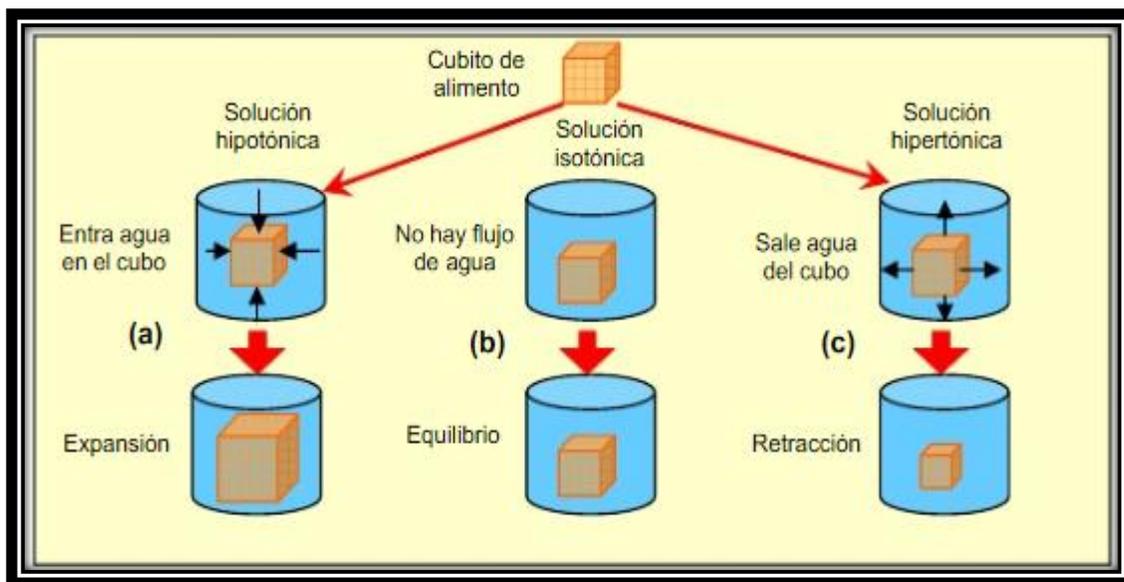


Figura 1. 7 Efecto del tipo de concentración de las soluciones sobre los alimentos por ósmosis.

Presión osmótica: es la presión ejercida por la altura de agua (h) de la Figura 1b. En otras palabras, la presión osmótica es la presión necesaria para revertir el



proceso de ósmosis presentado en la Figura 1.7, y volver a las condiciones iniciales.

- a) **Solución hipotónica.** Es aquella que tiene una baja concentración de sólidos con referencia al producto a deshidratar. Para ver su efecto sobre el alimento, ocurre ganancia de agua.
- b) **Solución isotónica.** Es aquella que tiene una concentración de sólidos iguala la del producto; por lo tanto, no existe ósmosis o difusión de agua.
- c) **Solución hipertónica.** Es la que tiene una mayor concentración de soluto determinado en relación al producto a ser deshidratado, y es el usado en la DO, en esta hay perdida de agua (SUCA et al., 2010).

1.10.2 Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica

El efecto neto de los flujos de salida de agua y ganancia de sólidos ha sido estudiado por diversos autores, por ejemplo, utilizando cubos de gel de agar expuestos a diferentes condiciones de temperatura y concentración de la solución osmótica. Se han identificado dos etapas en el proceso de deshidratación osmótica. En la primera, denominada deshidratación, la pérdida de agua es mayor que la ganancia de sólidos y en una segunda etapa, llamada impregnación, se obtiene una ganancia de sólidos mayor a la pérdida de agua. En esta segunda etapa, la masa total del sólido aumenta con el tiempo (Barbosa-Canovas et al., 2005).

1.10.3 Efecto de las variables de proceso en la deshidratación osmótica

De manera general en función de los mecanismos de difusión para que se lleve a cabo el transporte de materia. Las variables que más afectan el proceso de deshidratación osmótica y que pueden manejarse fácilmente operativamente son: temperatura del proceso, concentración de la solución osmótica, naturaleza del agente osmótico utilizado, presión, relación masa producto a volumen de solución osmótica y agitación (Barbosa-Canovas et al., 2005).



Además de su facilidad de consecución se deben considerar también los siguientes aspectos:

- Capacidad para retirar agua del producto
- Economía del proceso
- Las características sensoriales del producto final sean de buena calidad
(Barbosa-Canovas et al., 2005)

Agentes osmóticos

Algunos agentes osmóticos potenciales utilizados para la deshidratación de alimentos son: sacarosa, glucosa, sal, fructosa, miel, glicerol, jarabe de maíz, melaza, sorbitol, maltosa, lactulosa, en el caso de la deshidratación de las frutas del ponche se puede elaborar una formulación en base a piloncillo y canela hervida previamente (Barbosa-Canovas et al., 2005).

Cloruro de sodio (Sal): Cuando se utiliza el cloruro de sodio en proporciones de peso diferentes se observa que a medida que aumenta la proporción de sal en la mezcla, disminuye la máxima pérdida de agua (WL) y que incluso ésta se produce en un punto intermedio durante el desarrollo de la experiencia (el tiempo disminuye a medida que aumenta la concentración de sal. La ganancia de agua que ocurre posteriormente se explica por la entrada de solución osmótica a la matriz porosa del vegetal. Esto no ocurre en el caso de la ganancia de solutos, que aumenta continuamente. En soluciones de NaCl (5-10-15%) se observa que el contenido de sólidos totales aumenta de acuerdo a la concentración utilizada, alcanzando con el tratamiento de 15% de NaCl, una pérdida mayor de peso. La materia prima no contiene sal en su estructura. A medida que transcurre el proceso de osmodeshidratación, el nivel de sal aumenta de acuerdo a las distintas concentraciones (Barbosa-Canovas et al., 2005).

Glicerol o glicerina: Entre los polioles más utilizados para la deshidratación de frutas y hortalizas se encuentra la glicerina. El glicerol o glicerina ($C_3H_8O_3$) es un alcohol formado por una molécula de glicerina que tiene tres grupos hidróxilos



(OH) y se puede unir por enlaces lipídico a tres moléculas de ácidos grasos. La alta capacidad de hidratación de alcoholes los hace muy adecuados en la elaboración de alimentos de humedad intermedia, pues reducen la actividad acuosa (A_w) y consecuentemente controlan el crecimiento microbiano. Otra propiedad, además de no cristalizar, es evitar que esto suceda en otros azúcares. Por carecer de grupos reductores, aldehídos o cetonas, no intervienen en reacciones de oscurecimiento no enzimático tipo Maillard. La concentración del jarabe influye directamente sobre la velocidad, porque al mantener una alta diferencia de concentraciones a lado y lado de la membrana, se incrementa la presión osmótica, favoreciendo un rápido flujo de agua a través de la membrana en busca del equilibrio (Aguirre, 1995).

Temperatura:

La temperatura de proceso afecta de manera notable la velocidad de la ósmosis, un aumento en la temperatura aumenta la remoción de agua y la penetración de la sustancia osmótica en el interior del tejido aunque la cinética está influida por la sustancia utilizada. También puede realizarse a bajas temperaturas, sobretodo en productos que se desea mayor eliminación de agua y poca penetración de soluto, tales como pescados y carnes (Barbosa-Canovas et al., 2005).

Mezclado

El mezclado periódico al sistema también produce un importante aumento en la velocidad de deshidratación. A medida que avanza el tiempo de contacto de la hortaliza con el jarabe, ésta se va rodeando de su propia agua, la cual se va difundiendo lentamente por el jarabe concentrado. Al estar rodeada de agua la fruta, la diferencia de concentraciones entre el jarabe y la pared celular se hace menor, con lo que también se disminuye la velocidad de salida de agua. Si el sistema es agitado, el agua que ha salido es retirada del contacto y vecindario de la pared y es reemplazada por jarabe concentrado que permite el nuevo



establecimiento de una alta diferencia de concentración entre el interior del material y el jarabe.

Esto permite entonces el aumento de la velocidad de deshidratación del material tratado (Maestelli, 1997).

El tiempo de deshidratación osmótica

El tiempo tiene un efecto significativo sobre la ganancia de sólidos (la toma de azúcares) y la pérdida de humedad, mientras que para la ganancia de masa, el tiempo no tiene ningún efecto. Se han realizado estudios utilizando tiempos que van desde 1 hasta 12 horas siendo de entre 2-4 h los mejores tiempos de hidratación con respecto a la calidad del alimento y sus propiedades organolépticas (Barbosa-Cánovas et. al, 2000).

Parámetros a calcular en la deshidratación osmótica

El cálculo de los parámetros: ganancia de sólidos (SG) y pérdida de agua se calculan con las siguientes ecuaciones, expresadas en gramos por 100 g de producto fresco (Gaspareto et al., 2004).

Pérdida de agua (WL):

Por la diferencia de humedad inicial del producto y la tomada inmediatamente después de retirar la muestra de inmersión en cada uno de los tiempos determinados para el proceso.

$$WL = \frac{(M_o * \%H_o) - (M_f * \%H_f)}{M_o} * 100 \quad (1)$$

Donde

M_o = *Peso inicial de la fruta*

M_f = *peso final de la fruta*

H_o = *es la humedad inicial de la fruta*

H_f = *la humedad final de la fruta*



Por la diferencia de sólidos solubles iniciales del producto y los tomados inmediatamente después de retirar la muestra de inmersión en cada uno de los tiempos determinados para el proceso

Ecuación:

$$SG = \frac{(Mo * \%Sf) - (Mo * \%So)}{Mo} * 100 \quad (2)$$

Donde:

SG = *Ganancia de sólidos*

S_o : *Sólidos iniciales*

S_f : *Sólidos finales*

1.11 Secadores en la industria alimentaria

En el mercado de equipo para la industria química y de alimentos existen un gran número de procedimientos y aparatos de secado, cada uno diseñado para su propia especialidad y algunos lo suficientemente versátiles como para secar más de un tipo de material húmedo (Gordon, 2002).

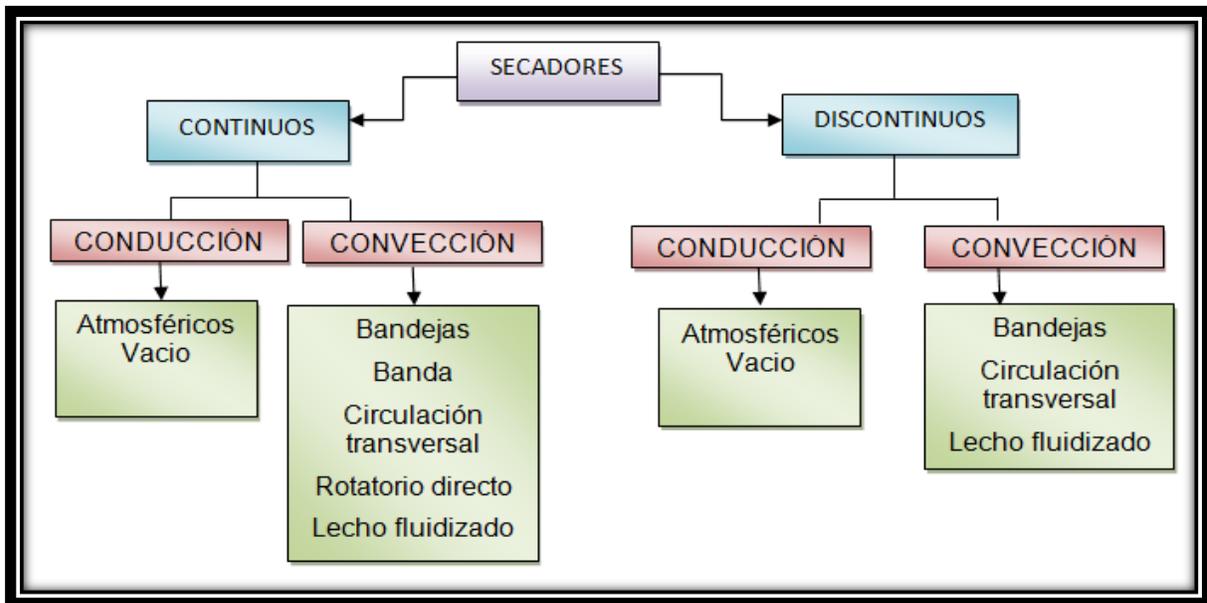
- a. características y propiedades físicas del producto húmedo. Procedimiento apropiado para la selección de un grupo de secadores para su estudio preliminar en un problema dado.
- b. La clasificación de los equipos de secado se puede hacer en base a: Las El procedimiento para transmitir el calor al sólido húmedo. Más interesante industrialmente y revela diferencias en el funcionamiento de los secadores.

De acuerdo con este segundo criterio se distingue los **secadores directos**, que utilizan gases calientes en contacto con el sólido húmedo para suministrar el calor y arrastrar el líquido vaporizado.



Los **secadores indirectos** en los que el calor se transmite al sólido húmedo a través de la pared que lo contiene, eliminándose el líquido vaporizado independientemente del medio calefactor, secadores dieléctricos y secadores por radiación.

Los secadores pueden clasificarse de diferentes formas, sin embargo la más usual es según su método de operación de acuerdo a como se puede apreciar en la Figura 1.8 (Fito, 2001).



Fuente:(Gordon, 2002)

Figura 1. 8 Clasificación de Secadores

1.11.1 Secadores directos o convectivos

Se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmite calor por convección fundamentalmente y que arrastras fuera del secador los vapores producidos.

Los gases calientes pueden ser:

- Aire calentado por vapor de agua
- Productos de la combustión
- Gases inertes
- Vapor recalentado
- Aire calentado por radiación solar



En los secadores el consumo de combustible es tanto mayor cuanto más bajo es el contenido de humedad residual del producto final, este tipo de secadores pueden ser continuos o intermitentes, siendo el costo de funcionamiento menor en los primeros y utilizándose los segundos para bajas capacidades de producción y para el tratamiento de productos que exigen manipulación especial (Fito, 2001).

1.11.2 Secadores de charolas o bandejas

Los secadores de charolas, esencialmente consisten en unas cámaras o compartimentos donde se ubican las bandejas que contienen el material a secar. Generalmente las bandejas se colocan sobre bastidores que pueden moverse como unidades para colocarlos en la cámara o ser retirados de ella. Una de las modificaciones de este tipo de secadores es el de bandejas con carretillas, donde las bandejas se colocan en carretillas rodantes que se introducen al secador. Esto significa un considerable ahorro de tiempo, puesto que las carretillas pueden cargarse y descargarse fuera del secador (Gordon, 2002).

El secado se realiza con aire caliente u otro gas soplado sobre las bandejas mediante uno o varios ventiladores. En algunos casos las bandejas están perforadas y el aire de secado pasa a través del material que está sobre ellas. A veces circula el aire por convección natural y se utilizan también distintos dispositivos para la distribución y recirculación del aire. Generalmente el calor se suministra mediante vapor de agua el cual circula por serpentines dispuestos dentro o fuera del compartimento de secado, pudiendo también utilizar calefacción eléctrica (Gordon, 2002).

Las bandejas se fabrican de cualquier material que sea compatible con el producto a secar y segundo con las condiciones de corrosión y temperatura prevalecientes.

En general, se prefieren las bandejas metálicas, ya que conducen el calor con mayor facilidad. Cuando las características del material a secar y el manejo lo



permiten, las bandejas deben tener bases perforadas para proveer una mayor superficie de desecación (Gordon, 2002).

Esta clase de secadores es útil para secar casi cualquier tipo de material, su costo operativo es alto debido a que el trabajo requerido es relativamente grande y esta consideración restringe su uso a producciones inferiores a 50 Kg/h de material seco. Como opera en forma discontinua por lo tanto las condiciones de secado varían durante cada ciclo. La forma más conveniente de sistematizar el estudio de los secadores de bandejas discontinuos consiste en clasificarlos según su forma de circulación del aire en el secador, es decir:

a) Circulación de Aire por convección natural:

Esta es la forma más elemental de secador, la eficiencia es baja y su uso se limita a las instalaciones más primitivas y antiguas, usa dos conjuntos de bastidores intercambiables con bandejas y calefacción mediante serpentines de vapor en los costados a nivel del piso careciendo obviamente de un ventilador.

b) Circulación forzada de lado a lado sobre las bandejas:

Este tipo de secadores consta de un ventilador que recircula el aire caliente sobre la superficie de las bandejas, paralelamente a las mismas, teniendo persianas ajustables que sirven para ayudar a obtener un flujo de aire razonablemente uniforme. Estas unidades tienen un regulador de tiro ajustable, ubicado a la salida para controlar la proporción de aire recirculado.

c) Circulación forzada a través de bandejas perforadas

En esta clase de secadores, el aire de secado pasa a través de lecho del material, colocando en una bandeja perforada por este hecho el aire de secado entra más íntimamente en contacto con el producto, aumentando de este modo el área



superficial del producto expuesto al aire y permitiendo un más rápido y homogéneo secado de material. Típicamente la disposición es similar a la de un secador de bandejas común, provisto con los deflectores de corriente necesarios. Se usan comúnmente bastidores fijos para evitar dificultades en la colocación de bastidores móviles, de tal modo que no circule aire por donde no debe. Las bandejas pueden ser fijas o móviles (Gordon, 2002).

1.11.3 Parámetros de medición durante el secado

Cuando se quiere diseñar un secador es necesario conocer el mecanismo y la cinética del secado del material en cuestión; es decir, se debe establecer relaciones cuantitativas (gráficas o analíticas) entre el tiempo que debe durar la operación y las condiciones del secado antes de efectuar cualquier intento de cálculo de diseño.

Las variables que determinan el tiempo de secado de un material, son:

- 🌿 Del aire: temperatura, velocidad másica, humedad y características del flujo de circulación.
- 🌿 Del producto: humedad, tamaño, forma y estructura.

Por lo tanto, deberán hacerse experimentos en el laboratorio fijando las condiciones experimentales y determinando la relación, tiempo-humedad del producto (Fito, 2001).

Las condiciones, además, deberán ser lo más parecidas a las del aparato industrial en cuanto a:

- 🌿 Disposición del producto
- 🌿 Densidad del lecho
- 🌿 Circulación del aire
- 🌿 Mecanismos de transmisión de calor



1.11.4 Obtención de datos experimentales, variables de operación

Para reproducir la operación de secado industrial deben conocerse las distintas formas en las que el sólido a secar se pone en contacto con el aire caliente.

Una vez elegidas las variables de proceso que reproducen el secado industrial a escala de laboratorio, se pueden realizar ensayos que permitan evaluar distintos aspectos como:

- 🌿 la evolución del peso (humedad) de la muestra con el tiempo de secado.
- 🌿 la evolución del volumen, densidad y dimensiones de la muestra con el tiempo de secado
- 🌿 los cambios microestructurales en la matriz sólida
- 🌿 la evolución de los parámetros de calidad de la muestra (color, textura y sabor) durante el secado.

Las variables que se requiere conocer como la velocidad:

- 🌿 Isoterma de sorción del producto
- 🌿 Dimensión del producto
- 🌿 Velocidad superficial relativa del aire respecto al sólido
- 🌿 Temperatura del aire
- 🌿 Humedad relativa del aire
- 🌿 Densidad de carga.

Otras de las variables que pueden influir sobre la velocidad de secado, es la velocidad superficial relativa del aire respecto al sólido de manera que en algunos casos, a medida que aumente esta, lo hace también la velocidad de secado. Sin embargo, a partir de un cierto valor de velocidad de secado no depende de dicha variable. Esto se debe que al segundo caso el factor de control de proceso de secado es la difusión del agua a través del sólido (Fito, 2001).



1.11.5 curva de secado

Si en la experimentación de secado se mantienen constantes todas las variables y se determinan periódicamente el contenido de humedad del sólido se obtiene una serie de datos que puede graficarse en un sistema coordinado, donde se gráfica contenido de humedad del material (X_w) vs (tiempo transcurrido desde que se inició la operación de secado (t), dando lugar a la curva de secado.

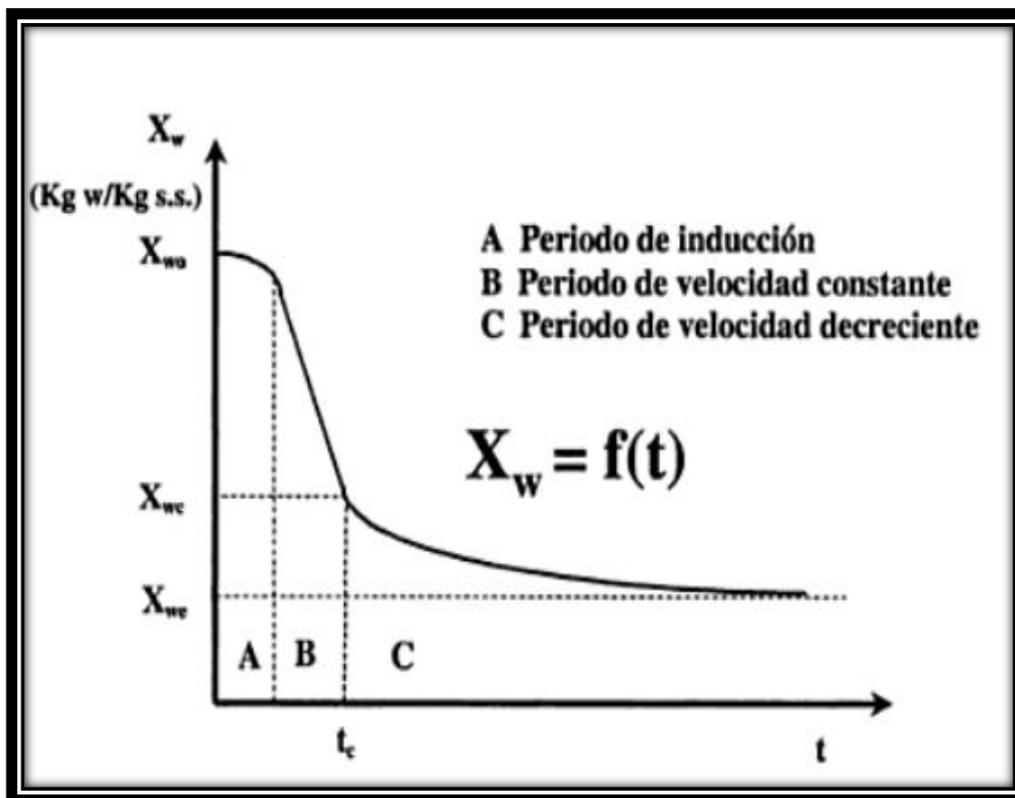


Figura 1. 9 Curva típica de materiales húmedos muestra tres zonas características.

