

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Obtención de licores y vinos a partir de la tuna de duraznillo (*Opuntia leucotricha*).

Por:

MA. CONCEPCIÓN PADILLA DE LARA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de :

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista Saltillo, Coah., México.

Mayo del 2004

EL ÉXITO

Si piensas que está vencido lo estás.

Si piensas que no te atreves, no lo harás.

Si piensas que te gustaría ganar, pero no puedes, no lo lograrás.

Si piensas que perderás, ya has perdido: porque en el mundo encontrarás que el Éxito comienza con la voluntad del hombre.

Todo está en el estado mental: porque muchas carreras se han perdido antes de haberse corrido: y muchos cobardes han fracasado antes de haber su trabajo empezado.

Piensa en grande y tus hechos crecerán: piensa en pequeño y que darás atrás;

Piensa que puedes y podrás: todo está en el estado mental.

Si piensas que estás aventajado, lo estás: tienes que pensar bien para elevarte.

Tienes que estar seguro de ti mismo antes de intentar ganar un premio: la batalla de la vida no siempre la gana el hombre más fuerte o el más ligero: porque tarde o temprano, el hombre que gana es aquel que **CREE PODER HACERLO**.

Doctor Bernard

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Obtención de licores y vinos a partir de la tuna de duraznillo
(*Opuntia leucotricha*)

Por:

MA. CONCEPCIÓN PADILLA DE LARA

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobado por el comité de tesis

Asesor principal

Sinodal

M.C. María Hernández González

M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Sinodal

Sinodal

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Ing. Ramón F. García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coah. México.
Mayo del 2004

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Matter que me dio la oportunidad de desarrollarme profesional y personalmente, así como prepararme para la vida laboral.

Al **M.C María Hernández González** por brindarme el apoyo, paciencia, consejos, conocimientos durante toda mi carrera y sobre todo por su gran amistad, pues sin ella, éste trabajo no hubiera sido posible.

Al **M.C. Xochitl Ruelas Chacón**, y al **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla** por la gran amistad, el apoyo, la enseñanza, la paciencia y el tiempo dedicado durante toda la carrera y en especial en este trabajo.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** por el tiempo, las enseñanzas, el apoyo, por su amistad a través de toda la carrera y en el trabajo de investigación.

A la **Dra. Ma. De Lourdes Morales Caballero** y al **Q.F.B. Antonio Aguilera Carbó** quienes formaron parte importante en mi formación académica, gracias por sus enseñanzas y consejos.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su apoyo brindado en el laboratorio.

A mis amigos: Gil Hinojosa Cortés, Lupita Salinas Castañon, Francisco Hernández Centeno, Manuel Valencia Jerónimo, Edgar Gutiérrez Solís, Fernando Quiñónes, por su compañía y las experiencias vividas durante mi estancia en Saltillo.

DEDICATORIAS

A **Dios** por guiarme en el camino del bien y permitirme llegar a esta etapa de mi vida, así como iluminarme para no decaer en mi caminar.

A mis padres:

MANUEL DE JESÚS PADILLA.

MA. CONCEPCIÓN DE LARA MIRELES.

Por todos los sacrificios hechos durante mi vida de estudiante, por su cariño, amor, comprensión, consejos, por depositar la confianza en mí y por darme la mejor herencia que se puede dar a un hijo, pues este logro es de ustedes.

A **Sergio** (el amor de mi vida) por la ayuda, compañía, comprensión, dedicación y cariño que siempre me brindo así como a estimularme para seguir adelante durante el transcurso de la carrera .

A **mis abuelitos** por los consejos que siempre me brindaron.

A **mis tíos** por los consejos y ayuda moral que me ofrecieron.

Al **Ing. José Mancillas** por la asesoría y el material facilitado para la realización de éste trabajo de investigación, pues si ello no hubiera culminado dicha investigación.

INDICE GENERAL

Pág.