En la curva se muestra una primera zona que es la **A**, en la cual la pendiente de la curva aumenta ligeramente con el tiempo y se denomina periodo de inducción, la zona **B** es de pendiente constante y la tercera zona **C** la pendiente disminuye con el tiempo. En los materiales con unidades iniciales bajas el secado transcurre en todo momento con velocidad de secado decreciente (Fito, 2001).



1.12 Calidad sanitaria de productos procesados

Los procesos de producción se llevan a cabo con ciertos lineamientos los cuales se rigen por la NOM-251-SSA1--2009, prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

El concepto de calidad aplicado a los alimentos hace referencia a los atributos que hacen apetecible su consumo y que, en un sentido amplio puede implicar la apreciación de las características tanto positivas como negativas (Bello, 2005).

Entre las primeras se encuentran factores que atañen a las propiedades sensoriales y el valor nutritivo, mientras que en las segundas hay que señalar la presencia de sustancias nocivas y microorganismos indeseables. En la práctica se puede afirmar que tiene calidad, cuando sus propiedades lo hacen aceptable al consumidor (Bello, 2005).

Se entiende como calidad de un alimento a la capacidad de dar respuestas a unos fines concretos, por lo que se expresa el grado de excelencia o de idoneidad alcanzado en virtud de su valor nutritivo, su aceptabilidad y su seguridad sanitaria propia (Bello, 2005).

Al calificar la calidad de un alimento se pueden aplicar diversos criterios de acuerdo al punto de vista desde el cual sea contemplado, los cuales a su vez, van a ser los determinados por sus características específicas. Primordialmente de acuerdo al proceso destacan tres importantes:

1. Calidad nutricional: que se refiere al aporte cualitativo y cuantitativo de nutrientes con el que ese alimento contribuye a la dieta alimenticia. Todo alimento tiene un cierto valor nutritivo como consecuencia del valor de nutrientes que forman parte de su composición química y que, al ser consumidos, serán utilizados con el organismo humano para desempeñar sus procesos metabólicos y vitales.



Para evaluar la calidad nutricional, es considerado un cierto número de factores que pueden incidir de manera importante:

- Las necesidades nutritivas específicas de las personas que lo van a consumir.
 - El papel desempeñado por el alimento dentro de la alimentación cotidiana.
 - El consumo simultáneo de otros alimentos, puesto que las dietas necesitan ser equilibradas.
 - La existencia de algún factor capaz de modificar la biodisponibilidad o la actividad de algunos nutrientes.
2. Calidad organoléptica, que determina su aceptabilidad. En la práctica viene delimitada por la impresión percibida por los sentidos de los efectos provocados por los atributos sensoriales del alimento. Como es sabido el organismo humano toma como referencia para la selección o aceptación de un alimento la apreciación que hacen los sentidos de las propiedades organolépticas.
3. Calidad sanitaria, que valora la ausencia de sustancias tóxicas y de microorganismos patógenos. La calidad sanitaria tiene de por sí una especial relevancia, puesto que se ha de tener siempre la estrecha relación que existe entre la salud de una persona y la alimentación que recibe.

En consecuencia, asegurar la calidad sanitaria de un alimento debe de ser un objetivo prioritario de la industria alimentaria que lo produce (Bello, 2005).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

EXPERIMENTAL





II METODOLOGIA EXPERIMENTAL

PROBLEMA: ¿Se pueden desarrollar golosinas de nopal que sean atractivo a la vista y que contenga alto valor nutrimental?

OBJETIVO GENERAL Evaluar las propiedades fisicoquímicas de una golosina tipo pulpa y tipo escuincle elaborada con nopal deshidratado osmóticamente y secado por convección, proponiendo las mejores condiciones de proceso para dulces con alto valor nutrimental.

OBJETIVOS PARTICULARES:

I- Evaluar el efecto de la concentración al deshidratar trozos de nopal fresco, mediante soluciones osmóticas preparadas al 50, 60 y 70%, seleccionando las mejores condiciones de proceso.

II- Someter ha secado por convección los nopales deshidratados osmóticamente en una estufa a 50 °C, obteniendo la cinética de secado para reducir la humedad al 14%, seleccionando el tiempo de deshidratación.

III- Obtener las micrografías de nopal fresco, deshidratado osmóticamente y secado por convección, mediante microscopia electrónica de barrido al alto vacio, evidenciando los cambios morfológicos ocurridos para la golosina enchilada.

IV.- Realizar la caracterización química de la golosina de nopal tipo pulpa y tipo escuincle mediante el análisis químico proximal y por espectrofotometría de absorción atómica estableciendo el valor nutrimental y su contenido de calcio.

V- Realizar análisis microbiológico de la golosina de nopal tipo pulpa y tipo escuincle, mediante las técnicas descritas en la norma oficial mexicana, NOM-110-SSA1-1994 y con referencia de las normas NOM-111-SSA1-1994, NOM-112-SSA1-1994,|NOM-113-SSA1-1994, para asegurar la inocuidad de los dulces.



VI- Evaluar la firmeza y el corte de las golosinas de nopal tipo pulpa y tipo escuincle, mediante pruebas mecánicas en un Textuometro, comparando sus características con productos comerciales similares que circulan en el mercado.

En la figura 2.1 Se presenta el cuadro metodológico del desarrollo experimental.

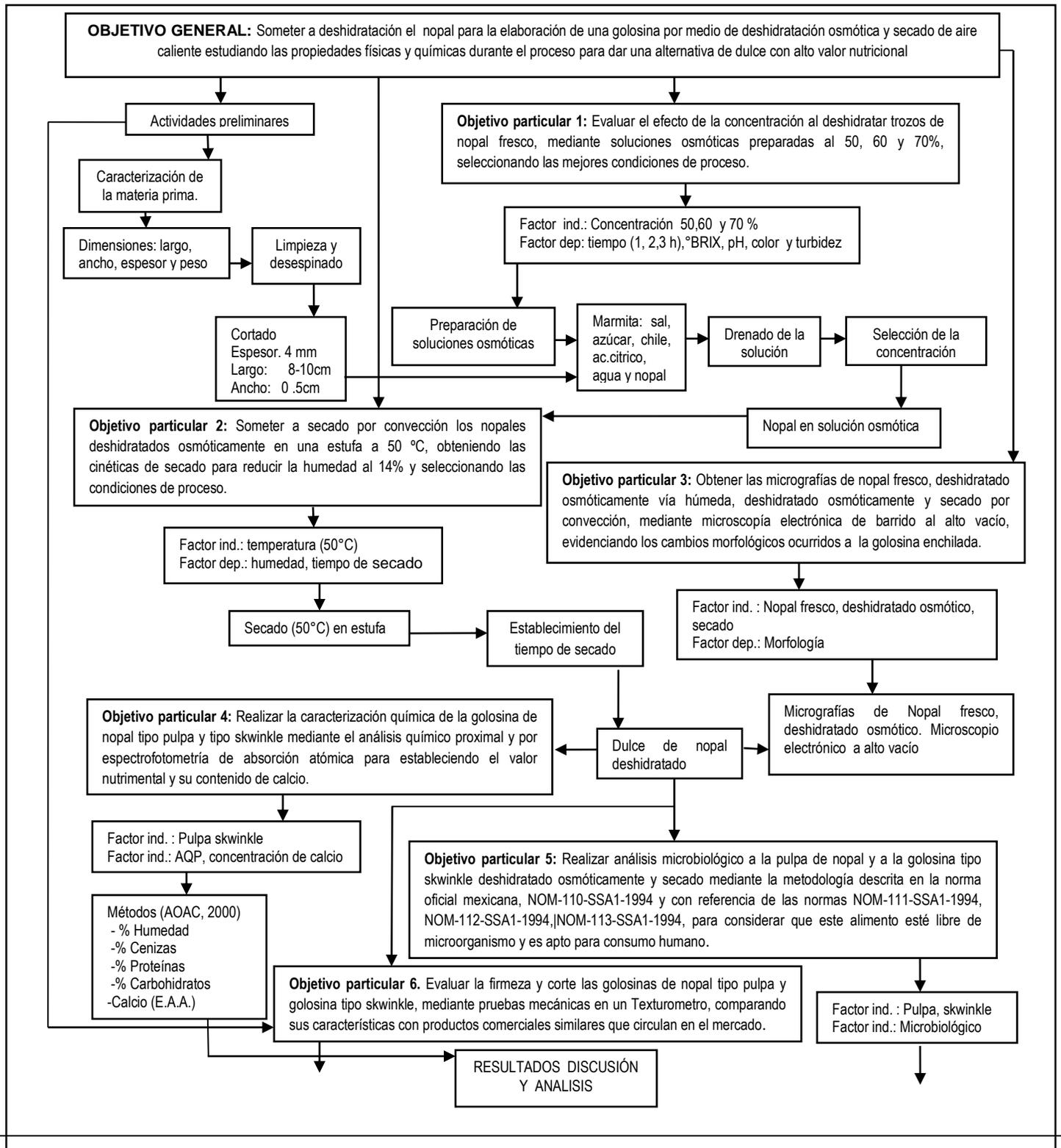


Figura 2. 1 Cuadro Metodológico del desarrollo experimental.



2 Descripción del proceso y actividades preliminares:

Las actividades experimentales desarrolladas en el trabajo se muestran en resumen el cuadro metodológico. Posteriormente, se describen a detalle en texto. El cuadro metodológico mostrado en la figura 2.1 es una guía para la ejecución de la parte experimental y ayuda a proyectar el trabajo conjunto. Muestra los niveles en que se trabajaron las variables independientes, las relaciones existentes entre ellas y las actividades para el cumplimiento de los objetivos que se plantearon. El proceso de elaboración de dulce de nopal se realizó siguiendo el diagrama de bloques que se muestra en la figura 2.2

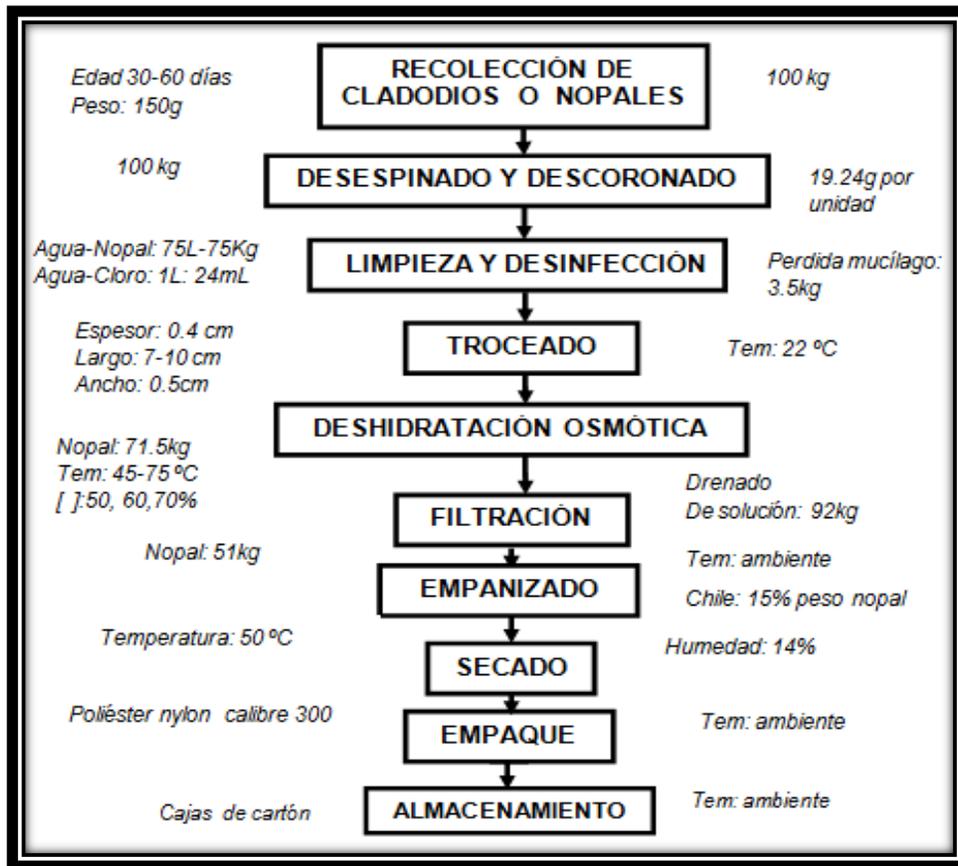


Figura 2. 2 Diagrama de bloques de elaboración de dulce de nopal.

Las actividades preliminares que se realizaron fueron la recolección, selección, limpieza y el acondicionamiento de la materia prima (nopales).

2.1Recolección de nopales

La recolección de los nopales se realizó un día antes de la producción de dulce de nopal deshidratado, esto quiere decir que el nopal que se utilizó es nopal tierno y fresco de 30 a 60 días de estadio de maduración. En la figura 2.3 se aprecia la cantidad recolectada.



Figura 2. 3 Recolección y almacenamiento de nopales entre 30-60 días.

En la figura 2.3 se muestra el almacenamiento del nopal por 24 horas en cajas de plástico a temperatura ambiente, en un área libre de roedores. Este nopal se mantuvo sin ser pelado para evitar la oxidación y el deterioro, ya que la capa más externa del colénquima. Esta es una capa serosa que no le permite el transporte de masa y evita cambios de textura y pérdida de humedad de los nopales recolectados para el dulce deshidratado osmóticamente y secado.

2.2 Desespinado y descoronado

Se realizó una selección aleatoria de una de las cajas recolectadas, se determinó el peso de cada nopal en una balanza granataría digital Marca Ohaus, modelo VOB 12, se obtuvo el promedio y la desviación estándar.



Se retiró también la espina con cuchillo de acero inoxidable y realizó el corte alrededor del nopal (lo que se conoce como corona), ya que esta parte del nopal es la más dura también contiene mayor cantidad de espina y ahí se encuentran localizados la mayor parte de los oxalatos de calcio, las cuales son sales anti nutricias que se encuentran en mayor concentración en nopales tiernos. En la figura 2.4 se muestran los residuos de nopal.



Figura 2. 4 Residuos de nopal después del desespinado y descoronado.

En la figura 2.4 aparece la materia prima retirada del nopal, este material fue quitado con el propósito de mantener la calidad ya que la corona es dura.

Balance de materia por merma

Fueron utilizadas 22.12 cajas con un total de 100 kg de materia prima.

Por lo tanto se realiza un balance de materia para conocer la merma después del pelado y desespinado que se muestra en la figura 2.5.

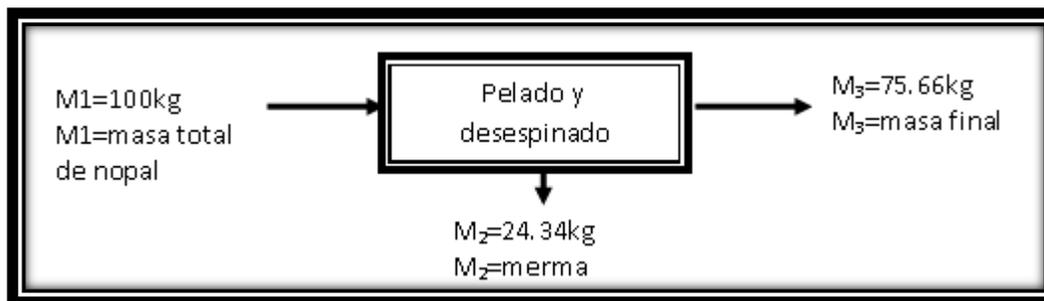


Figura 2. 5 Balance pérdida de materia prima.

Se realizó un corte horizontal al nopal con cuchillos de acero inoxidable porque facilitó en la deshidratación osmótica. Esto se debe a que hay mayor contacto con el parénquima parte interna del nopal. El corte se muestra en la figura 2.6.



Figura 2. 6 Corte de nopal de forma horizontal por el parénquima.

Se observa en la figura 2.6 la superficie de contacto por la abertura de los nopales mostrando el parénquima.

El tener esta área es importante ya que las caras del nopal están cubiertas por una capa protectora que no deja emigrar el agua del producto.



2.3 Limpieza y desinfección

Una vez pelado desespinado y realizado el corte horizontal, el nopal se somete a limpieza en tinajas de agua para quitar basura como filamentos, tierra, espinas, microorganismos patógenos.

2.3.1 Primer lavado

El primer lavado se llevó a cabo únicamente con agua corriente teniendo una temperatura de 15 °C. Utilizando una relación de 1:1 con respecto materia prima y agua potable como muestra la figura 2.7.

2.3.2 Segundo lavado

El segundo lavado se llevó a cabo con una solución preparada con cloro, por cada litro de agua 24 mL de cloro con una relación de agua como el anterior lavado.



Figura 2. 7 Limpieza y selección de los nopales de entre 30-60 días.

En la figura 2.7 se muestra el lavado de las unidades experimentales en los recipientes una vez desespinaados.

Cada lavado debe realizarse en un tiempo aproximado de 10 minutos considerando el drenado del agua.



2.4 Troceado

El corte de nopal se lleva a cabo de manera que las cuchillas se ajustaron con una separación entre ellas de 1cm y un corte a lo largo de 10 cm. Se aprecia en la figura 2.8, el proceso de corte por pasos.



Figura 2. 8 Troceado del nopal a) Cortadora eléctrica, b) Tina de agua con cloro, c) troceado y d) corte transversal.

Es importante conocer el dimensionamiento promedio de los nopales. Esto con el propósito de tener un material homogéneo con igual superficie de contacto.



2.5 Pruebas preliminares con la deshidratación Osmótica

Esta actividad preliminar se realizó para determinar los parámetros de tiempo y temperatura para llevar a cabo el proceso de deshidratación osmótica y conocer así el comportamiento con respecto a la materia prima y los materiales con que se prepara la solución osmótica.

2.5.1 Preparación de la solución osmótica para deshidratar

Se preparó una solución al 70% de concentración, se calentó el agua a diferentes temperaturas de 45, 55 y 65 °C en eventos independientes. Posteriormente, se mezclaron todos los ingredientes de acuerdo a la formulación. Se utilizó un mezclador de paleta como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2. 9 Preparación de la solución osmótica

Se fueron adicionando los ingredientes de acuerdo al tamaño de los sólidos granulares y cantidad en gramos en la formulación. Primero se agregó el azúcar, después chile, la sal y por último el ácido cítrico, mezclando manualmente los componentes de la solución para evitar sedimentación de los mismos.



2.5.2 Deshidratación osmótica en pruebas preliminares

Durante el proceso de deshidratación osmótica se tomaron lecturas de 5 mL de la solución osmótica cada 10 minutos (la muestra tomada después de mezclar), que posteriormente se analizó con Refractómetro Marca SPECTRONIC INSTRUMENTS, 5N 345 A17 6002 CAT 334610 VOLTS. Para determinar la cantidad de ° BRIX y definir el tiempo del proceso. Una vez teniendo la mezcla preparada se agregó el nopal y continuó el calentamiento durante la primera hora.

Este tiempo se estableció con respecto a la cocción de los nopales con una temperatura no mayor a 75 °C. En la figura 2.9a se observa la solución preparada al inicio del proceso con el nopal fresco y en la figura 2.9b después de una hora de tratamiento.



Figura 2. 10 Tratamiento de deshidratación osmótica a) vista aérea al inicio y b) acercamiento.

Una vez terminada la primera hora dejar de introducir calor.

Es necesario que se cubra la marmita con una manta para evitar contaminación de factores físicos, mientras permanezca en reposo el material sumergido en la



solución osmótica. Nótese en la figura 2.9b como la solución osmótica se va aclarando con respecto a la figura 2.9a. También los nopales cambian de tonalidad y de consistencia.

Se vació el contenido de la marmita en la carretina para separar la solución osmótica del nopal de esta manera se drena la solución que se utilizará para conocer las características físicas que se mencionan en el objetivo 1.