Agradecimientos.....	I
Dedicatorias.....	ii
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Capítulo I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Justificación.....	4
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Características del nopal.....	5
2.1.1. Componentes del nopal.....	6
2.1.2. Clasificación taxonómica del nopal.....	7
2.1.3. Distribución geográfica.....	8
2.1.4. Composición del suelo.....	9
2.1.5. Usos del nopal.....	10
2.2. Tuna.....	13
2.2.1. Tuna de duraznillo (<i>Opuntia leucotricha</i>).....	15
2.2.1.1. Descripción.....	16

2.2.1.2. Distribución geográfica.....	16
2.2.2. Usos de la tuna.....	17
2.2.2.1. Industrialización de la tuna.....	18
2.2.2.2. Características de vinos de tuna de <i>Opuntia amyclae</i> , <i>Opuntia streptacantha</i> y <i>Opuntia robusta</i>	19
2.3. Fermentación.....	20
2.3.1. Tipos de fermentación.....	21
2.3.2. Naturaleza de la fermentación alcohólica.....	21
2.3.3. Sucesión de géneros y especies de levaduras durante la fermentación alcohólica.....	22
2.3.4. Controles de la fermentación.....	23
2.3.4.1. Fuente de energía.....	23
2.3.4.2. Aireación.....	24
2.3.4.3. Valor del pH.....	24
2.3.4.4. Temperatura.....	25
2.3.4.5. Nutrientes y Activadores.....	26
2.3.4.6. Inhibidores.....	26
2.3.4.7. Concentración inicial de azúcares.....	28
2.3.4.8. Sistemas de fermentación.....	28

2.4.	Vinos.....	30
2.4.1.	Descripción.....	31
2.4.2.	Clasificación de los vinos.....	32
2.4.2.1.	Vinos blancos.....	32
2.4.2.2.	Vinos tinto.....	34
2.4.3.	La guarda de los vinos	34
2.4.4.	Tiempo de la guarda.....	35
2.4.5.	El servicio del vino	35
2.5.	Licores.....	36
2.6.	Evaluación sensorial.....	37
2.6.1.	Aplicación de la evaluación sensorial.....	37
2.6.2.	Pruebas afectivas	37
2.6.3.	Clasificación de las pruebas.....	38
2.6.3.1.	Prueba de preferencia.....	38
2.6.3.2.	Prueba de medición del grado de satisfacción	38
2.6.3.3.	Prueba de aceptación.....	38
	Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1.	Abastecimiento de materia prima.....	39
3.2.	Equipos y materiales.....	40

3.3. Reactivos.....	41
3.4. Etapa 1. Análisis bromatológico.....	41
3.4.1. Humedad.....	41
3.4.2. Cenizas.....	41
3.4.3. Proteína.....	42
3.4.4. Extracto etéreo.....	43
3.4.5. Determinación del contenido de fibra cruda.....	43
3.4.6. Determinación del pH.....	44
3.4.7. Acidez.....	44
3.4.8. Determinación de azúcares.....	44
3.4.8.1. Determinación de azúcares por refractometría	44
3.4.8.2. Determinación de azucares por el método volumétrico	
De Lane-eynon.....	45
3.4.8.2.1. Determinación de azucares reductores.....	45
3.4.8.2.2. Determinación de azucares totales.....	45
3.5. Etapa 2. Elaboración del licor	46
3.5.1. Limpieza del fruto.....	46
3.5.2. Selección.....	47
3.5.3. Obtención de jugo.....	47

3.5.3.1.	Mondado.....	47
3.5.3.2.	Estrujado.....	47
3.5.3.3.	Clarificación.....	48
3.5.3.4.	Desfangado.....	48
3.5.3.5.	Chaptarización	48
3.5.3.6.	Corrección al mosto.....	48
3.5.4.	Fermentación inducida.....	49
3.5.4.1.	Descube.....	49
3.5.4.2.	Clarificación.....	49
3.5.4.3.	Embotellado.....	49
3.6.	Etapa 3. Elaboración del vino.....	50
3.6.1.	Recolección del fruto.....	50
3.6.2.	Empaquetado.....	50
3.6.3.	Selección del fruto.....	50
3.6.4.	Tratamientos previos a la industrialización.....	51
3.6.4.1.	Limpieza y selección.....	51
3.6.4.2.	Mondado.....	51
3.6.4.3.	Estrujado.....	51
3.6.4.4.	Clarificación.....	51

3.7.	Fermentación alcohólica.....	52
3.7.1.	Obtención del inóculo.....	52
3.7.2.	Inicio de la fermentación.....	52
3.7.3.	Seguimiento de la fermentación.....	53
3.7.3.1.	Determinación del pH	53
3.7.3.2.	Determinación de azúcares reductores	53
3.7.3.3.	Determinación de acidez total titulable	53
3.7.3.4.	Determinación del grado alcohólico.....	53
3.7.3.5.	Envasado y almacenamiento.....	54
3.8.	Evaluación sensorial.....	54
3.8.1	Pruebas de aceptación.....	56
3.8.2.	Prueba de preferencia.....	57
Capítulo IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES		58
4.1.	Etapa 1. Análisis físico-químico de la materia prima	58
4.2.	Etapa 2. Preparación del licor.....	58
4.3.	Etapa 3. Preparación del vino de tuna.....	59
4.3.1.	Seguimiento de la fermentación.....	60
4.3.2.	Análisis físico-químico del producto terminado.....	63
4.4.	Etapa 4. Obtención de rendimientos.....	63

4.4.1. Eficiencia de la fermentación.....	65
4.5. Etapa 5. Evaluación sensorial.....	66
4.5.1. Prueba de aceptación.....	66
4.5.2. Prueba de preferencia.....	72
4.5.2.1. Resultados obtenidos en la prueba de preferencia.....	72
Capítulo V. CONCLUSIONES	73
Capítulo VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación taxonómica del nopal tunero.....	7
Cuadro 2	Variedades de nopal usadas como forraje.....	8
Cuadro 3	Especies más conocidas de nopal tunero.....	14
Cuadro 4	Proporción de alcohol por litro en vinos y bebidas más comunes.....	30
Cuadro 5	Temperaturas de diversos vinos según el tipo de crianza.....	35
Cuadro 6	Análisis bromatológico de <i>Opuntia leucotricha</i>	58
Cuadro 7	Análisis físico-químico del licor del fruto de <i>Opuntia leucotricha</i>	59
Cuadro 8	Cinética de fermentación del vino de <i>Opuntia leucotricha</i>	60
Cuadro 9	Análisis físico-químico del vino después del almacenamiento para su maduración.....	63
Cuadro 10	Rendimientos de <i>Opuntia leucotricha</i>	64
Cuadro 11	Resultados de la evaluación de sensorial al licor de <i>Opuntia leucotricha</i> por 53 y 48 evaluadores respectivamente.....	67
Cuadro 12	Resultados de la evaluación sensorial al vino de <i>Opuntia leucotricha</i> por 51 y 41 evaluadores respectivamente.....	70
Cuadro 13	Resultados de la prueba de preferencia realizada en licor de tuna madura y el vino añejado.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Principales características del nopal.....	6
Figura 2	Características de <i>Opuntia leucotricha</i>	16
Figura 3	Distribución geográfica de <i>Opuntia leucotricha</i> en el estado de Zacatecas.....	17
Figura 4	Tuna verde de <i>Opuntia leucotricha</i> para la elaboración del licor....	46
Figura 5	Mondado en forma manual.....	47
Figura 6	Obtención del jugo de <i>Opuntia leucotricha</i> para la preparación del licor.....	48
Figura 7	Presentación del licor de <i>Opuntia leucotricha</i>	50
Figura 8	Obtención del jugo de <i>Opuntia leucotricha</i> para la preparación del vino.....	51
Figura 9	Obtención del inóculo para la fermentación.....	52
Figura 10	Fermentación alcohólica del jugo de <i>Opuntia leucotricha</i>	52
Figura 11	Presentación final del vino de tuna de <i>Opuntia leucotricha</i> madura	54
Figura 12	Prueba de aceptación.....	57
Figura 13	Prueba de preferencia.....	57
Figura 14	Gráfica del consumo de azúcares por refractometría.....	60
Figura 15	Gráfica del consumo de azúcares reductores.....	61