En la figura 2.10 a). Se observan el material una vez drenado que se encuentra sobre la placa de acero inoxidable que tiene orificios de aproximadamente 1pulgada, en la figura 2.10 b). Se muestra con un círculo rojo la salida de la solución osmótica residuo

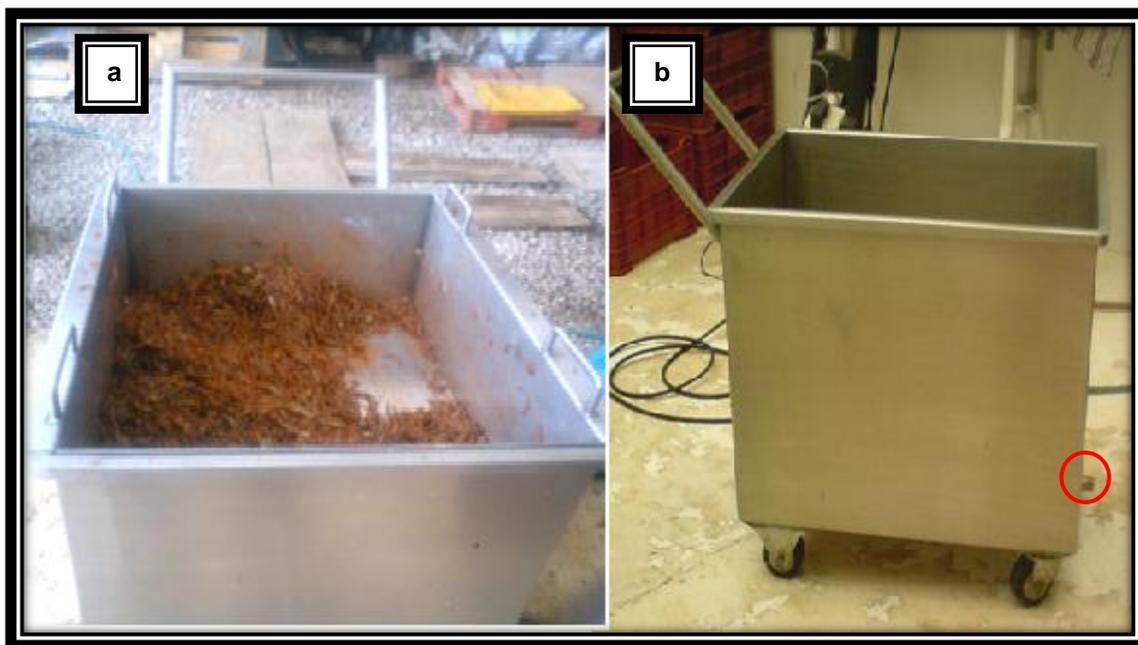


Figura 2. 11 Nopal deshidratado osmótico 2. 10 a) Carretina vista superior con el producto y 2.10 b) vista lateral.

2.6 Empanizado

Para llevar a cabo el empanizado del nopal de chile-azúcar con sólidos granulares de marca *miguelito*. Se pesó el nopal, al obtener ese dato se agrega el chile con una relación del 6%, con respecto al peso del nopal, se mezcla con una pala en la



carrotina para cubrir a todo el material. Se obtuvo un aspecto homogéneo del producto después del empanizado, el cual se aprecia en la figura 2.11 y el sabor del nopal se acentuó, de manera agri-dulce. De aquí el material se coloca en charolas para ser deshidratado a baja temperatura.



Figura 2. 12 Empanizado de nopal

En la figura 2.11 se observó el cambio en el color, eso ayudó durante el secado para observar cuando el producto se encontrará cerca de la humedad deseada ya que el oscurecimiento era más notorio.

2.7 Secado

Ya una vez terminado el empanizado del nopal se peso (ver figura 2.13). Posteriormente, se acomodó en charolas de acero inoxidable dividiéndolo en proporciones iguales.



2.7.1 Peso de la materia prima

Ya empanizado el nopal se dividió en partes iguales para el número de charolas que se utilizó, perfectamente extendido el material. Este fue determinado por la cantidad de material que se sometió al secado por convección. En la figura 2.12 se muestra el pesado de todo el material.



Figura 2. 13 Peso de la materia prima empanizada

La báscula que se utilizó para pesar el material tiene una capacidad de peso de 4 kg máximo, utilizando una canasta teniendo el peso individual previamente para evitar el menor error al someter la masa a secado y colocarlo en las charolas como se indica en el siguiente punto.

2.7.2 Colocación en charolas

Una vez obtenido el peso por charola colocar el papel teflón que se caracteriza por no dejar que el poco caramelo que se desprende se adhiera a la charola como se muestra en la figura 2.13.



Figura 2. 14 Nopal colocado en charola sobra papel teflón.

El teflón permite mayor limpieza y aprovechamiento total de los sólidos granulados del empanizado en el producto. El teflón también ayuda a la mejor distribución de calor, ya que este se expande sobre la superficie.

2.7.3 Acondicionamientos de estufa

Se debe realizar un acondicionamiento al equipo a una temperatura de 50 °C. Se fija la temperatura de set point una vez llegando abrir rápidamente meter las charolas teniendo una pérdida de calor mayor de 10 °C, por lo que se cuida que el tiempo no sea mayor a 5 minutos.

El secado se llevó a cabo en un tiempo aproximado de 4h durante ese tiempo se debe realizar la rotación de los charolas cada 20 minutos ya que es secado por convección, el calor tiende a estar en la parte superior donde hay mayor temperatura. Aunque este equipo en la parte inferior también tiene un excelente calentamiento. El teflón también sirve como charola. En la Figura 2.14 se aprecia el secado de nopales en el interior de la estufa.



Figura 2. 15 Rotación de charolas.

En la figura 2.14 se puede apreciar el tono que toman los nopales y el color homogéneo de los dulces durante el secado.

2.7.4 Temperatura durante el proceso de secado

El secado se realiza a una temperatura de 50 °C durante la operación de deshidratar los dulces de nopal una vez empanizados.

Se determinó un tiempo aproximado de veinte minutos para rotar las charolas ya que si se deja más de ese tiempo la materia prima que se encuentra en las charolas de la parte de arriba tiene mayor pérdida de humedad y comienza a observarse un color más oscuro por lo que el material no se seca homogéneamente.

2.8 Empaque

El empaque se realiza a temperatura ambiente una vez que el producto este terminado y con una humedad del 14% y teniendo un aspecto entre rojo y cafe.



Se empacaron en bolsas con un contenido neto de 20g, cerrando de manera que no quede espacio de aire con una selladora, con la bolsa que es de un material de poliéster nylon calibre 300.

En general las características del material de empaque deben responder al nivel de estabilidad esperado del producto empacado.

Un producto sometido a deshidratación osmótica, como único sistema de esterilización y ha alcanzado un nivel de humedad inferior al 30%, se puede conservar a temperatura y humedad relativas medias.

2.9 Almacenamiento

El almacenamiento de los paquetes se realizó a temperatura ambiente en cajas de cartón con contenido de 200 piezas con un peso neto total 4kg, para el transporte del producto. El dulce de nopal tiene una vida de anaquel de 2 años, siempre y cuando se mantenga la integridad de su embase, en exhibición debe mantenerse a una temperatura de 25-30 °C.

ACTIVIDADES PARA EL OBJETIVO PARTICULAR 1

Este objetivo consistió en preparar tres soluciones osmóticas a diferentes concentraciones a 50, 60 y 70 % y seleccionar una de ellas en función de las características del producto. Se llevó el tratamiento de deshidratación osmótica para nopal fresco en eventos independientes. El propósito fue conocer las mejores condiciones de proceso; tiempo con respecto a la ganancia de sólidos y pérdida de humedad del nopal. Para la solución osmótica se evaluaron: pH, °BRIX, turbidez y color a través del tiempo.

2.10 Corte, Limpieza y troceado de nopal para deshidratación osmótica

Para la elaboración del dulce de nopal se utilizaron 2 kg de nopal fresco, pelado y desespinado, Se siguió la metodología antes descrita, corte, limpieza y troceado.



2.11 Preparación de la solución osmótica a diferentes concentraciones

La solución osmótica se preparó directamente en la marmita en base a la formulación inicial de las actividades preliminares como se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2. 1 Formulaciones en estudio para preparación de soluciones.

Ingredientes	Formulación 70% sólidos	Formulación 60% sólidos	Formulación 50% sólidos
Agua	30%	40%	50%
Azúcar	60%	51%	42%
Acido cítrico	2%	2%	1.8%
Sal	2%	2%	1.8%
Chile	6%	5%	3.6%

Se elaboró con las mismas condiciones de proceso del diagrama de bloques y descritas en la metodología del 2.5.

Una vez troceado el nopal fresco se vació a la marmita iniciando así la deshidratación osmótica. La misma cantidad para las diferentes concentraciones. Se mezcló constantemente con un mezclador de paleta porque con ayuda del movimiento mecánico es más rápida la difusión de sólidos y pérdida de humedad.

En la Figura 2.15.a. Se muestra como se realizó la preparación de la solución osmótica con azúcar que el primer ingrediente que se agrega, por medio de fuerza mecánica e incremento de temperatura se realiza la homogenización. En la Figura 2.15 b se aprecia la adición de nopales fresco.

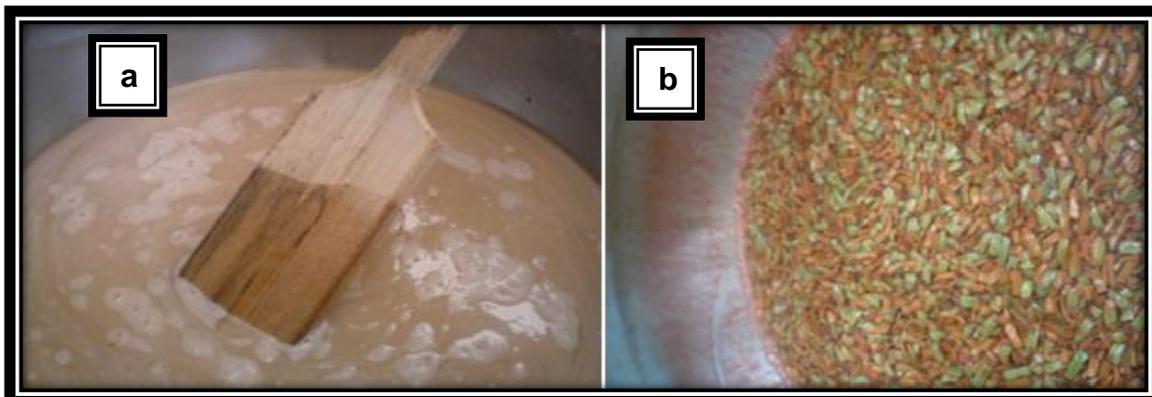


Figura 2. 16 a) Preparación de solución osmótica, b) adición de nopal

Se realizaron tres repeticiones de cada concentración obteniendo una serie de unidades experimentales para someterlas a estudio.

2.12 División en recipientes de las soluciones y unidades experimentales

Se prepararon las tres soluciones osmóticas a concentraciones de 50, 60 y 70 % y se adicionaron los nopales en eventos independientes dejando 2 horas de tratamiento con las condiciones antes mencionadas.

Se mezcló toda la muestra y se tomaron 10 mL cada 20 minutos para realizar las evaluaciones de ° Brix, pH, turbidez y color. Las muestras se dividieron y se depositaron en recipientes de plástico como se muestra en la Figura 2.16.

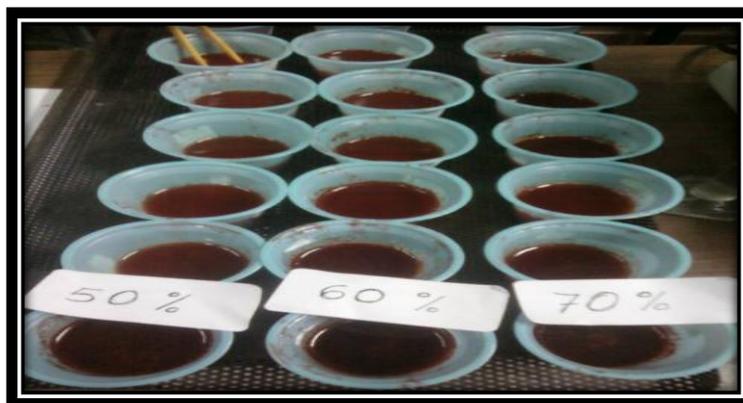


Figura 2. 17 Soluciones osmóticas preparadas a diferentes.



De cada unidad experimental se tomaron 20 mL para realizar el estudio con las técnicas utilizando en diferentes equipos como se aprecia en la tabla. 2.2

Tabla 2. 2 Técnicas y equipos.

Concentraciones	Lectura de ° BRIX	Lectura de pH	Turbidez	Color
50, 60 y 70 °C	Refractómetro Marca SPECTRONIC 5N 345 A17 6002 CAT 334610 Modelo ABBE 3 – L.	Potenciómetro Marca HANNA instruments Modelo HI98103.	Turbidímetro Marca HANNA Instruments, Modelo LP 2000,	Colorímetro Marca Minolta Modelo CR300

Los equipos que se utilizaron son previamente calibrados, la técnica utilizada se detalla en los siguientes puntos.

2.12.1 Determinación de ° BRIX durante la deshidratación osmótica

- 🌿 Se calibró el Refractómetro que se muestra en la Figura 2.18 a con agua tri-destilada de laboratorio con ayuda de una piceta.
- 🌿 Una vez estando sombreado la mitad de la escala se prendió el foco del refractómetro y observó que la aguja de encontrará en posición correcta. En la figura 2.18 b se pueden apreciar las unidades experimentales.
- 🌿 Ya calibrado el equipo se colocó 1mL de muestra previamente mezclada y se tomó la lectura de °BRIX. Este procedimiento se efectuó por triplicado.
- 🌿 Posteriormente, antes de una nueva lectura se limpió con agua destilada para la toma de una nueva lectura.

Cada uno de los parámetros evaluados se describe para conocer los procedimientos realizados.



Figura 2. 18 a) 2.18 a refractómetro; 2.18 b) refractómetro con diferentes muestras.

Se determinaron los grados Brix para conocer las diferentes concentraciones en la solución osmótica. Con los datos de grados Brix se elaboró una gráfica con respecto al tiempo de deshidratación.

2.12.2 Determinación de pH

Se determinó el pH de las soluciones osmóticas a las mismas unidades experimentales que se tomaron cada 20 minutos, utilizando el potenciómetro Marca HANNA instruments Modelo HI98103 que se aprecia en la Figura 2.19.

- 🌿 Previamente el instrumento se calibró con soluciones búfer preparadas a pH-7 Y Ph-4.
- 🌿 Después se tomó la lectura a agua embotellada como solución testigo para corroborar que se calibró de manera adecuada teniendo un pH de 7.
- 🌿 Posteriormente se dio lectura a la primera muestra, una vez capturado el dato regresar a el agua embotellada, y así sucesivamente.



Figura 2. 19 Determinación de pH

En la figura 2.19 se observa de qué manera se determinó el pH de cada una de las soluciones. El procedimiento antes descrito se realizó para cada concentración 50, 60 y 70 %. Las determinaciones se hicieron por triplicado, se obtuvo el promedio y la desviación estándar. Esta prueba aporta predicción en cuanto al desarrollo de bacterias ya que estamos hablando de un alimento ácido las bacterias que podrían estar involucradas son: mohos, levaduras y esporulados que se realizara el estudio en las actividades del objetivo particular 5.

2.12.3 Determinación de turbidez en soluciones osmóticas

La medición de la turbidez se llevó a cabo con un turbidímetro marca Hanna.

Este equipo sólo tiene la capacidad de medir hasta 70 NTU (Unidad Nefelométrica de turbidez), por esa razón las muestras de solución osmótica fueron diluidas con una relación 1:10 con ayuda de una pipeta volumétrica; dicha muestra se colocó dentro de un matraz de bola de 50 mL y se aforó con agua embotellada.

Posteriormente, se procedió a encender el turbidímetro el cual se calibró con agua embotellada antes de comenzar las pruebas con las muestras a evaluar, la celda



de cuarzo se tomó con tela de seda y con la ayuda de una piceta se llenó de agua destilada de acuerdo a la Figura 2.20.a para lavarla.

En seguida, se introdujo en el Turbidímetro y se tomó la lectura.

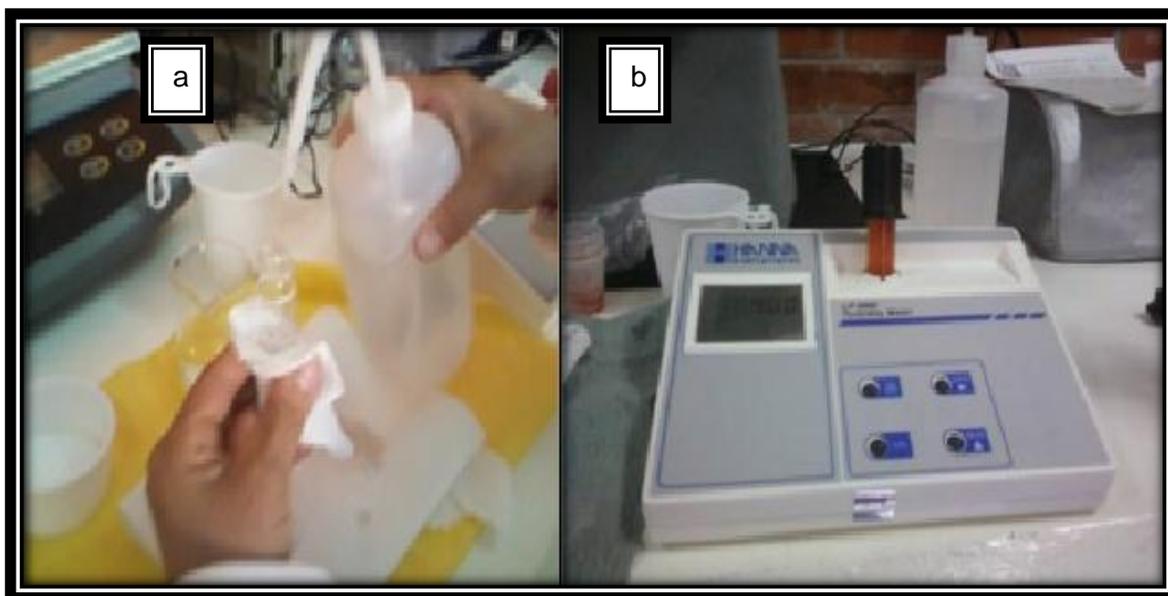


Figura 2. 20 a) limpieza y calibrado; b) lectura de turbidez.

Al finalizar cada una de las pruebas, con ayuda de una piceta se enjuagó la celda con agua embotellada para su limpieza y se repite el procedimiento.

Es necesario volver a leer con agua para verificar que la celda de cuarzo este perfectamente limpia y obtener resultados correctos. Si no es así el procedimiento se repite hasta que la celda este completamente limpia.

2.12.4 Determinación de color en solución osmótica

La determinación del nivel de color de la solución osmótica con respecto al tiempo que transcurre en la deshidratación osmótica es uno de los factores importantes, ya que es un método indirecto de relacionar la concentración

Para la determinación del índice de color se midió la solución osmótica con un colorímetro Minolta de acuerdo a la figura 2.21.

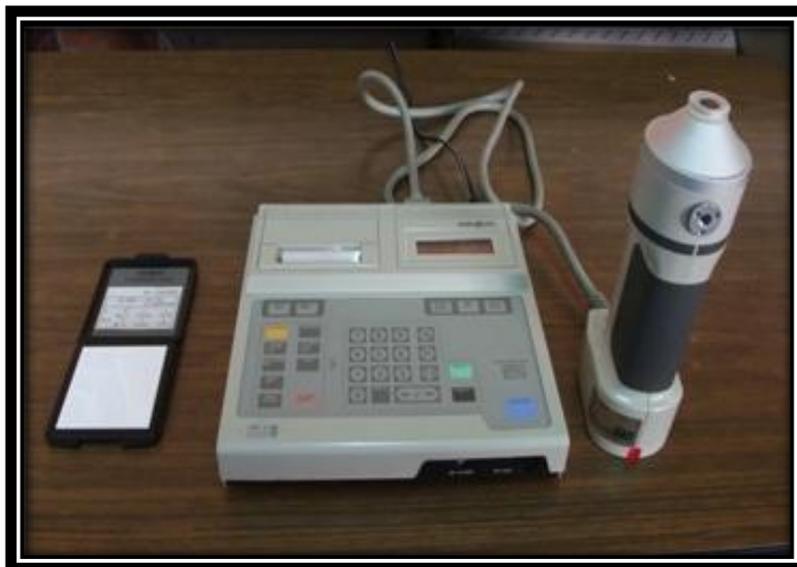


Figura 2. 21 Colorímetro Minolta Modelo CR300.

Se obtiene coordenadas de color en el croma del CIE (Comission International de l'Eclairage) L^* a^* b^* . Donde:

- 🌿 L^* representa la diferencia entre la luminosidad ($L^*=100$) y la oscuridad ($L^*=0$).
- 🌿 a^* representa la diferencia entre verde (-100) y rojo (+100).
- 🌿 b^* representa la diferencia entre azul (-100) y amarillo (+100).

Utilizando un ángulo de observador de 2° y un iluminante C. Por último se evaluó el color con el cálculo del ángulo de tono ($^\circ$ Hue) calculado a partir de a^* y b^* con la ecuación:

$$\text{Ángulo de Hue} = \text{arc tan } b^*/a^*.$$

Se utilizan las muestras que se extrajeron de la deshidratación osmótica a las tres diferentes concentraciones 50, 60 y 70%, con sus 3 respectivas repeticiones.



ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 2

Someter ha secado por convección los nopales deshidratados osmóticamente en una estufa a 50 °C, obteniendo las cinéticas de secado para reducir la humedad al 14%, seleccionando el tiempo de deshidratación para las tres concentraciones.

2.13 Determinación de humedad por termobalanza de nopal deshidratado osmóticamente.

Para tener contemplar tiempos y fijar parámetros es importante determinar la humedad inicial del nopal deshidratado osmóticamente para realizar un análisis adecuado por lo que se utilizó la termobalanza Marca Sartorius, Modelo MA-35 .



Figura 2. 22 Termobalanza digital.

De esta manera se realizó la determinación de humedad después del tratamiento de deshidratación osmótica someter a secado por convección se hizo por triplicado para las tres diferentes concentraciones.

Se requiere de seguir la siguiente metodología para construir la curva de humedad con respecto del tiempo.

2.14 Secado para las tres diferentes concentraciones

El secado se realizó de tal manera que las muestras con tres diferentes concentraciones se colocaran en la estufa con la misma cantidad inicial en gramos, para así comprobar el efecto del tratamiento de deshidratación osmótica con respecto al secado.

Una vez saliendo de la deshidratación osmótica y drenó la solución, se pesó en una balanza digital para obtener el peso total y dividirlo en las charolas que tienen



dimensiones de 15cm x 30cm y un espesor de 5mm y con un peso aproximado de entre 350-400g. Para estas charolas se utilizaron 300g de material (50, 60 y 70%). Conociendo el número de charolas a utilizar por medio de cálculos en cada charola se colocó un pliego de papel teflón dimensionado cubriendo la parte de la rejilla.

El teflón es un buen conductor de calor para alimentos y también evita el contacto de la rejilla con el nopal, esto evita que el material se adhiera.

Colocadas las charolas, conociendo su peso inicial de la muestra se colocaron dentro de la estufa con una temperatura inicial de 50 °C.

Dentro las charolas se tomó el peso de de cada una por 20 minutos durante las 4 horas de proceso que se consideraron en las actividades preliminares. Cabe mencionar siempre que se abría la puerta se elevaba la temperatura hasta 70 °C para recuperar la perdida solo por 5 minutos.

Durante el tiempo de secado se realizó la rotación de las charolas, la estufa cuenta con cuatro secciones y en cada una de ellas se colocaron 3 charolas, por lo que la temperatura más elevada está en la parte superior debido a que coexisten tres paredes fijas esto genera el incremento de la temperatura a diferencia de las otras dos secciones. Los datos generales para realizar el secado se muestran en la tabla 2.3

Tabla 2. 3 Características iniciales del material.

Concentración	Masa inicial	Temperatura de proceso	Tiempo
50, 60 y 70 %	300g por charola	50-70 °C	-----

En la tabla 2.3 muestra los pesos iniciales para cada muestra la temperatura de secado, que es de 50 °C, pero debido a la perdida de calor cada vez que se abre la puerta se aumenta a 70 °C por 5 minutos como se explicó anteriormente.



En la tabla 2.4 se muestra la tabulación de datos para realizar las curvas y posteriormente el análisis de este.

Tabla 2. 4 Datos para realizar curva de secado.

Tiempo (min)	Masa en kilogramos	Humedad 50% de []	Humedad 60% de []	Humedad 70% de []
0	300g	-----	-----	-----
20	-----	-----	-----	-----
40	-----	-----	-----	-----
60	-----	-----	-----	-----
80.....n	-----	-----	-----	-----

La humedad inicial se obtiene por termobalanza como se explicó en el 2.17 los de más valores fueron calculados por balance de materia esto se realizó para pronosticar el valor de la humedad requerida para cumplir con las expectativas de 14%.

Realizando gráficos para análisis construyendo curvas **tiempo** (minutos) vs **MBS** (g), donde MBS es masa en base seca obtenida por balance y gráfico de tiempo (minutos) vs humedad (%) de esta manera se realizó el análisis de la cinética de secado.

Adicionalmente se fue tomando el color que fue adquiriendo los dulces de nopal a través del tiempo para las tres concentraciones utilizadas 50, 60 y 70%, de acuerdo al procedimiento anteriormente descrito en el punto 2.12. 4.

Para esto se utilizó una charola de producto diferente a la que se utilizó para pesar, ya que de ahí se tomaba muestra para la determinación de la coordenada *a y obtener la tonalidad en rojo diferente que tomó el dulce de nopal durante su deshidratado osmótico y secado en estufa.



ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 3

Obtener las micrografías de nopal fresco, deshidratado osmóticamente y secado por convección, mediante microscopia electrónica de barrido al alto vacío, evidenciando los cambios morfológicos ocurridos a la golosina enchilada.

2.15 Morfología de los nopales frescos, deshidratados osmóticamente y deshidratados por estufa por Microscopia electrónica de barrido al alto vacío

Para esto las muestras se colocaron en un porta muestra de bronce adheridas con cinta de carbón electro conductiva, con el fin de que la emisión de electrones fuese continua dentro del microscopio.

Después se introdujeron en el microscopio electrónico de barrido a alto vacío (JEOL, modelo JSU-5600 AV).

Previamente los porta muestras de bronce se limpiaron para retirar impurezas (ver fig. 2.23. a). Las muestras se colocaron en un porta muestra de bronce adheridas 2.23 b con cinta de carbón electro conductiva, con el fin de que la emisión de electrones fuera continua dentro del microscopio (Arenas, 1999).

A las muestras se les dio, un baño de oro para su deshidratación de acuerdo a la figura 2.23.c, Las muestras ya con baño de oro, se montaron en una porta muestras de aluminio para cuatro unidades como el de la figura 2.23. d.

Se ajustaron e introdujeron los porta muestras en el soporte del microscopio como se ve en la figura 2.23. e. y finalmente fueron observadas a diferentes aumentos en una computadora (Ver figura 2.23. f).

Este mismo procedimiento se realizó para la el nopal fresco, para el nopal deshidratado osmóticamente y para el nopal deshidratado en estufa.

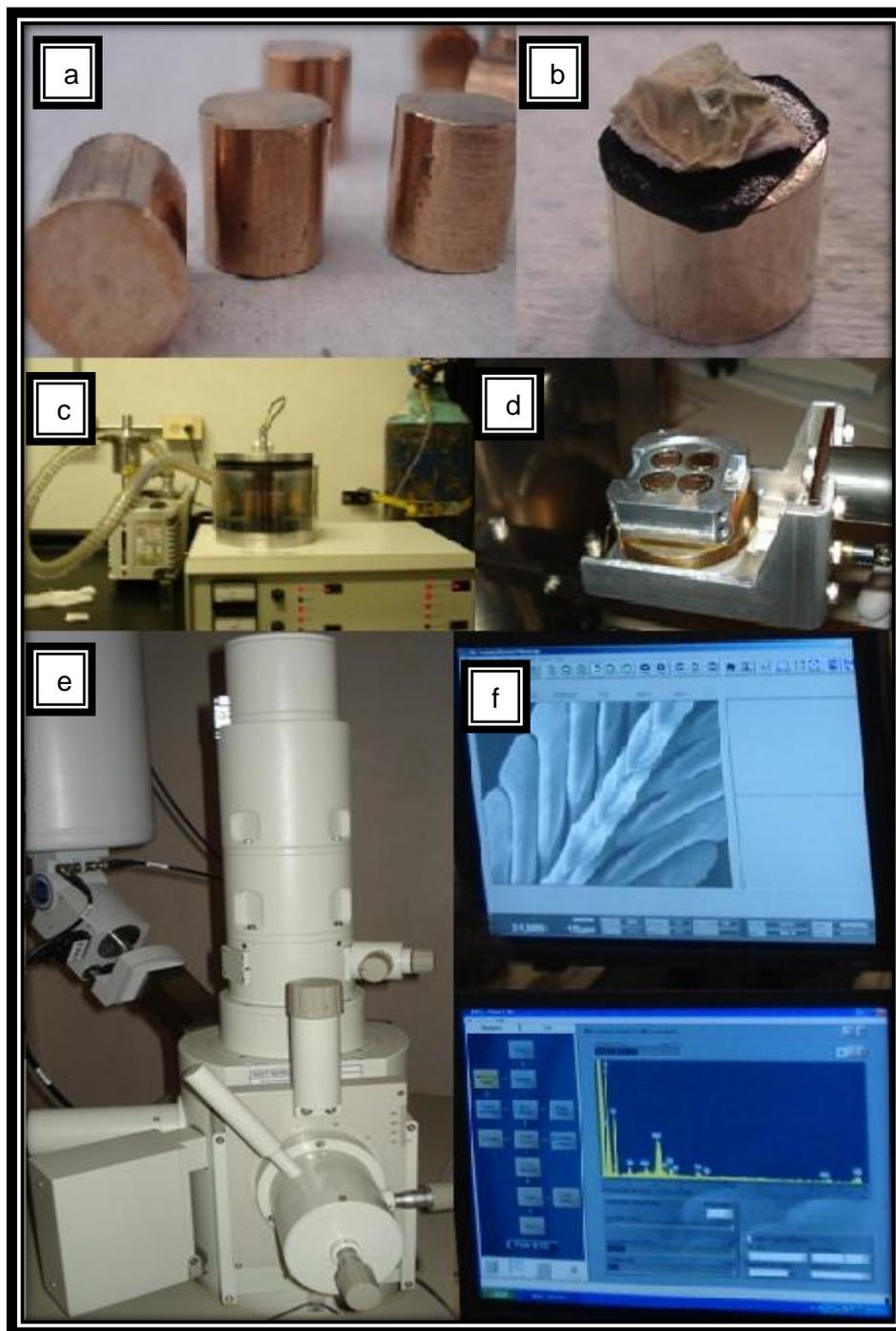


Figura 2. 23 Montaje para observar la morfología del dulce de nopal; 2.23 a) Porta-muestras de bronce; 2.23 b) Porta-muestras con muestra pegada; 2.23 c) Baño de oro a las muestras; 2.23 d) Porta-muestras en el carro en el interior del microscopio; 2.23 e) microscopio electrónico; 2.23 f) captura de las micrografías en la computadora.



ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 4

2.16 Determinación de análisis químico proximal del dulce de nopal enchilado con las técnicas de A.O.A.C.

Para el dulce de nopal tipo pulpa y tipo skwinkle seleccionado con las mejores características. Y por espectrofotometría de absorción atómica para determinar el valor nutrimental y su contenido de calcio.

En la tabla 2.5 se muestran las técnicas para cada propiedad química.

Tabla 2. 5 Técnicas de Propiedades químicas.

Propiedades Químicas	Método (A.O.A.C.)
Humedad	Método de estufa A.O.A.C. 925.10 2000
Cenizas	Método de cenizas A.O.A.C. No.923.03 2000)
Proteína	Método de Kjeldahl A.O.A.C No.920.87:2000
Grasa	Método de Soxhlet, A.O.A.C. No920.85: 2000
Fibra	Método Fibra cruda, A.O.A.C., No 920.86:2000
CHOS	Se calculó por diferencia
Calcio	Espectrofotómetro de absorción atómica

2.16.1 Determinación de humedad (Método de estufa A.O.A.C. 925.10 2000).

El objetivo de la determinación de humedad sirve para establecer la estabilidad, el contenido de sólidos totales, el tiempo de almacenamiento, la frescura del alimento y su susceptibilidad a los microorganismos.

 **Materiales y métodos**

- Muestra de dulce de nopal
- Caja para humedad
- Estufa Marca BG, modelo E102
- Balanza granataría digital Marca Ohaus, modelo VOB 120



El procedimiento seguido fue:

Se colocó la caja en la estufa de 100-110 grados centígrados durante una hora para peso constante.

Se pesaron 5 gramos de muestra de dulce de nopal triturado, hasta con tres cifras decimales de exactitud sin considerar el peso de la caja.

Se Colocó la muestra ya pesada en la estufa a una temperatura de 100-110 grados centígrados por tres horas.

Se Colocó la muestra en el desecador por 15 minutos, posteriormente se pesó en la balanza analítica.

Para la determinación se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(w \text{ recipiente} + w \text{ muestra}) - (w \text{ recipiente} + w \text{ muestra}) \times 100}{w \text{ muestra}}$$

2.16.2 Determinación de cenizas (Método de cenizas A.O.A.C. No.923.03 2000)

Cuantificar por medio de calcinación el contenido de minerales y de algunos adulterantes del alimento.

Materiales y métodos

Mufla Marca FELISA. Mod. FE-360

Crisoles de porcelana de 8 cm de diámetro y de 5 cm de profundidad.

Desecadores con silica gel fresca como desecante

Balanza granataría digital Marca Ohaus, modelo VOB 120

El procedimiento seguido fue:

Se colocó en la estufa a 100 °C, durante 30 minutos los crisoles para ponerlos a peso constante

Después se sacaron los crisoles y enfriarlos en el desecador durante 30 minutos, una vez enfriados a temperatura ambiente, pesar el crisol hasta el mg más próximo. Se pesaron 2.5g de muestra con exactitud, hasta el mg más próximo.



Se colocaron los crisoles sobre la placa de calentamiento y calentar hasta que el dulce de nopal se encuentre completamente carbonizado.

Después se colocaron los crisoles dentro de la mufla e incinerar durante 4h a una temperatura de 550 grados centígrados.

Se colocaron los crisoles en el desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente durante 1h.

Una vez estando frío se pesa cada crisol con la muestra hasta el mg más próximo. Por último se calculó la diferencia de crisol y el contenido de cenizas con la siguiente ecuación.

 Ecuaciones:

$$\% \text{cenizas} = \frac{\text{Peso de la muestra calcinada * (g)}}{\text{Peso de la muestra inicial (g)}} \times 100$$

$$\% \text{cenizas} = \frac{(A-B) \times 100}{M}$$

$$\% \text{MO} = 100 - \% \text{ cenizas}$$

Donde:

A = peso del crisol + cenizas (g)

B = peso del crisol vacío a peso constante (g)

M = peso de la muestra inicial, g (w crisol + muestra- w del crisol a w constante)

Nota: se convirtió el % de cenizas en base a MS.



2.16.3 Determinación de proteína (Método de Kjeldahl A.O.A.C No.920.87:2000).

El método de Kjeldahl se basa en la hidrólisis ácida de la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio en presencia de un catalizador sulfato de cobre. El nitrógeno se reduce en la sal sulfato de amonio, de la cual se libera con hidróxido de amonio en la forma de amoniaco y se destila. El destilado se valora con una solución patrón de ácido clorhídrico o sulfúrico.

1. Digestión:

Se Pesaron 0.2 g de la muestra y 0.8g de la mezcla digestora en un matraz Kjeldahl, se adicionó lentamente y dentro de una campana de extracción, 4mL de ácido sulfúrico concentrado, haciéndolo resbalar por el cuello del matraz. Enseguida se encendió el extractor Kjeldahl y se colocó el matraz sobre una de las parrillas, de manera que la boca del matraz quede dentro de uno de los orificios del extractor de vapores.

Se mantuvo un calentamiento suave, durante el tiempo que fue necesario hasta que la solución contenida en el matraz se aclaró, transcurrido el periodo, se apagó la parrilla y dejó que el matraz se enfriara..

Se encendió el aparato de destilación micro Kjeldahl a 80 °C.

2. Neutralización:

Cuando el matraz se enfrió completamente, se adicionó gota por gota 12mL de NAOH al 45% y 10 mL de agua destilada.

3. Destilación:

Una vez alcanzada la temperatura del destilador, se enjuagó con agua destilada y enseguida se agregó la muestra antes mencionada, en la alargadera final que



tiene el refrigerante. Se introdujo un matraz de 50mL que contiene una mezcla de ácido bórico al 4% y tres gotas de indicador rojo de metilo.

Después, se Abrió la llave de entrada de agua la refrigerante y verificó que estuviera circulando adecuadamente. La destilación realizó hasta que el matraz tuviera una cantidad de 40mL de mezcla ya destilada. Una vez que se logró esto, se removió el matraz receptor.

Por último se realizó la titulación de la muestra de nopal utilizada para su determinación

4. Titulación:

Se valoró el destilado con una solución de HCL 0.1 N. Se Determinó el contenido de proteína de la muestra siguiendo la siguiente ecuación.

 Ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{0.625 (\text{Factor de N}) * 0.014 * 0.1 (\text{N del ácido}) * \text{mL de HCL gastados}}{\text{g Muestra}} \times 100$$

2.16.4 Determinación de extracto etéreo. (Método de Soxhlet, A.O.A.C. No920.85: 2000).

El método de determinación de grasa es aplicable a elementos en general.

Materiales y métodos

Aparato de extracción continúa tipo Soxhlet con matraz de extracción de 150mL.
Estufa marca Quincy Lab. Inc.
Placas de calentamiento eléctricas marca Corning Stirrer/hot plate.
Balanza granataría digital Marca Ohaus, modelo VOB 120.
Cartucho de extracción.
Éter de petróleo



El procedimiento seguido fue:

Se molieron los dulces de nopal secos.

Se colocaron los matraces de bola de fondo plano a peso constante.

Se transfirió el polvo de nopal desecado a un cartucho de extracción.

Después se colocó el cartucho en el extractor y conectó el matraz de fondo plano a peso constante, conteniendo 300mL de éter de petróleo.

Se conectó el extracto a un condensador de flujo.

Luego extraer la muestra bajo reflujo, en un baño de agua fría durante 4 horas.

Se evaporó el éter de petróleo y añadieron 2 mL de acetona, se inyectó en el matraz un chorro suave de aire para eliminar las últimas trazas de solvente.

Se desecó en el matraz que contiene en el residuo de grasa, en la estufa de a 100 °C por cinco minutos.

Se enfriar en el desecador por una hora y pesar.

Los cálculos se realizaron con la siguiente ecuación

$$\text{Porcentaje de grasa} = \frac{[(W_2 - W_1)100]}{W_{\text{polvo}}}$$

2.16.5 Determinación de fibra cruda (Método Fibra cruda, A.O.A.C., No 920.86:2000).

El método de determinación de fibra cruda es aplicable a métodos en general. Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.



Materiales y métodos

Aparato de calentamiento a reflujo.

Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg.

Crisoles de porcelana.

Desecador con deshidratante adecuado (Silica gel con indicador u otro).

Dispositivo de succión al vacío.

Embudo Büchner de polipropileno de 1L.

Estufa a 103 ± 2 °C.

Tamiz de malla 1 mm.

Placa calefactora capaz de llevar 200 ml de agua a 25 °C, hasta ebullición en 15 + 2 min.

Matraz Erlenmeyer de 1 litro.

Solución de ácido sulfúrico 0.255 N (1.25 g de H₂SO₄ / 100 mL).

Solución de hidróxido de sodio 0.313 N (1,25 g de NaOH / 100 de agua libre de Na₂CO₃).

 El procedimiento seguido fue:

Se preparó una solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) = 0.255 N (1.25 %). Se colocó un poco de agua en un matraz volumétrico de 1000 mL, al cual se le adicionaron 7.1 mL de H₂SO₄ concentrado.

Una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.313 N (1.25 %) se disolvieron en 12.5 g de alcohol etílico (CH₃CH₂OH) R.A.

El procedimiento seguido fue: Se pesaron 2 g de muestra seca.

Se colocaron 200 mL de la solución de ácido sulfúrico 1.25 % en el vaso de precipitado hasta que alcanzará el punto de ebullición en el digestor de fibra, en seguida se añadió la muestra y unas perlas de vidrio.

Se calentó el vaso en el digestor, cuando la muestra se quedaba pegada a las paredes se bajó con la ayuda de un gendarme, regulando con el control de temperatura para que la ebullición no fuera agresiva.

Se dejó hervir por 30 minutos, se sacó el vaso del digestor para filtrar el contenido en el papel filtro antes empleado y se lavó con 25 mL de la solución de H₂SO₄ 1.25%, por último se lavó con 25 mL de alcohol etílico y se dejó secar por 2 horas a 130 °C. Se enfrió en el desecador y se pesó.



Para reportar en base a materia orgánica se colocó el papel filtro con el residuo en un crisol de porcelana y se calcinó a 550 °C por 3 horas después se enfrió y por último se peso.

Ecuaciones:

$$\% F. C. = \frac{(A - B)x(100)}{M} X100$$

$$\% F. C_o = \frac{(A - C)x(100)}{M} X10$$

Donde:

FC = Fibra cruda en base a materia seca

FC_{MO} = Fibra cruda en base a materia orgánica

A = Peso del crisol+ muestra seca (g)

B = Peso del crisol + muestra seca después de las digestiones (g)

C = Peso del crisol + muestra calcinada (g)

M = peso de la muestra inicial, g (w crisol + muestra seca- w del crisol a w constante)

Nota: Es necesario verificar con que humedad se está trabajando para poder reportar en base a materia seca.

2.16.6 Determinación de carbohidratos

La determinación de carbohidratos se realizó por diferencia de acuerdo a las otras determinaciones con la relación.

$$(100-(\% \text{Humedad}-\% \text{ Cenizas}-\% \text{ Proteína}-\% \text{ F. Cruda}-\% \text{ Grasa}))=\text{CHOS}$$



2.16.7 Determinación de calcio (Técnica AOAC Espectrofotómetro de absorción atómica).

La determinación de calcio endógeno fue importante para conocer la concentración de calcio en el nopal, debido a que se está tiene una alta concentración del mineral.

Esta técnica espectroscópica destruye la muestra, y se determinó cuantitativamente el elemento presente. Se realizó el análisis elemental de la mayoría de los elementos de la tabla periódica, en muestras o extractos líquidos.

Para determinar el analito en la muestra fue necesario proporcionarle energía a los átomos y subir el nivel a los electrones, lo que se llevó a cabo en el equipo, utilizando una lámpara de cátodo hueco que debe ser del analito que se analizó, en este caso fue calcio.

En este nivel, los electrones están en un estado excitado con muy poca estabilidad, tratando de regresar a su nivel original. Los electrones en un átomo en estado basal absorben un cuanto de energía, es decir, tienen una transición de un nivel de baja energía, a uno de alta energía; cuando el electrón regresa al estado base hay emisión de luz.

Se genera una serie de líneas a longitudes de onda bien determinadas a la cual se le conoce como espectro, que es detectado por un espectrofotómetro y que es específica para cada uno de los elementos. La absorción de energía y la concentración del analito están cuantitativamente relacionadas con la ley de Lambert-Beer (Skoog *et al.*, 1995; Amezcuita, 2003).