Figura 16	Gráfica del porcentaje de alcohol en función al tiempo.....	62
Figura 17	Gráfica del comportamiento de la acidez durante el proceso fermentativo	62
Figura 18	Gráfica del comportamiento de la acidez durante el proceso fermentativo.....	64
Figura 19	Rendimientos del licor de tuna verde y madura.....	65
Figura 20	Rendimientos del vino de tuna madura.....	65
Figura 21	Evaluación sensorial del licor.....	66
Figura 22	Evaluación sensorial del vino.....	66

RESUMEN

El nopal de duraznillo (*Opuntia leucotricha*) es la vegetación ampliamente distribuida en las zonas áridas del país, se desarrolla en clima templado a frío con una temperatura promedio de 16°C, con una precipitación media anual de 400-500 mm. Este fruto se desarrolla en los meses de Junio a Septiembre.

El fruto de duraznillo (*Opuntia leucotricha*) es apetecida por el ganado, debido a la ausencia de espinas y fácil eliminación de glóquidos (Beltrán,1964).

Lo anterior genera el interés por utilizar el fruto de (*O.leucotricha*), para darle una industrialización a partir de la elaboración de licores y vinos que le darán al mismo mayor vida de anaquel, un valor agregado

El presente trabajo consta de cinco etapas experimentales: análisis bromatológico de la materia prima, preparación del licor, preparación del vino, obtención de rendimientos y evaluación sensorial.

Los resultados obtenidos indicaron que el producto con mayor aceptación fue el licor elaborado con tuna madura por tener las siguientes características: mayor porcentaje de azúcares, mayor tiempo de reposo lo que le da un color más transparente y agradable, no deja resabio amargo sólo un poco de sequedad pero es aceptable.

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la historia de nuestro país, una imagen ligada a su desarrollo, la constituye el nopal, elemento fundamental para la mitología histórica en la fundación de la civilización azteca y su capital, Tenochtitlán. La planta llamada por los aztecas *nochtli* o *nopalli*, es endémica del continente Americano perteneciente a los géneros *Opuntia* y *Nopalea* (Pimienta, 1993).

En Mesopotamia tuvieron gran importancia, y en especial entre los Mexicas fueron parte de su concepción y simbología determinante de la fundación de México Tenochtitlán, así como un recurso básico durante su peregrinación y en la vida diaria para cubrir sus necesidades. En náhuatl se dio el nombre de *nochtli* a los frutos y a la planta completa (Villegas, 1995).

El hombre a través del tiempo a venido utilizando el nopal para cubrir sus necesidades como lo son: forraje, medicina y para el consumo en fresco (verdura o fruta).

Dentro de las especies utilizadas como nopal tunero se encuentran:

Opuntia ficus indica (tuna mansa), *Opuntia streptacantha* (tuna cardona), *Opuntia megacantha* (nopal de castilla o tuna amarilla), *Opuntia amiclae* (tuna alfajayucan), *Opuntia robusta* (Tuna taponá S.L.P. y Bartolona en Zac.), *Opuntia hipricantha* (Tuna chavena), *Opuntia leucotricha* (duraznillo), (Rojas, 1961).

La especie de interés es la *Opuntia leucotricha* distribuida en los estado de S.L.P., Zacatecas y Durango donde dicha investigación tienen como objetivo dar una alternativa para que el fruto sea de consumo humano, ya que es sub-utilizada,

lo que da la pauta para ser industrializada a través de uno de los métodos mas antiguos que es la fermentación alcohólica.

La historia del vino y la del hombre están invariablemente entrelazadas. El vino siempre ha estado ligado a nuestra civilización. La vid es originaria de la región del Mar Negro y su cultivo se extendió al sur del Medio Oriente en el año 6000 a. C. Su agricultura comenzó en Mesopotamia y luego se difundió al este de Fenicia y Egipto.

Los Fenicios donde quiera que iban llevaban consigo sus vides, de este modo la diseminaron desde la floreciente zona del Mediterráneo hacia Europa, África y Asia. En su origen la palabra griega refería no sólo al jugo fermentado de la uva, sino que a la fermentación de cualquier fruta. Para todas estas culturas primigenias, el vino era un regalo de los dioses y estaba muy unido al mundo espiritual. Los Egipcios atribuían a Osiris la creación del vino y se han encontrado ánforas etiquetadas con el año de embotellado, las cualidades del vino, dónde fue embotellado y el jefe viñatero, o sea, un rudimento del enólogo de hoy.