 El procedimiento seguido fue:

Se lavó el material de vidrio y del digestor con Detergente Hy clean. Se enjuagó con agua corriente y se dejó en agua acidulada preparada al 10 % con ácido clorhídrico grado de pureza (66%) durante 3 horas.



Posteriormente, se enjuagó con agua destilada y se dejó secar. Se determinó la concentración de calcio en cada una de las muestras a evaluar (nopal deshidratado, fracción insoluble y mucílago), mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz (Analyst 300, Perkin Elmer, USA) equipado con una lámpara de deuterio de cátodo hueco con corrector de fondo. Las determinaciones se realizaron por triplicado para todas las unidades experimentales de acuerdo a la metodología de la AOAC, (2000).

Se pesaron en un balanza analítica Marca Ohaus, 0.25 g de cada muestra previamente molida (ver fig 2.23 a) en los vasos de teflón (CEM, modelo, PFA-LV), agregando 10 mL de ácido nítrico dentro de una campana de extracción. Hasta que la muestra dejó de hacer burbujas y fue transparente. Se taparon y se sellaron herméticamente. A fin de continuar con la digestión. Posteriormente, se colocaron los vasos de teflón dentro del carrusel y se introdujeron al horno de microondas (CEM, modelo MDS 81D) (ver fig.2.23 b). el cual se programó a tres rampas de calentamiento: la primera, de temperatura ambiente hasta 130 °C en 4:30 minutos, la segunda de 130 °C, hasta 150 °C en 4.0 minutos y la última de 150 a 175 °C en 4.0 minutos, manteniendo una isoterma a la temperatura constante durante 15 minutos (Rodríguez et al., 2007). Por último, las muestras se dejaron enfriar, se filtraron y se les adicionó 1mL de óxido de lantano, se aforaron a 100 mL con agua tridestilada como muestra la figura 2.23 c. También se preparó la curva con el estándar de calcio para calibrar y se colocó la lámpara de cátodo hueco para leer Ca en el equipo, la lectura se realizó con las muestras previamente diluidas, y se colocaron en un vaso de precipitado para introducir al nebulizador.

Las muestras se leyeron en un equipo de espectroscopia de absorción atómica de flama utilizando como gases aire–acetileno para producir la flama, se eligió una longitud de onda de 422.7 nm característica del calcio.

El porcentaje de absorción registrado por el detector fue una medida de la concentración del elemento de la muestra.



Cada determinación se realizó por triplicado.

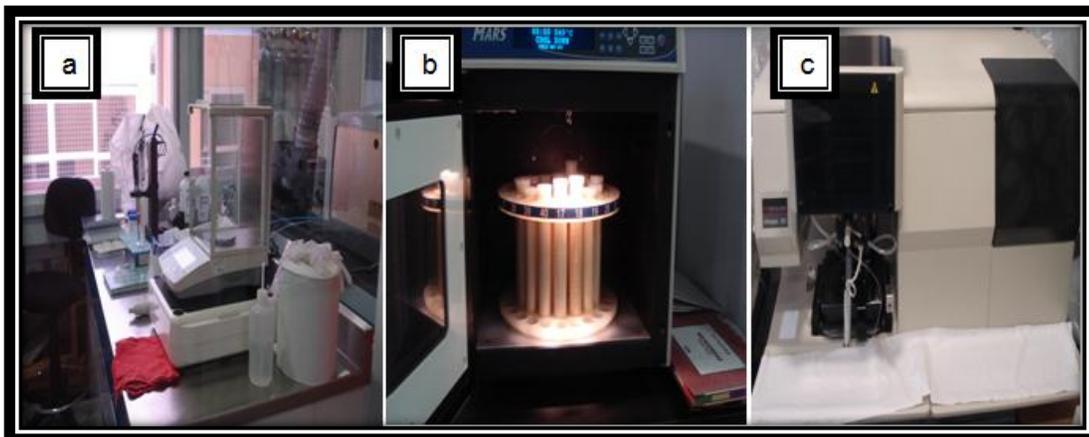


Figura 2. 24 Montaje para determinación de calcio por espectroscopia de absorción atómica, 2.24 a) Balanza analítica; 2.24 b) carrusel con muestras en el digestor; 2.24.c) Espectrofotómetro de absorción atómica.

ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 5

El análisis microbiológico al dulce con pulpa de nopal y a la golosina tipo skwinkle de nopal deshidratado osmóticamente y secado. Fueron evaluados mediante la metodología descrita en la norma oficial mexicana.

3.17 Metodología para el análisis microbiológico

Se utilizó el procedimiento descrito en las normas:

- 🌿 NOM-110-SSA1-1994 refiere a la preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- 🌿 NOM-111-SSA1-1994 el método para la cuenta de mohos y levaduras en los alimentos.
- 🌿 NOM-112-SSA1-1994 Determinación de bacterias Coliformes. Técnica del número más probable
- 🌿 NOM-113-SSA1-1994 Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa



2.17.1 Preparación y dilución del homogenizado del alimento

El proceso de homogenización del material consistió en la trituración con la ayuda de un aparato eléctrico y mezcla provista de cuchillas cortantes llamado homogeneizador como se muestra en la figura 2.25.



Figura 2. 25 Homogeneizador stomacher para materia seca.

Utilizando este homogeneizador Stomacher el procedimiento fue el siguiente, la muestra del dulce de nopal y el agua (agua destilada con 0.1%peptona) se colocan en una bolsa de plástico estéril (Ver figura 2.26), tras ser convenientemente colocada, es golpeada vigorosamente contra la puerta del aparato por dos paletas situadas en la parte interior del mismo.



Figura 2. 26 funcionamiento interno.

Los fragmentos de alimentos sólidos son eficazmente disgregados ya que las paletas no solo ejercen presión sino también cortan la muestra, una vez que se



tiene la muestra de análisis la bolsa con el resto del contenido se desechan para evitar contaminación. De esta manera se minimiza el riesgo de lesionar las células microbianas por lo que se utiliza un tiempo de 50 segundos. A una velocidad de 200 r.p.m. con capacidad de 400mL.

Este equipo es utilizado para obtener la muestra de los estudios de conteo de microorganismos con las diferentes pruebas. Tanto el diluyente como los recipientes se esterilizaron, se empieza a trabajar de inmediato salga la muestra no se puede almacenar.

2.17.2. Determinación de bacterias Mesofílicas NOM-092-SSA1-1994

El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores.

Material y equipo

Muestra de nopal

Balanza analítica Marca OHAUS serie 700

Tubos de ensayo

Solución salina al 0.9%

Autoclave Marca Felisia

Cajas petri

Mecheros de Buster

Agar de soya tripticaseina

Estufa marca Quincy Lab. Inc.

Agua destilada

Contador de colonias Quebec



Procedimiento para preparación de diluciones

Como inicio para la determinación se pesó 1 gramo de muestra de dulce de nopal (obtenida del Homogeneizador stomacher), después de haber pesado la muestra se introduce en un tubo de ensayo, que contiene 9 mililitros de solución salina 0.9%, previamente esterilizada en la autoclave, a 121° C durante 15 minutos, y se prepararon diluciones a partir de la suspensión, de la siguiente manera:

1mL de suspensión se transfirió de manera estéril a un tubo, que contiene 9 mL de solución salina, agitar y de este se transfiere a otro tubo que contiene 9mL de solución salina estéril, y así sucesivamente hasta alcanzar la dilución deseada.

Las diluciones obtenidas fueron de 1gramo de muestra / 10 mL de suspensión, (1×10^{-3} g/mL).

Medio de cultivo

El método de cultivo usado para la determinación de bacterias Mesofílicas aerobias fue Agar de soya tripticaseina : el cual se prepara disolviendo 24 gramos de medio sólido en un litro de agua destilada, se esterilizaron a 121° C por 15 minutos.

Determinación de bacterias (UFC).

La siembra de cada muestra se efectuó usando seis diluciones de la muestra, para ello se colocó 1mL de cada dilución en el fondo de una caja petri estéril y 9mL de medio de cultivo. Se meneó la caja en un movimiento de ocho y se incubó a $35 \pm 1^{\circ}$ C, durante 48 horas.

La cuenta de colonias se realizó con la ayuda de un cuenta colonias Québec.



2.17.3. Conteo Coliformes totales NOM-113-SSA1-1994

El método se basa en que las bacterias Coliformes fermentan la lactosa incubadas a $35 \pm 1^\circ$ C durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácidos y gas el cual se manifiesta en las campanas de la fermentación.

Materiales y equipos

Muestra de dulce de nopal

Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg

Tubos de ensayo

Solución salina al .9%

Autoclave Marca Felisia

Cajas petri

Mecheros de Buser

Agar bilis rojo violeta

Estufa marca Quincy Lab. Inc.

Agua destilada

Contador de colonias Quebec

Procedimiento para preparación de diluciones

La preparación de las diluciones es igual al anterior solo cambia el medio de cultivo y parámetros como tiempo y temperatura.

Medio de cultivo

El medio utilizado para la determinación de bacterias Coliformes fue Agar de bilis y rojo violeta, el cual se preparó disolviendo 41.5 de medio sólido en 1L de agua destilada que previamente fue esterilizada a 121° C durante 15 minutos.



Determinación de NMP (UFC).

La siembra de cada muestra se efectuó usando seis diluciones de la muestra, para ello se colocó 1 mL de cada dilución en el fondo de una caja petri estéril y 9 mL de medio de cultivo. Se meneó la caja en un movimiento de ocho y se incubó a $35 \pm 1^\circ$ C, durante 48 horas.

La cuenta de colonias se realizó con la ayuda de un cuenta colonias Quebec.

2.17.4. Determinación de mohos y levadura NOM-111-SSA1-1994

El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una temperatura de $25 \pm 1^\circ$ C, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

Materiales y equipo

Muestra de nopal

Balanza analítica Marca OHAUS serie 700

Tubos de ensayo

Solución salina al 0.9%

Autoclave Marca Felisia

Cajas petri

Mecheros de Buser

Agar papa dextrosa

Estufa marca Quincy Lab. Inc.

Agua destilada

Contador de colonias Quebec



Procedimiento preparación de las diluciones

La preparación de las diluciones es igual al anterior solo cambia el medio de cultivo y parámetros como tiempo y temperatura.

Medio de cultivo

El método de cultivo para la determinación de mohos y levaduras es Agar papa dextrosa: el cual prepara disolviéndose 39 gramos de medio de sólido en un litro de agua destilada, se esterilizaron a 121° C por 15 minutos.

Determinación de (UFC).

La siembra de cada muestra se efectuó usando seis diluciones de la muestra, para ello de coloco 1 mL de cada dilución en el fondo de una caja petri estéril y 9 mL de medio de cultivo. Se meneo la caja en un movimiento de ocho y se incubo a 25±1° C, durante 96 horas. La cuenta de colonias se realizó con la ayuda de un cuenta colonias Quebec.

ACTIVIDADES DEL OBJETIVO PARTICULAR 6

El objetivo 6 consistió en evaluar la penetración y corte de las golosinas de nopal tipo pulpa y tipo escuincle preparadas por deshidratación osmótica, mediante pruebas mecánicas en un Texturometro, comparando sus características con productos comerciales similares que circulan en el mercado. El Analizador que se utilizó para determinar las pruebas de cizalla y penetración fue Technologies Corp., Mod. TA-XT2 Fairview Road, Scarsdale, N. Y.

2.18 Procedimientos para pruebas de textura en dulce nopal y marcas comerciales.

Las pruebas que se realizaron fueron de dureza arrojando así el dato de adhesividad dentro de la misma y corte para el dulce de nopal y marcas comerciales.



2.18.1. Procedimiento

Se encendió el equipo y la computadora después conectar con el puerto de USB, abrir el software del programa y determinar especificaciones de prueba como: velocidad, precarga, tiempo de retardo y de la sonda, así como los datos que calculara como dureza y corte. Se colocó la sonda y calibró el equipo para encontrar la distancia máxima de baja de la sonda.

La figura 2.28 muestra un ejemplo del tipo de gráfica que se obtiene con el software del equipo.

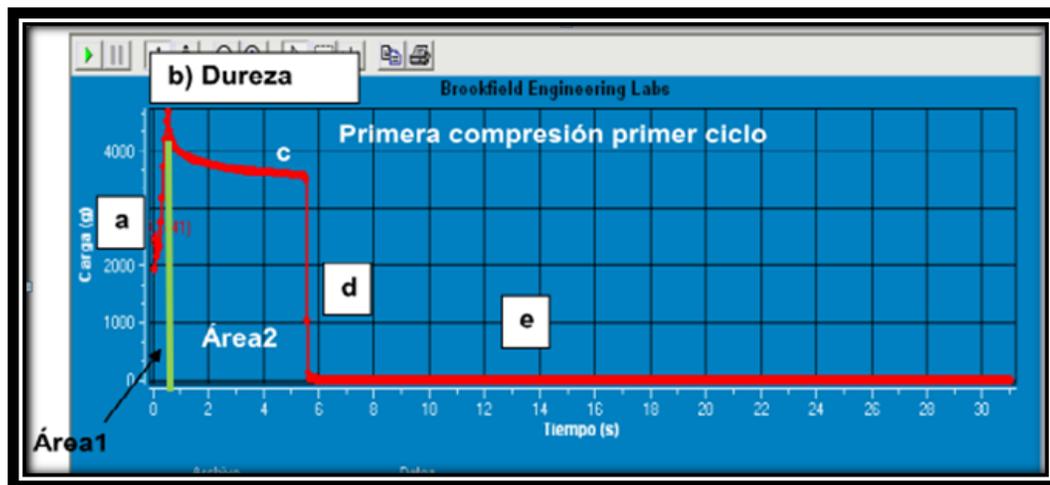


Figura 2. 27 Ejemplo de gráficas de dureza del material obtenidas en Texturometro.

Se obtuvieron los datos de dureza, de acuerdo a la carga máxima aplicada. El tipo de test utilizado fue de punción, La sonda TA2/100. El elemento TA-RT- K1. En la gráfica: a) representa el modulo, es la fracturabilidad del material. Este pico representa la fuerza necesaria para penetrar el dulce b) la fuerza máxima aplicada. Esta es la fuerza necesaria para al alcanzar una deformación dada, es la fuerza máxima de la penetración para romper la golosina c) la fuerza de descendencia. Esta es la capacidad de recuperar su forma original después de haber aplicado la fuerza de penetración, es decir la capacidad de almacenar energía en un cuerpo elástico. d) el retiro de la fuerza o la caída total y e) se considera el 10% de la deformación para romper el material.



Se realizó una prueba de consistencia con la sonda de prueba con las siguientes condiciones de prueba: velocidad de prueba de 1.0 mm/s, distancia de penetración de 5.0 mm con un disparador de prueba de 0.1N. La prueba se realizó por triplicado. En la figura 2.28 se pueden apreciar diferentes pruebas de textura aplicadas a las golosinas de nopal y a las comerciales.

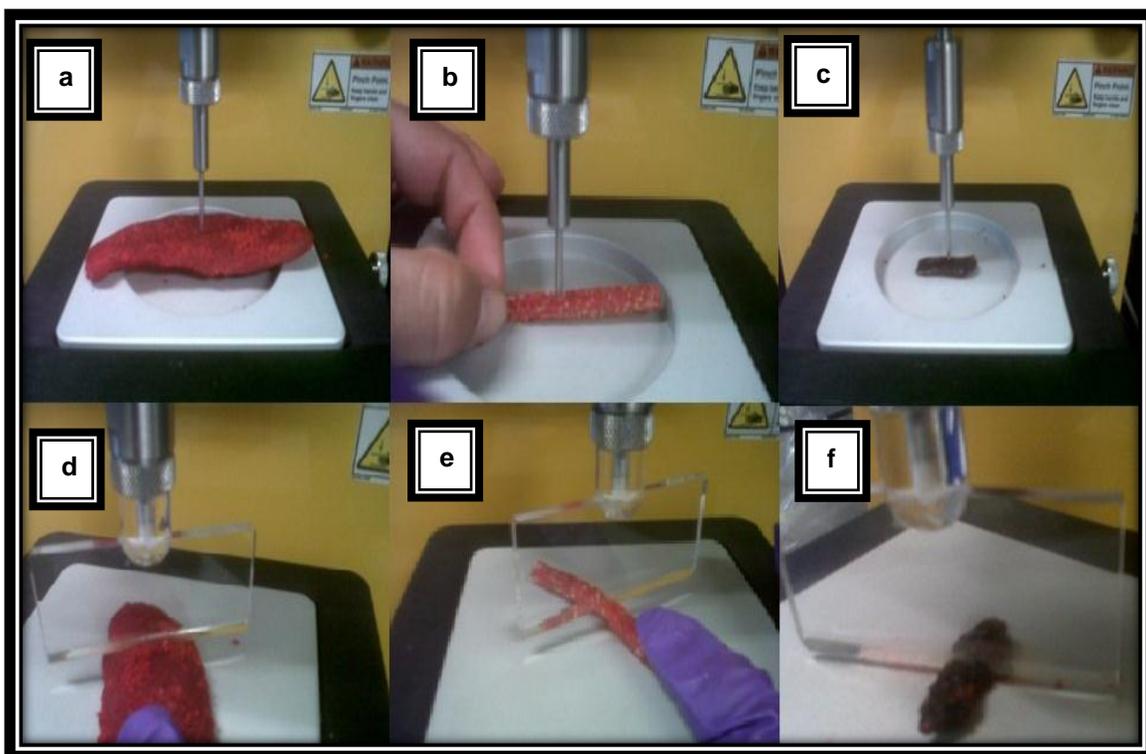


Figura 2. 28 Determinación de dureza y corte; 2.28 a) dureza en mango enchilado, 2.28, b) dureza al skwinkle comercial, 2.28 c) dureza al skwinkle de nopal, 2.28 d) corte al mango enchilado comercial, 2.28 e) corte en skwinkle comercial, 2.28 f) corte en skwinkle de nopal.

La figura 2.28 muestra la aplicación de las diferentes pruebas de textura que se aplicaron a los dulces elaborados de nopal: tipo pulpa y tipo skwinkle y a los comerciales que sirvieron de comparativo. En todas las pruebas se obtuvo la fuerza máxima de ruptura y de corte para los cuatro tipos de golosinas. Los dos dulces comerciales sirvieron como comparativo para los dulces elaborados con nopal. Con estos datos se construyeron las respectivas graficas.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS

Y

RESULTADOS





III ANALISIS Y RESULTADOS

3. Resultados de las actividades preliminares

3.1 Recolección de los nopales

La cantidad de materia prima que se recolectó fueron 100Kg de nopal tierno y fresco con una edad de 30 – 60 días.

3.2 Desespinado y descoronado

En la tabla 3.1 se reportan los resultados de las unidades contenidas en una caja de recolección de nopales (56).

Tabla 3. 1 Peso por nopal tierno y fresco de 30-60 días en gramos.

82g	79g	83g	79g	81g	82g	80g	81g
81g	81g	81g	83g	78g	81g	77g	82g
80g	78g	79g	80g	79g	79g	82g	80g
82g	79g	81g	82g	79g	80g	81g	78g
80g	81g	79g	79g	81g	82g	79g	79g
81g	78g	78g	81g	88g	79g	79g	80g
86g	78g	81g	90g	81g	84g	84g	81g

56 valores tomados aleatoriamente de la cantidad en gramos que pesa cada pieza de nopal, esto nos da un promedio de $80.39g \pm 1.45$ por lo tanto se tomará de 80g por pieza utilizada. Al realizar análisis de promedio en peso de nopal con su desviación, se realiza un balance de materia con respecto a la pérdida total al final pelado y desespinado obteniendo los siguientes resultados.



Si la pérdida de peso en 45.19 kg que corresponde a la caja de 56 nopales es de 1.100 kg por el desespinado y descoronado, de acuerdo al peso del nopal se tiene que la pérdida por pieza es de aproximadamente 19.64g. Por lo tanto el porcentaje de pérdida total es de 24.34%.

En la tabla 3.2 se muestran las pérdidas de peso de acuerdo a los datos experimentales y los calculados para la pérdida por pieza de nopal y total del proceso manejado.

Tabla 3.2 Pérdida de materia prima del desespinado y descoronado.

Características del producto	Cantidad caja en (kg)	Peso de pieza (g)
Peso de nopal	4.519	80.39
Peso después del desespinado y descoronado	3.419	61.32
Pérdida de materia	1.100	19.24
Piezas por 4.519kg	56	unidades

Las especificaciones mostradas en la tabla 3.2 corresponden al de una caja que se seleccionó aleatoriamente de un total de 22.12 cajas.

3.3 Limpieza y desinfección

Estas actividades realizadas aseguraron la inocuidad de la materia prima manejada buscando la calidad en el producto. Utilizando el cloro y el agua para su limpieza siguiendo la metodología en el capítulo dos.

Corte

Realizando el corte de nopal de manera horizontal dejando en contacto el área del parénquima, se tuvieron grandes ventajas durante el proceso.



En la deshidratación osmótica se realizó en menor tiempo de lo esperado por que la interacción del los nopales con la solución osmótica concentrada compuesta por disacáridos y otros componentes provocando así el adelgazamiento y pérdida de agua con mucilago más rápidamente.

Lavado y desinfección

La limpieza se llevó a cabo en tinas de plástico utilizando agua corriente con una temperatura 15 grados centígrados aproximadamente y el segundo lavado se utilizó la misma cantidad de agua con 1.2 Litros de cloro.

Se observó que al utilizar el agua helada se tiene menor pérdida de mucílago al realizar la limpieza en las tinas por lo que se toma como un parámetro importante para evitar pérdidas de materia prima.

El peso final que se obtuvo después de llevar a cabo la limpieza del nopal fue de aproximadamente 71.5 kg debido a que existe perdida de mucílago y trozos de nopal del desespinado.

Posteriormente se lleva a cabo la siguiente operación que previamente la cortadora debe estar limpia y sanitizada.

3.4 Troceado

Para el troceado de nopal se utilizó la cortadora eléctrica MODELO Xt- 2456 las cuchillas se ajustaron a dimensiones de 10 cm de largo, con una separación entre ellas de 1cm de ancho.

Por la forma del nopal las medidas variaron desde 6 – 10 cm de largo, de tal manera que la medida del material para conocer la superficie de contacto son variadas, aunque predomina 10 cm de largo con 1cm de ancho, estas medidas se realizaron con un vernier digital.

Las dimensiones se muestran en la tabla 3.3



Tabla 3. 3 Dimensiones de troceado de nopal.

Espesor (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
0.2 ± 1.82	2.0 ± 0.78	7.0 ± 1.63

Tanto los espesores como el largo dependieron de cada uno de los nopales, ya que estos varían y es difícil su control. Las unidades experimentales se pueden apreciar en la Figura 3.1



Figura 3. 1 Troceado de nopal.

Para mayor control de calidad se realizaba el transporte en la carretina de acero inoxidable y se vació en tinas totalmente limpias y sanitizadas para vaciar en la marmita y continuar con el proceso de elaboración de dulce de nopal deshidratado y enchilado.

3.5 Resultados de actividad preliminar deshidratación Osmótica

La concentración de sólidos perdidos de la solución osmótica durante la deshidratación de nopales permitió establecer el tiempo total de esta etapa. La



Figura 3.2 muestra la gráfica de pérdida de sólidos de la solución osmótica utilizada (° BRIX) vs tiempo (minutos).

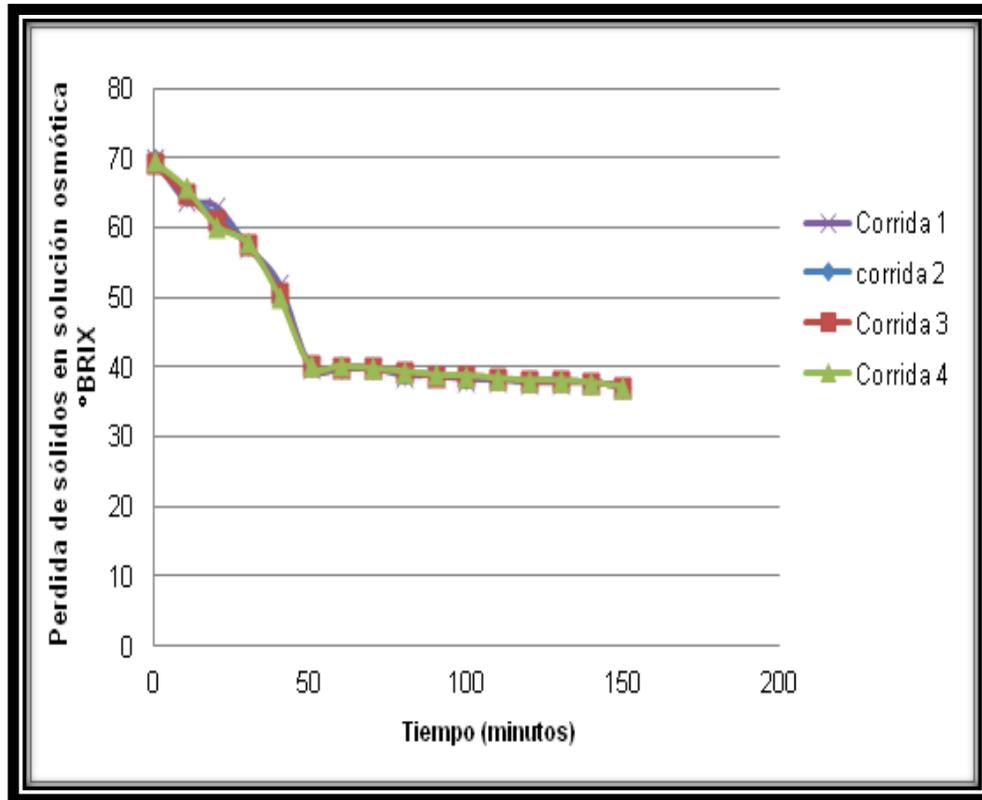


Figura 3. 2 Pérdida de sólidos en solución osmótica.

En la Figura 3.2 se observa cómo se superponen las gráficas en las cuatro corridas, esto es evidencia de una experimentación bien realizada.

En la gráfica se puede apreciar dos aspectos; el primero es que la concentración en la solución osmótica va disminuyendo en la primera hora. El segundo aspecto es que los valores de °BRIX en la solución osmótica permanecieron constantes a partir de la segunda hora con veinte minutos. Los últimos tres puntos de las corridas coinciden teniendo un valor de 37.2 °BRIX.

Con esto se llegó a la conclusión que no existía cambio a partir de la segunda hora en la solución.



Esto explica que la mayor transferencia de sólidos se lleva a cabo en la primera hora del deshidratado, mientras que en la segunda hora el transporte de masa es mucho más lento y al finalizarla no cambia.

El tiempo total de deshidratación osmótica se estableció para dos horas en toda la práctica experimental con respecto al análisis anterior.

Los parámetros de proceso quedaron establecidos como se muestran en la tabla 3.4 para todas las corridas experimentales.

Tabla 3. 4 Parámetros de tiempo y temperatura durante la deshidratación osmótica.

Etapas	Preparación de la solución	Inicio de proceso deshidratación osmótica	Reposo
Tiempo	10 min	1h	1h
Temperatura	45 °C	<75 °C	75 °C en descenso

La tabla 3.4 muestra las variables que se trabajaron constantes para las diferentes etapas de la deshidratación osmótica.

Es importante mencionar que al término de la primera se suspendió el calentamiento debido a que altas temperaturas propician una mayor pérdida de agua ligada con mucílago.

La fibra soluble que corresponde a la mayor parte al mucílago. De esta manera se mantienen el producto con alto valor nutrimental y el dulce conserva sus propiedades naturales.

En la Figura 3.3 se aprecia el balance general de materia y el de componentes con respecto a la humedad y sólidos solubles.

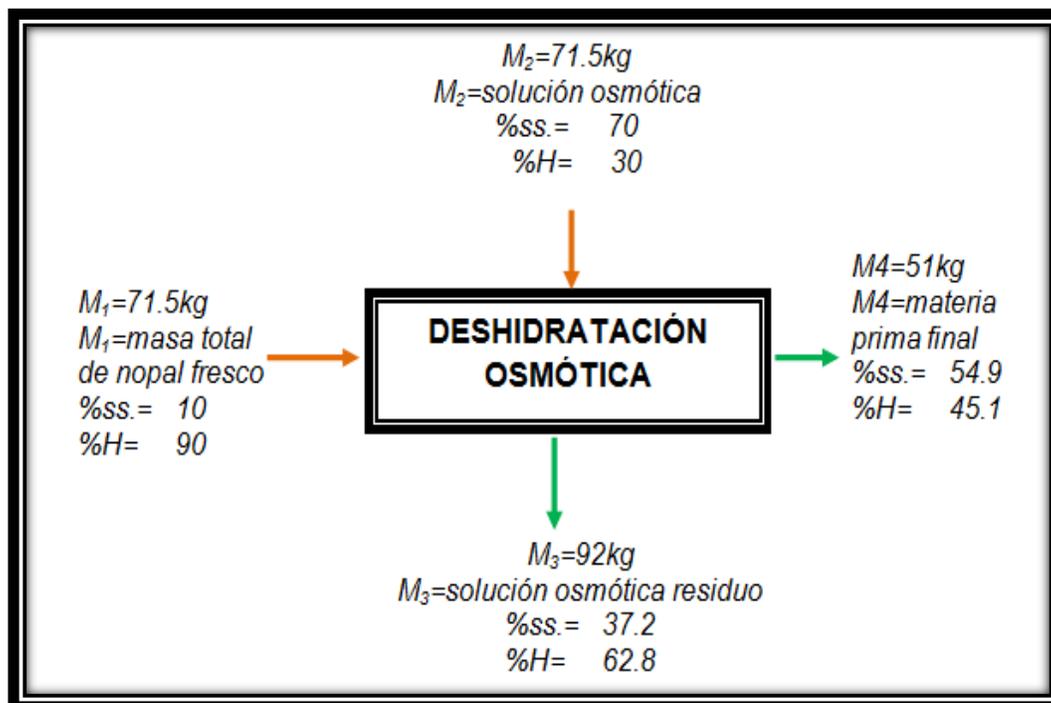


Figura 3. 3 Balance de materia de deshidratación osmótica.

Los resultados del balance se obtuvieron con datos experimentales de M_4 y % SS de la solución osmótica residuo. En la tabla 3.5 se muestran los parámetros establecidos de secado de nopal.

Tabla 3. 5 Parámetros de secado.

Parámetros	Temperatura (° C)	Tiempo (minutos)
Secado	50-70	240
Rotación de charolas	-10	20

En la rotación de charolas -10° C es la pérdida de calor en la estufa al abrirla.

Los puntos 3.6 empanizado, 3.7 secado, 3.8 empacado y 3.9 almacenamiento fueron descritas en el capítulo 2 y se efectuaron como una prueba inicial para establecer los niveles de algunas variables independientes.



RESULTADOS DEL OBJETIVO 1

3.10 Corte, Limpieza y troceado de nopal para deshidratación osmótica

3.11 Selección de la concentración de la solución osmótica

Para llevar a cabo el tiempo que debían permanecer los nopales en la solución osmótica se reportaron los valores de grados °BRIX cada 10 minutos. Se realizaron tres repeticiones.

3.12 Resultados de la evaluación de las soluciones osmóticas

3.12.1 Resultados de °Brix de la deshidratación osmótica

En esta la solución osmótica se fue calentando hasta que llegó a temperatura de 70 °C con una velocidad de 2.5 °C/ min en eventos independientes. Las gráficas de pérdidas se sólidos se muestran en la Figura 3.4

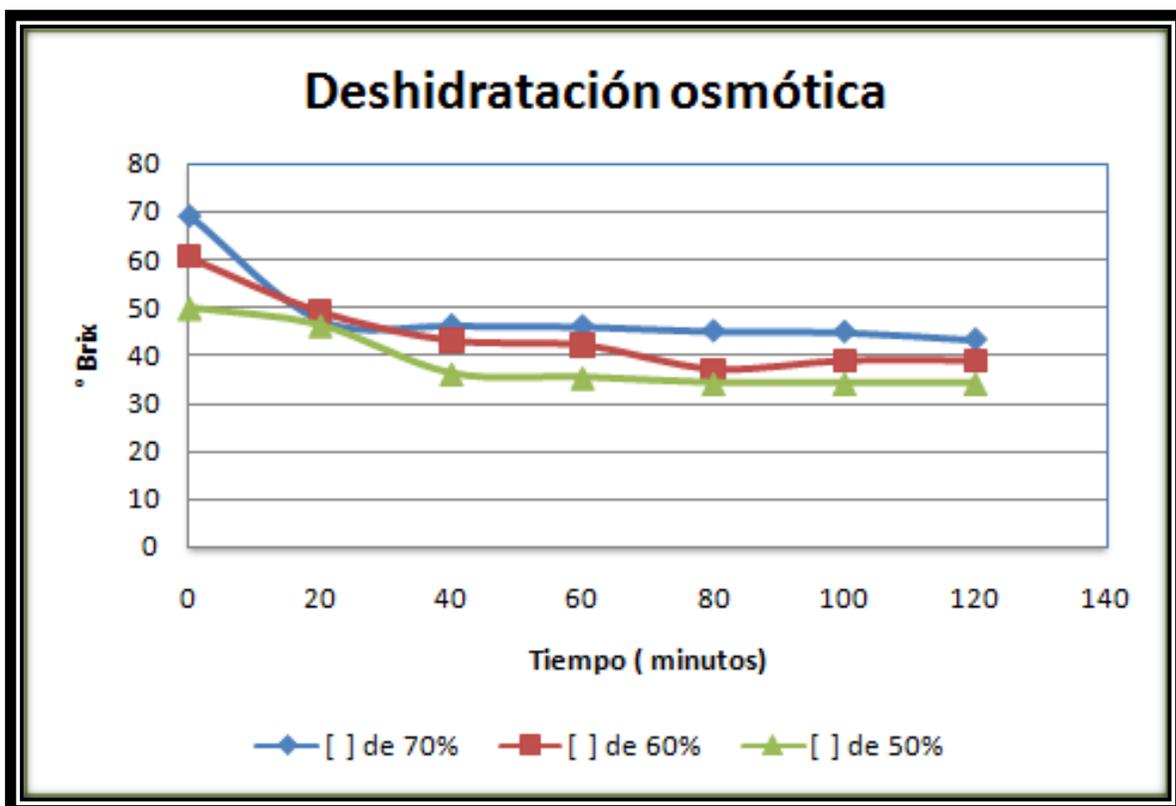


Figura 3. 4 Deshidratación osmótica a diferentes concentraciones.

La mayor pérdida de sólidos se tiene en la primera hora.



También se puede observar la pérdida de sólidos, ya que se aprecia al observar el comportamiento de las gráficas de diferente concentración. Obsérvese que el comportamiento de las tres soluciones es similar, pero siempre presenta mayor pérdida a la primera hora y después es constante.

Balance de materia para las tres diferentes concentraciones

Los balances de materia de las tres diferentes concentraciones se muestran en la tabla 3.6 donde se aprecia la pérdida de humedad y el peso final de la deshidratación osmótica

Tabla 3. 6 Balance de materia para las tres diferentes concentraciones.

[] ° 70				[] 60%				[] 50%			
Fracciones		*H	*SS	Fracciones		*H	*SS	Fracciones		*H	*SS
M ₁	2000g	0.9	0.1	M ₁	2000g	0.9	0.1	M ₁	2000	0.9	0.1
M ₂	2000g	0.3	0.7	M ₂	2000g	0.4	0.6	M ₂	2000	0.5	0.5
M ₃	2575g	0.56	0.44	M ₃	2460g	0.61	0.39	M ₃	2367	0.65	0.35
M ₄	1425g	0.65	0.35	M ₄	1540g	0.72	0.28	M ₄	1633	0.76	0.23

*Humedad *SS = Sólido seco

De acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla 3.6 el M₁ representa el valor del peso de la muestra inicial en este caso el nopal fresco, como M₂ se tiene a la solución osmótica que tiene el mismo peso al nopal fresco por que se tiene una relación 1: 1, en el M₃ masa de la solución residuo el filtrado del nopal y por último el M₄ es la masa final que se tiene en el proceso el nopal deshidratado.

En la tabla 3.6 también se aprecian las fracciones de humedad y sólido seco (SS) al final de la deshidratación osmótica la ganancia de sólidos es mayor en 70 ° Brix con un valor de SS: 0.35 en M₄. Adicionalmente, en los nopales se determinó la pérdida de humedad, la cual se reporta en la tabla 3.7.



Tabla 3. 7 Pérdida de humedad de los nopales al final del la D.O.

Concentraciones (°Brix)	Pérdida de humedad (%)
70	25%
60	18%
50	14%

En la tabla 3.7 se aprecia que la mayor pérdida de humedad en los nopales fue a la concentración de 70 %

3.12.2 Resultados de pH obtenidos de las soluciones osmóticas

Los valores obtenidos del pH de las tres soluciones osmóticas preparadas a diferente concentración a 50, 60, 70 % se registraron en la Figura 3.5

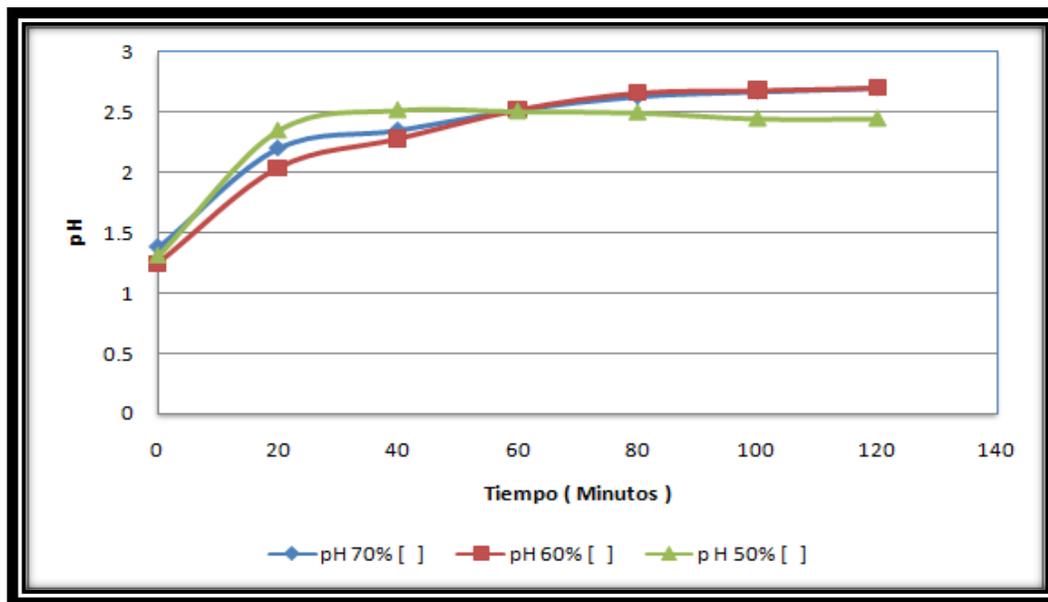


Figura 3. 5 Resultados de pH de las soluciones osmóticas de diferentes concentraciones durante el deshidratado de nopal.

Los pH obtenidos para las concentraciones de 60 y 70 % fueron muy similares, se encontraron en pH ácidos. Con concentración de 50 % los pH fueron menores.



3.12.3. Resultados de turbidez en soluciones osmóticas

El cambio de turbidez de las soluciones osmóticas a través del tiempo también fue evaluado. Los resultados se presentan en la Figura 3.6

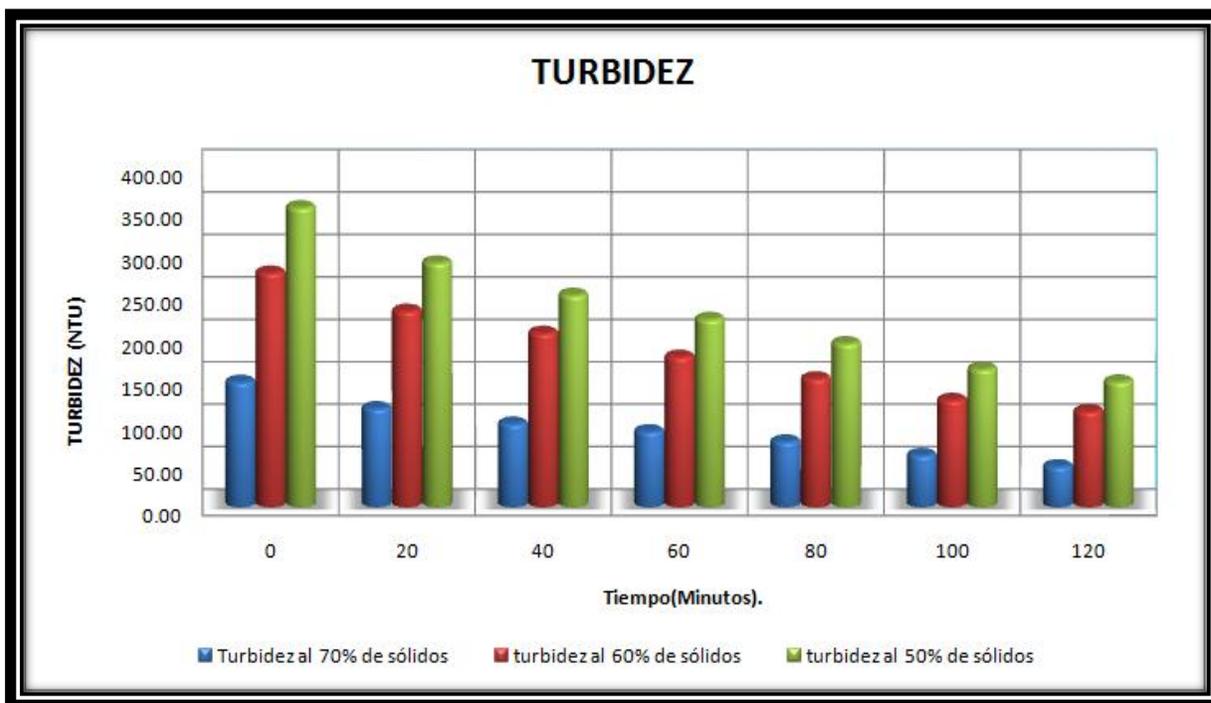


Figura 3. 6 Resultados de turbidez de las soluciones osmóticas de diferente concentración durante el deshidratado de nopal.

La gráfica de la figura 3.6 muestra como se dio el cambio de turbidez durante la deshidratación osmótica de nopales en diferentes soluciones a concentraciones de 70, 60, y 50%. Nótese que a la concentración de 70% siempre hay mayor transferencia de masa hacia los nopales, ya que la turbidez en la solución osmótica en todos los tiempos fue menor.

También se puede apreciar que el comportamiento es similar en la concentración de 60 y 50%, disminuyen con respecto al tiempo. Es evidente que la concentración de 50% es la que presenta mayor turbidez en todos los tiempos. Esto es porque existe un menor gradiente de concentración entre la solución osmótica y los nopales. También se debe a que los nopales comienzan a soltar su mucílago y al parecer a una concentración mayor (70%) es menor este hecho.



3.12.4 Resultados de color en solución osmótica

El cambio de color es un indicativo de cómo la solución osmótica fue perdiendo color, ya que esta solución era rojo intenso y por el transporte de masa al interior del nopal y al ir soltando el mucílago la solución fue cambiando de tonalidad

En la gráfica de coordenadas (a) que van desde verde (-100) y rojo (+100) contra tiempo, se presentan los resultados de los cambios en las soluciones osmóticas durante la deshidratación osmótica a través del tiempo en que los nopales permanecieron sumergidos.

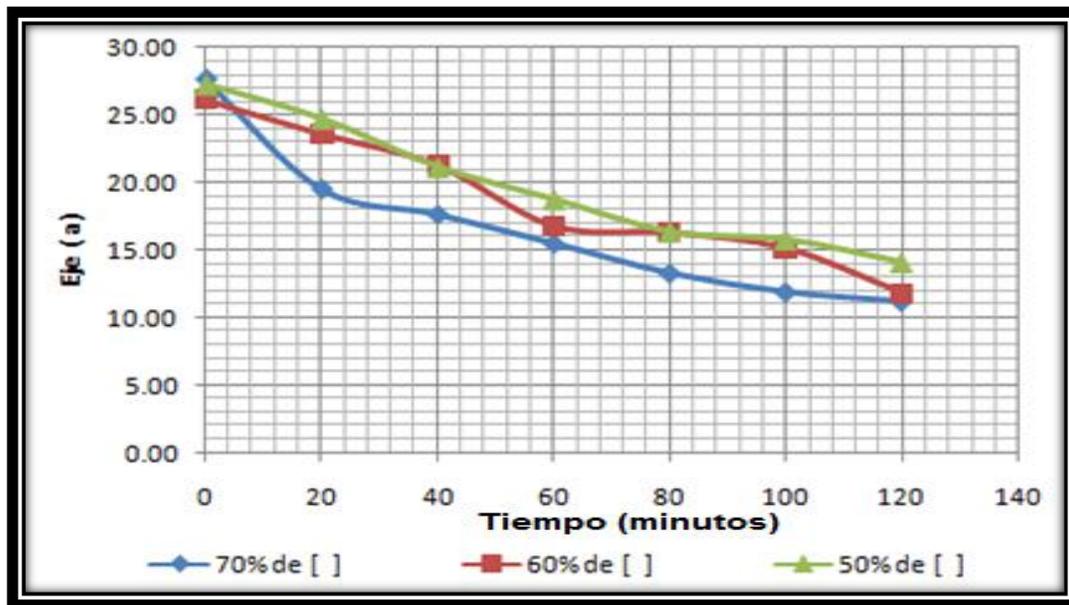


Figura 3.7 Resultados de la coordenada *a de las soluciones osmóticas de diferente concentración durante el deshidratado de nopal.

La Figura 3.7 muestra las tres gráficas de las diferentes concentraciones, al transcurrir el tiempo de la deshidratación osmótica de nopal, nótese que en todas hay cambio del color y disminuye la tonalidad roja, inclusive llegó el momento de que la solución era roja, pero transparente, ya que hubo transferencia de sólidos hacia el interior del nopal.

Las tres soluciones mostraron el mismo comportamiento, pero es notorio que la de 70% fue la que mostró la mayor transferencia de masa, esto debido a que el gradiente de concentración fue mayor entre la solución y la muestra de nopal. Esto



también se correlaciono con los resultados obtenidos de turbidez, mostrados en los resultados de la determinación anterior.

RESULTADOS DEL OBJETIVO PARTICULAR 2

3.13 Resultados de determinación de humedad de nopal deshidratado osmóticamente.

En la tabla 3.8 se muestra los resultados de la determinación de humedad para el nopal después de la deshidratación osmótica.

Tabla 3. 8 Determinación por termobalanza de nopal.

% humedad del nopal fresco	90%	90%	90%
Soluciones osmóticas	50%	60%	70%
% humedad después de D.O.	76%	72%	65%

Con respecto a la tabla la diferencia de pérdida de humedad de 25% en la deshidratación osmótica se aprecia mayor pérdida utilizando una concentración de 70% en sólidos iniciando un secado por convección con una humedad del 65%.

3.14 Análisis de curvas de secado

Con una actividad preliminar se observó que el tiempo aproximado para el secado de las golosinas en estufa, ya una vez empanizado con Miguelito fue de 4 horas para que el material llegue a la humedad del 17-14% .

En el análisis de las curvas de secado se realizó para 4 y 5 horas en las cuales el objetivo particular dos fue para determinar el tiempo de secado y las mejores condiciones de este, para lo cual se realizó el análisis de las curvas de secado.



En la Figura 3.8 se graficó la masa (Gramos vs tiempo de secado). Estas gráficas se realizaron para las tres concentraciones utilizadas 50, 60 y 70 %. Durante el secado en estufa.

Se inició con un peso alto de 150 gramos por charola y se fueron pesando cada una de ellas.

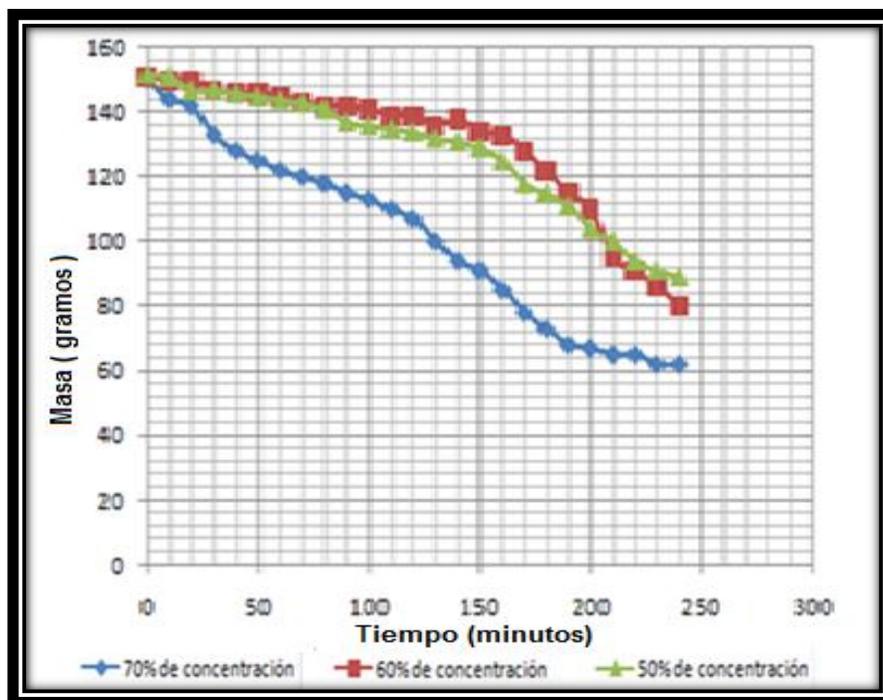


Figura 3. 8 Gráfico de curva de secado por convección.

En la figura 3.4 se observa el comportamiento tomando las mismas masas iniciales la pérdida de peso fue mayor para la que tuvo tratamiento en la concentración a 70%, se tomó el ultimo peso de acuerdo al balance de materia para tener una humedad del 14%, la primera que llegó en un tiempo de 4 horas.

Las otras dos concentraciones permanecieron en el tiempo de las 4 horas, con humedades determinadas por balance con respecto al peso. Estas muestras no se deshidrataron hasta peso constante, ya que la intención es que conserve el mayor % de mucílago en el dulce de nopal y así mantiene sus nutrientes.



En la tabla 3.9 se muestra el balance de materia con respecto a los pesos finales y en la que se aprecia las humedades del nopal.

Tabla 3. 9 Balance de materia para el secado por convección.

Inicio del proceso			Pérdida de humedad		Final del proceso		
Masa 1 (g)	H (%)	ss. (%)	Masa 2 (g)	H (%)	Masa 3 (g)	H (%)	ss. (%)
152	65	35	90	100	62	14	86
152	72	28	72	100	80	46	54
152	76	24	63	100	89	60	40

Se tomaron los valores de la coordenada *a directamente en los dulces de nopal con humedad de 14% se les denominó skwinkle. Estos resultados se muestran en la Figura 3.9 para las tres concentraciones.

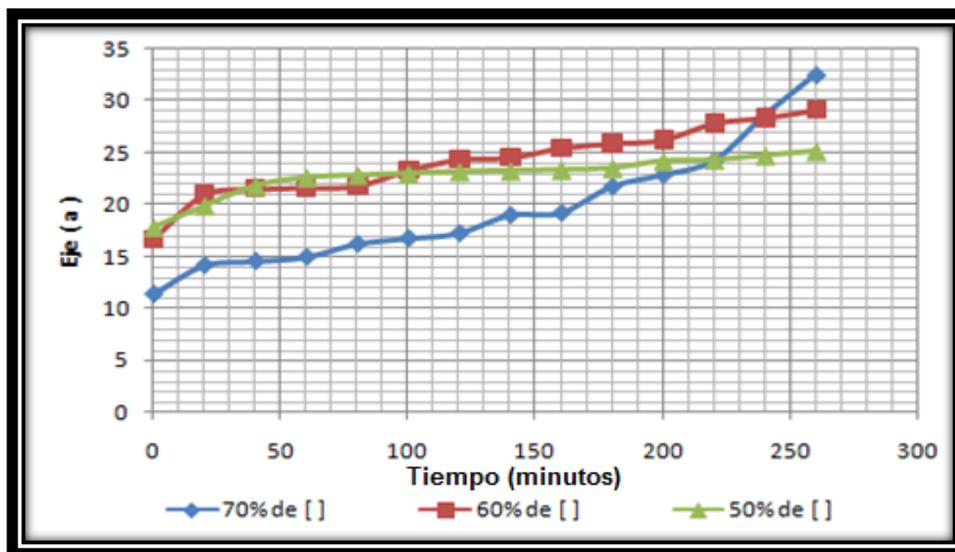


Figura 3. 9 Gráfica de comportamiento de cromas.



Únicamente el interés fue por la coordenada *a, ya que esta involucra al color rojo. Nótese que la concentración de 70% fue la que tardó más en hacer cambios de tonalidad roja, pero al final fue el color más intenso.

En la figura 3. 10 se muestra una fotografía de las golosinas preparadas envasadas tipo skwinkle con 14 % de humedad y tipo pulpa con 18% de humedad.



Figura 3. 10 Golosinas tipo skwinkle y tipo pulpa.

Se muestra en la Figura 3.10 que la golosina tipo skwinkle está más deshidratada y la tipo pulpa se percibe con mayor humedad dentro de sus respectivas bolsas.

De aquí se tomó la decisión de trabajar únicamente con la concentración de 70 %, ya que esta concentración permitió mejor deshidratación osmótica con mayor pérdida de sólidos de la solución y mayor ganancia de sólidos a los dulces, también fue la que permitió un menor tiempo de secado por convección y por supuesto la que mostró un color rojo intenso mayor.

De manera que la deshidratación osmótica se realizó después únicamente a 70%.



RESULTADOS DEL OBJETIVO PARTICULAR 3

Obtener las micrografías de nopal fresco, deshidratado osmóticamente y secado por convección, mediante microscopía electrónica de barrido al alto vacío, evidenciando los cambios morfológicos ocurridos a la golosina enchilada.

3.15 Resultados de morfología nopales frescos, deshidratados osmóticamente y deshidratados por estufa y observados por Microscopía electrónica de barrido al alto vacío (SEM-AV).

La Figura 3.11 muestra la micrografía tomada al nopal fresco.

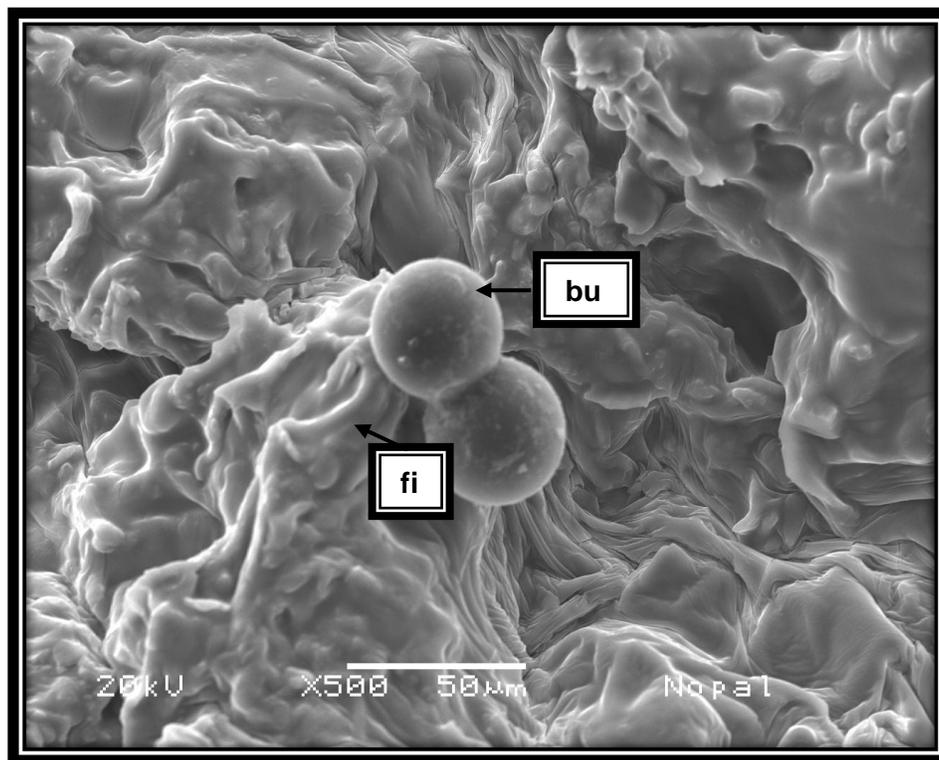


Figura 3. 11 Micrografía de nopal fresco.

La micrografía que aparece en la figura 3.11 fue tomada a un corte longitudinal de la parte del parénquima del nopal fresco. Evidencia las células buliformes (**bu**) que son esféricas, las cuales son globosas y que tienen en su interior mucílago, se puede apreciar que están llenas, también se aprecia alrededor de ellas la fibra insoluble (**fi**) que corresponde a la celulosa y hemicelulosa propia de los tejidos de



nopal. Esta micrografía fue tomada a 500X para su mejor apreciación, nótese que los tejidos están hidratados, ya que el nopal tenía una humedad del 90%. En la Figura 3.12 se muestra la micrografía de nopal tomada a una fracción de nopal con corte longitudinal al término de la deshidratación osmótica.

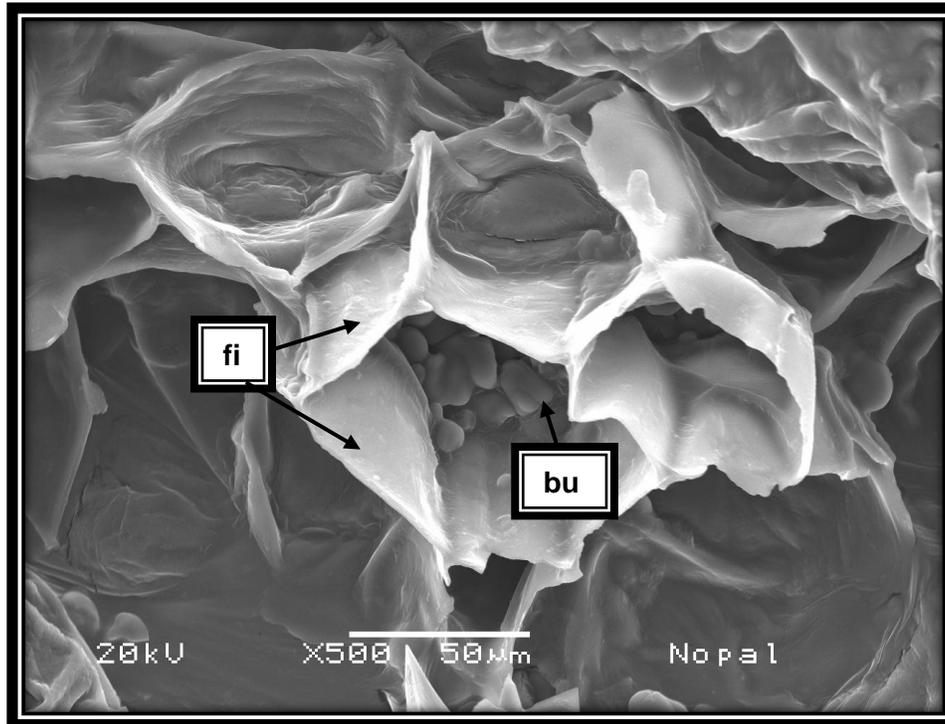


Figura 3. 12 Micrografía de nopal deshidratado osmóticamente.

La figura 3.12 corresponde a la micrografía de nopal deshidratado osmóticamente, esta fue tomada igualmente a 500X para realizar un correcto análisis comparativo de lo que le ocurre a la morfología. Nótese que las células buliformes (**bu**) perdieron su contenido (mucílago) y aparecen aplastadas en el interior de los tejidos. Por otro lado las fibras insolubles (**fi**) que integran los tejidos formados de hemicelulosa y celulosa también se muestran deshidratados y pero conservan su estructura rígida dentro de los tejidos de nopal.

La figura evidencia los cambios morfológicos ocurridos al tener una deshidratación osmótica y ganar sólidos de otra especie diferente en el parénquima del nopal, como fueron de azúcar y chile. Sin embargo, sigue mostrando cierto orden en la



microestructura, las células buliformes se encuentran dentro de los paneles de hemicelulosa y celulosa. En la figura 3.13 se muestra la micrografía de nopal deshidratado osmóticamente y secado por convección.

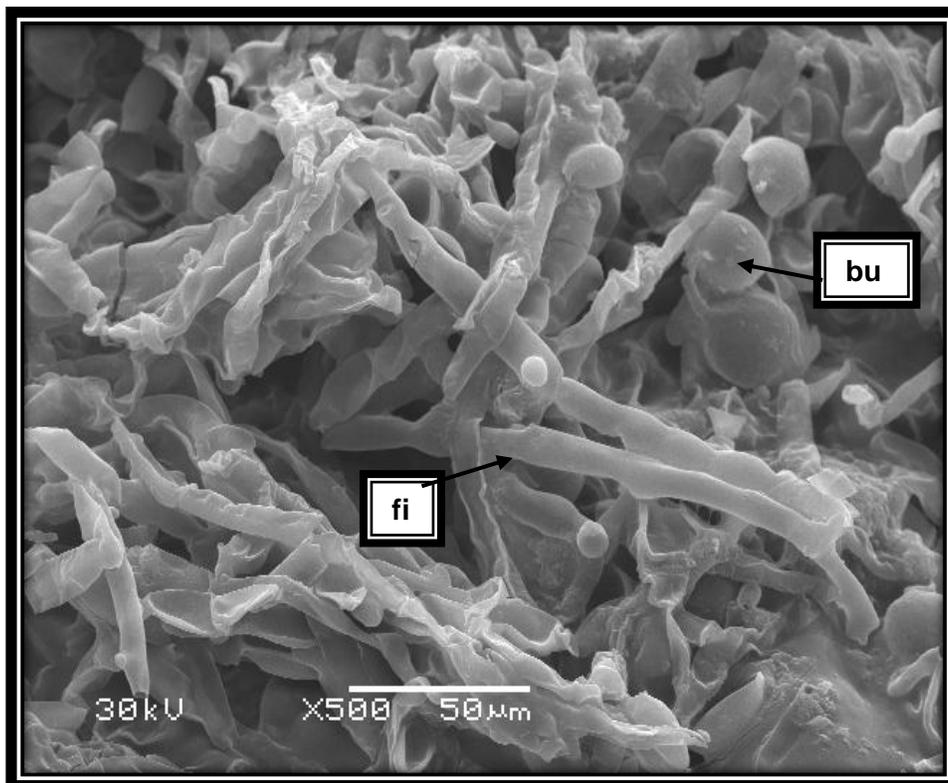


Figura 3. 13 nopal deshidratado osmóticamente y secado por convección.

Nótese en la Figura 3.13 la micrografía del nopal deshidratado osmóticamente, enchilado y secado. Ahí se muestra un desorden, las células buliformes están revueltas con los tejidos de hemicelulosa y celulosa. Las células buliformes (**bu**) están vacías sin contenido de mucílago, ni de agua. Las fibras insolubles (**fi**) ya no tienen cuerpo, ni rigidez. Es notoria su deshidratación. Morfológicamente el conjunto de partes es distinto de un nopal fresco. Esta micrografía corresponde al dulce de nopal, ya como producto final. También fue tomada a 500X en un corte longitudinal de una fracción de nopal, para ser comparada con los otros estados del nopal utilizados durante este trabajo experimental.



RESULTADOS OBJETIVO PARTICULAR 4

Se realizó el análisis químico proximal del dulce de nopal enchilado obteniéndose los siguientes resultados que son positivos los cuales se realizaron tres repeticiones para cada determinación.

3.16 Resultados de análisis de muestras de nopal

Los resultados de los puntos 3.16.1, 3.16.2, 3.16.3, 3.16.4, 3.16.5, 3.16.6 se presentan en las siguientes tres tablas en las cuales se reporta los valores de humedad, grasa, ceniza, proteína, fibra total y carbohidratos.

Tabla 3. 10 Análisis Químico Proximal de dulce de nopal.

Humedad	Grasa	Cenizas	Proteína	Fibra total	Carbohidratos
14.52	2.14	17.34	7.62	53.15	5.23
14.47	2.11	17.15	7.34	53.79	5.14
14.61	2.18	17.62	7.56	52.85	5.18
±0.07	±0.04	±0.24	±0.15	±0.48	±0.05

Tabla 3. 11 Análisis Químico Proximal Dulce de nopal tipo pulpa.

Humedad	Grasa	Cenizas	Proteína	Fibra total	Carbohidratos
18.51	2.18	17.52	7.66	48.85	5.28
18.62	2.23	17.35	7.62	49.23	4.95
18.56	2.20	17.43	7.64	49.04	5.12
±0.08	±0.04	±0.12	±0.03	±0.27	±0.23



Nótese el bajo nivel de grasa y elevado valor de fibra y cenizas, pero el bajo valor de CHOS lo que significa que el dulce representa ser un alimento con alto valor nutrición y bajo en calorías y alto en fibra dietaría

3.16.7 Resultados de calcio en golosina de nopal por espectrofotometría de absorción atómica.

Los valores de calcio que presentaron los dulces de nopal deshidratado tipo skwinkle y los de pulpa se reportan en la tabla 3.11

Tabla 3. 12 Resultados de calcio en dulce de nopal.

mg/100g tipo skwinkle materia seca	mg/ 100g Pulpa Materia seca
2.439 ± 0.2	2.457± 0.32

El alto contenido en calcio se observa en los dos tipos de dulce. Esto quiere decir que es un producto de buena calidad y de alto valor nutricional. Por lo que se recomendaría el consumo diario del producto sin afectar a la salud del individuo.

RESULTADOS DE OBJETIVO PARTICULAR 5

Se realizó el análisis microbiológico de la golosina de nopal tipo pulpa y tipo escuincle, descrita en norma oficial mexicana, NOM-110-SSA1-1994 y con referencia de las normas NOM-111-SSA1-1994, NOM-112-SSA1-1994,|NOM-113-SSA1-1994, para considerar que este alimento cumpla las especificaciones de limpieza y sea apto para consumo humano.

3.17 Análisis microbiológico

Para ello se tomó asépticamente 25 gramos de la muestra y se colocó en una bolsa estéril con 225 mL de solución de peptona al 0.1%. Se homogenizó en el Stomacher por 60 segundos, obteniendo así la dilución 10¹. A partir de esta



dilución, se prepararon una serie de dos diluciones mas, bajando la concentración de la muestra 10 veces cada vez. Obteniendo las diluciones 10^2 y 10^3 .

De cada una de las diluciones se tomo 0.1 mL y se depositó en las cajas de petri por duplicado, para después hacer la extensión de este en el medio enriquecido. Se incubaron sus respectivas indicaciones que se presentaron en el capítulo 2 para después ser contadas las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g), en el cuenta colonias Quebec; y los resultados fueron los siguientes.

Tabla 3. 13 Resultado de análisis microbiológico.

Muestra	Cuenta total de Mesofílicos aerobios	Coliformes totales	Mohos y levaduras
Nopal fresco	92	70	negativa
Nopal deshidratado	negativo	negativo	negativo
Nopal con pulpa	negativo	negativo	negativo

Los resultados encontrados se trataron de confrontar con las normas oficiales mexicanas pero no se encontró una específica para nopal, pero cotejándola con la norma NOM-093-SSA1-1194, para el caso de ensaladas verdes y crudas, se consideran, para la cuenta total de Mesofílicos aerobios 150 000 UFC/g, Coliformes fecales 100/g. Por lo que se consideró que estos alimentos son aptos para su consumo. Lo cual indica que están libres de microorganismo, probablemente se deba al tiempo de secado al que fueron expuestos. Esto representa un atributo más para el dulce de nopal deshidratado osmóticamente y secado, ya que las golosinas están principalmente destinadas a niños y adolescentes.



RESULTADOS DE OBJETIVO PARTICULAR 6

El objetivo consistió en evaluar la firmeza, elasticidad y el corte de las golosinas de nopal tipo pulpa y tipo escuincle, mediante pruebas mecánicas en un Texturometro, comparando sus características con productos comerciales similares que circulan en el mercado, pero que de ningún modo son iguales.

3.18 Resultados de pruebas de textura

En la figura 3.11 se muestran los resultados de adhesividad de los dulces de nopal deshidratados osmóticamente y secados por convección para dulce de nopal, mango enchilado comercial, nopal tipo pulpa y skwinkle comercial

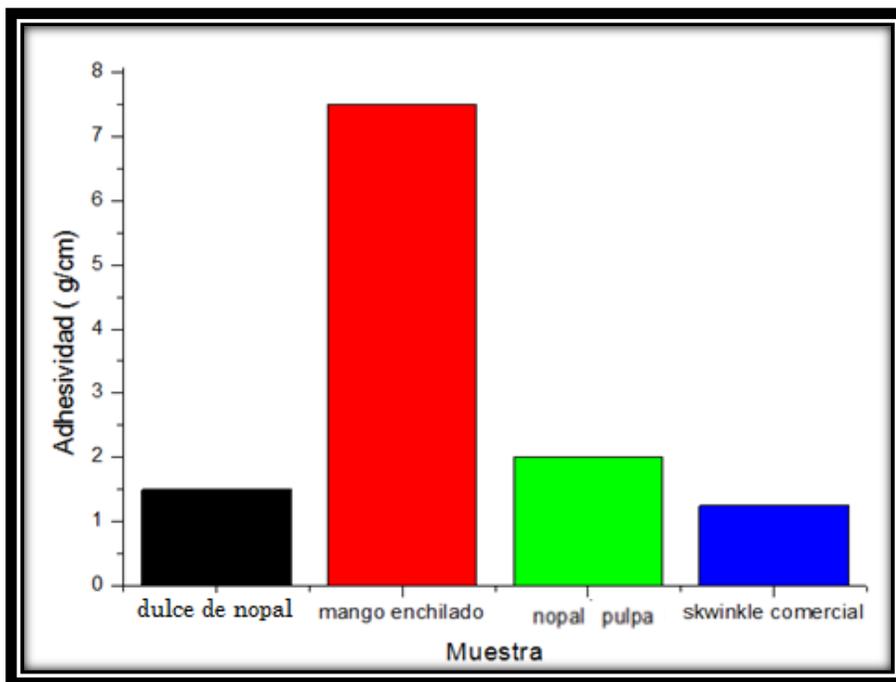


Figura 3. 14 Adhesividad de cuatro diferentes muestras golosinas comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.

En la gráfica de la figura 3.11 se aprecia que la adhesividad de dulce de nopal fue muy similar a la del skwinkle comercial, inclusive cuando las personas lo prueban, no identifican que sea dulce de nopal y lo llaman skwinkle por el parecido que tienen, el mango enchilado si presento una alta adhesividad, mientras que la pulpa



de nopal, fue ligeramente parecida al dulce de nopal. La pulpa en realidad fue preparada de manera similar, pero permaneció menos tiempo en deshidratación por convección.

En la figura 3.11 se muestra la dureza de cuatro diferentes golosinas, dos de ellas comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial). y las dos preparadas en este trabajo, dulce de nopal y nopal tipo pulpa.

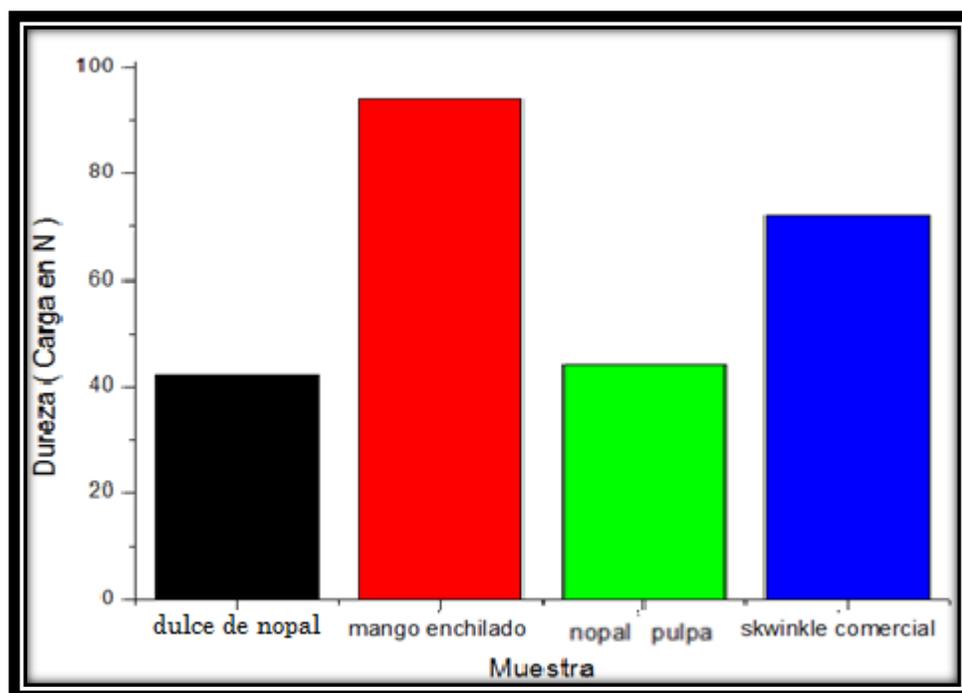


Figura 3. 15 Dureza de las diferentes golosinas comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.

La gráfica de la figura 3.11 evidencia que los dulces deshidratados osmóticamente y secados por convección son menos duros que los dulces comerciales con los que fueron comparados. La dureza del mango enchilado fue la más alta y luego la del skwinkle comercial.

Este atributo también es muy deseable ya que muchos infantes aun tienen sus dientes originales y estos son más delicados. La suavidad del nopal y su flexibilidad son características que en un dulce de tipo deshidratado



osmóticamente son deseables. Por otro lado el color y el sabor que le confiere ácido dulce son atributos que les agradan mucho a los niños.

En la figura 3.12 se muestra la gráfica de la carga aplicada para el corte de las golosinas elaboradas y las comerciales

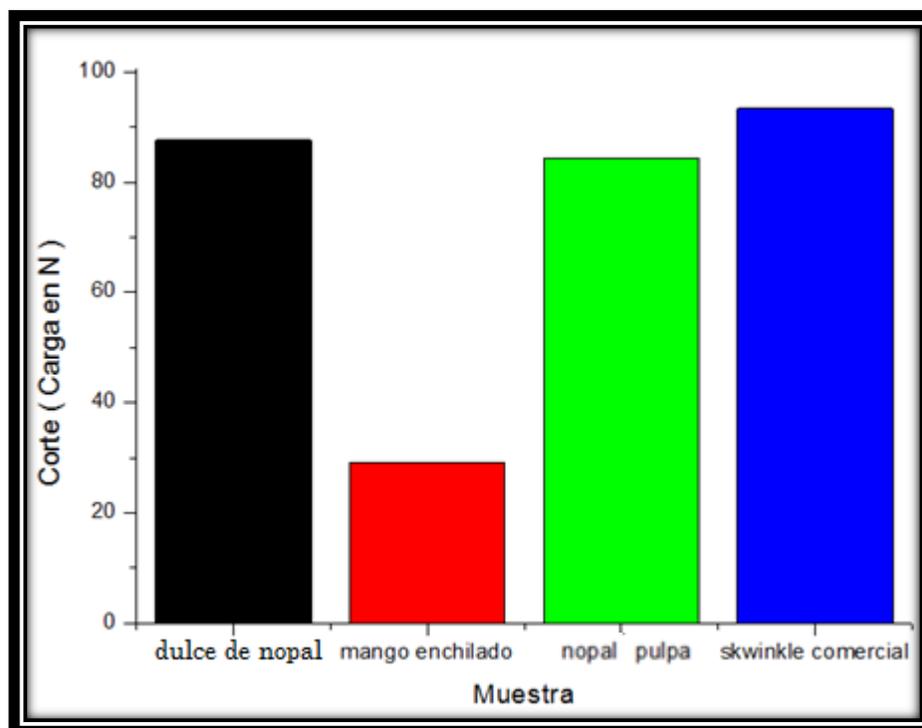


Figura 3. 16 Gráfica de la fuerza aplicada para el corte de los diferentes dulces comerciales (mango enchilado y skwinkle comercial) y de las preparadas dulce de nopal y nopal tipo pulpa.

Nótese en la gráfica de la figura 3.13 que la golosina skwinkle comercial requiere mayor fuerza para ser cortado y la menor el mango enchilado.

Las golosinas de nopal fueron las que necesitaron mayor fuerza, esto debido a que la composición de nopal principalmente es fibra en más de un 50 %, lo que le confiere propiedades más elásticas. El nopal tipo pulpa tiene un mayor porcentaje de humedad y por esa razón requiere menor fuerza para ser cortado como dulce con humedad del 14%.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES





- Las mejores condiciones del proceso de deshidratación osmótica para la elaboración de una golosina de nopal, fueron una concentración al 70% de sólidos en la solución calentándose a una temperatura no mayor a 70° C con una velocidad de 2.5° C/min, con una pérdida de humedad del 25% en el nopal, en la solución pH de 2.8 ácido, una turbidez es de 48 NTU y el color disminuye con respecto del tiempo.
- Las mejores condiciones para el secado por convección fueron una temperatura de entre 80-90° C en un tiempo de 4 horas, con una rotación de charolas cada 20 minutos, obteniendo una humedad final en el nopal de 14%.
- Por microscopia electrónica de 500X, se identifican las células buliformes y la fibra insolubles, apreciando el comportamiento con respecto a la elaboración de la golosina de nopal, en el nopal fresco, la deshidratación osmótica y secado por convección.
- Resultados de AQP de la golosina de nopal 5.18% en CHOS y 52.85% de fibra total y por espectrofotometría de absorción atómica un contenido de calcio de 2.429mg/100g producto, considerando así una golosina de alto valor nutrimental.
- La golosina de nopal es apta para consumo humano debido a que no se presentaron microorganismo.
- Se tienen los mejores resultados en la golosina de nopal comparando con marcas comerciales teniendo baja adhesividad, dureza con una carga máxima de 40N para lograr la deformación y en el corte una carga máxima de 80N.



- 🌿 Aguirre, T. C., Pimienta, E. y Moreno, H. (1995). Elaboración de mermelada del fruto de nopal tunero (*Opuntia* spp.) pp. 147-150. In: VI Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Jalisco, México.
- 🌿 AOAC (2000). Official Methods of Analysis. 17th Ed. Official Methods 02-52, Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg.M.D.USA.
- 🌿 Arenas, A. J. A. (1999). Microscopía electrónica de barrido. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). UNAM. México, D. F. pp.13-35.
- 🌿 Barbosa-Cánovas GV, Ortega-Rivas E, Juliano P, Yan H (2005) Food Powders. Physical properties, processing, and functionality. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- 🌿 Badui, S., (2006). Química de los alimentos. Editorial Pesaron Educación.
- 🌿 BELLO, J., (2005). Calidad de vida, alimentos y salud humana: Fundamentos. calidad en la producción de alimentos. pp. 70-84.
- 🌿 Brien Nabors , Robert C. Gelardi, Lyn O'Brien-Nabors Alternative Sweeteners (Food Science and Technology, Vol 112) Publisher: Marcel Dekker; 3rd Revision edition (June 2001)
- 🌿 Carmen Sáenz, (2000). Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios de la FAO. Paginas, 26-76.
- 🌿 Cantwell, M. (2004). Nopalitos In K.C. Gross, C.Y. Wang, y M. Saltveit. The commercial Storage of fruits, Vegetables y Florist and Nursery Stocks. Agricultural Handbook No. 66.USDA, ARS.
- 🌿 Cornejo-Villegas, M. A., Acosta-Osorio, A. A., Rojas-Molina, I., Gutiérrez-Cortez, E., Quiroga, M.A., Rodríguez-García, M. E. (2010). Study of the physicochemical and pasting properties of instant corn flour added with calcium and fibers from nopal powder. Journal of Food Engineering, 96: 401-409.
- 🌿 Huchim, S (2009). Tendencias del mercado latinoamericano golosinas. Por Euromonitor International. pp.15-16.
- 🌿 Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, (ENSANUT), 2006.



- 🌵 Feugang-Magloire, J., Konarski, P., Zou, D., Stintzing-Conrad, F. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear cladodes and fruits, *Frontiers in Bioscience* 11, pp. 2574-2589.
- 🌵 Flores-Huerta S, M Kl ünder-Klünder y P Medina-Bravo 2006. La escuela primaria como ámbito de oportunidad para prevenir el sobrepeso y la obesidad en los niños. *Bol Med Hosp Infant Mex.*; 65: 626-638
- 🌵 Flores, V. C. A. y Gallegos, V. C. 1995. "La producción de tuna en México". En: Pimienta-Barríos, E.,C. Neri-Luna, A. Muñoz-Urías y F.M. Huerta-Martínez (Comp.) *Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Memorias del 6to Congreso Nacional y 4to Congreso Internacional. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. p. 278.
- 🌵 Galati, E.M., Mondello, R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., and Taviano, M.F. 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: Antioxidant and Antiulcerogenic Activity. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4903- 4908.
- 🌵 GASPARETO, O.; OLIVEIRA, E.; MAGALHAES. (2004). Influencia del tratamiento osmótico en el secado de la banana "Nanica" (*Musa cavendishii*, L.) en secador de lecho fijo. **Información Tecnológica**, v. 15, n. 6, p. 9-15.
- 🌵 Ginestra G, Parker M.L, Bennett R.N, et al., editors. Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] *J Agric Food Chem.* 2009;57:10323–30
- 🌵 Gil, (2010). *Tratado de nutrición*. Tomo II. Nutrición. Editorial Médica. 9:243-246.
- 🌵 Granados, D. y Castañeda, A. D. 1996. *El Nopal: Historia, fisiología, genética e importancia*. 2da Ed. Trillas, México.
- 🌵 Granados, D. y Castañeda, A. D., (2003), *El nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola*, Ed. Trillas, México.
- 🌵 Hollingsworth, P. 1996. Food trends: diversity and choice dominate. *Food Tech.* 5:40-43.
- 🌵 Kaur N, Gupta A. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J Biosci.* 2002; 27: 703-714.



- ✿ MAESTELLI, Andrea. Fundamentos de la deshidratación osmótica de frutas. *En: CURSO TALLER DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETALES.* (Santafé de Bogotá: 1997). Memorias del Curso Taller “Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1997. 37p.
- ✿ G. Nonhebel,(2002) El secado de sólidos en la industria química. Editorial REVERTÉ, S. A. Paginas, 51-79.
- ✿ Obesidad y sobrepeso, 2005) M. en C. Fabricio Campirano Núñez, Dr. Ismael Campos Nonato,(2005). Sobrepeso y obesidad: epidemiología. Sobrepeso y obesidad. Editorial. 8:132-140, 13:204-210.
- ✿ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. (FAO, 2006).
- ✿ Periago, M. J., Ros, G., Martínez, M. C., y Rincón, F.(1993). The dietary fiber components and their physiological effects. *Revta. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 33 (3): 229-246.
- ✿ Pimienta Barrios, E. y A Muños-Urias (1999). Domesticación de nopales tuneros (*Opuntia spp*) y descripción de las principales variedades cultivadas. Pp. 61-67. In: Barbera, G., Inglese, P y Pimienta Barrios, E., Agroecológica, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.
- ✿ Periago, M.J., Ros, G., López, G., Martínez, M. C. and Rincón, F. 1993. Thedietary fiber components and their physiological effects. *Revta. Esp. Cienc.Tecnol. Aliment.* 33 (3): 229-246.
- ✿ Rodríguez- García, M.E., De Lira, C., Hernández, B. E., Cornejo V., M.A., Palacios F., A. J., Rojas M., I., Reynoso, R., Quintero, L.C., Del Real, A. Zepeda, T. A., and Muñoz, T. C. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. *Plant Food Hum. Nutr.* 62: 107-112.
- ✿ Rodríguez-Felix, A. (2002). Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. In: Proc. 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal. A. Nefzaoui and P. Inglese (Eds). Oct. 22-28.Hammamet, Tunisia. *Acta Hort.* 581: 191-199.).
- ✿ Rojas-Graü, M. A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín- Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh- cut fruits: a review. *Food Science and Technology*, 20:438- 447.



- Sáenz, C.; Sepúlveda, E.; Matsuhiro, B. (2004). Opuntia spp. mucilage's: a functional component with industrial perspectives. Journal of Arid Environments. 57: 275-290.
- Sáenz C.(2000). Processing technologies an altenative for cactus pear (Opuntia spp) fruits and cladodes. J. Arid Environ. 46:209-2005.
- SAGARPA. (2008). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Producción de nopal. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (Sedagro, 2005)
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT, 1994).
- Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. (SINAREFI, 2005).
- Skoog. D. et.al. 2004. Química Analítica. Trad. Ma. Del Carmen Ramírez y Rosa Herranz. 7a. edición. México. McGraw-Hill. 21-61pag.
- Sloan, E., (2000). The Top Functional Food. Food Tech. 54 (4):33-62.
- Stintzing, F. C. y Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses. Molecular Nutrition and Food Research. 49 (2): 175-94.
- SUCA, C., (2010). Manual Laboratorio Osmodeshidratación de Alimentos. Editorial Universitaria de la UNCP. paginas, 5:40-76.
- Sudzuki, F., C y Berger, H., (1993). El cultivo dela tuna (Cactus pear). Departamento de Reproducción Agrícola.
- Villegas y de Gante, M.(1997). Los Nopales (*Opuntia spp.*) recursos y símbolos tradicionales en México. pp. 271-273. In: Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.