Si bien los indicios de la elaboración de vino llegan desde épocas remotas tales como los hombres de las cavernas (se han encontrado semillas de uvas con mas de 12 .000 años de antigüedad, depositadas en cavidades construidas en la roca dentro de cuevas), debemos en si decir que la evolución y propagación del vino por toda la edad antigua tuvo a una cultura como precursora, la cual llevó el vino a lugares que hoy son los máximos exponentes de la elaboración de vinos a nivel mundial (Francia, Italia y España) (ANÓNIMO 3).

OBJETIVO GENERAL

Utilizar el fruto del nopal de duraznillo, *Opuntia leucotricha*, para la obtención de bebidas alcohólicas con posibilidad de producción industrial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar análisis físico-químico, para la caracterización del fruto de *Opuntia leucotricha*.
- 2) Establecer las condiciones para la obtención de licores a partir de la tuna de duraznillo (*Opuntia leucotricha*).
- 3) Aplicar un proceso fermentativo, utilizando una cepa de *Saccharomyces cerevisea*, para la obtención de una bebida alcohólica a partir del fruto de duraznillo (*Opuntia leucotricha*).
- 4) Obtener los rendimientos del fruto de duraznillo (*Opuntia leucotricha*) en la elaboración de las bebidas alcohólicas obtenidas.
- 5) Evaluar sensorialmente los productos obtenidos mediante pruebas de aceptación y preferencia.

JUSTIFICACIÓN

El fruto de *Opuntia leucotricha* proviene de una cactácea ampliamente distribuida en las zonas desérticas y semidesérticas del país, teniendo requerimientos de cultivo mínimos, se encuentra ampliamente distribuida en el estado de Zacatecas principalmente en la zona centro.

El fruto de este cultivo no ha sido explotado para consumo humano, por ser un cultivo forrajero apetecido por el ganado debido a la ausencia de espinas y fácil eliminación de glóquidos, se encuentra pastoreado al natural.

Por tal motivo el desarrollo de productos alimenticios a partir de este fruto resulta de interés desde el punto de vista económico, para que las personas que cuentan con esta cactácea, empiecen a formarse una cultura nutritiva de la misma y de este modo lograr una mayor vida de anaquel.

El presente trabajo está encaminado a la obtención de un producto mexicano como lo son las bebidas alcohólicas como vinos y licores de mesa, haciendo una combinación adecuada.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1 Características del nopal.

El nopal (*Opuntia spp.*) es una planta de origen mexicano que desde tiempos inmemoriales ha jugado un papel importante en la cultura nacional. Aunque el nopal es un cultivo rústico que crece en suelos pobres y de baja precipitación pluvial, requiere de técnicas agronómicas para su mejor aprovechamiento (Bravo, 1978).

El nopal es una planta con resistencia natural a la sequía, debido a su particular fisiología, compleja estructura anatómica y morfológica, ésta ofrece una alternativa real para el uso de los suelos de las regiones áridas y semiáridas del país, que constituyen aproximadamente el 60% del territorio nacional (Pimienta,1993).

Las especies correspondientes a esta familia son perennes, suculentas, con distintos hábitos; generalmente espinosas, caracterizadas por órganos especiales llamados areóla; limbo ausente de hojas o en algunos casos con muy pocas, solo bien desarrollados en algunos géneros (Bravo, 1978).

El nopal se cultiva en una altura óptima de entre 800 y 2400 m.s.n.m., pudiendo crecer en alturas de hasta 3000 m.s.n.m. Se conoce de algunas especies que ayudan a la estabilidad de dunas, en las costas (Flores y Aguirre, 1989).

De acuerdo a las características del nopal antes mencionadas en la figura 1 se observan a grandes rasgos.

Figura 1. Principales características del nopal



2.1.1. Componentes del nopal.

A continuación se mencionan los principales componentes del nopal, así como el conocer la función de cada uno.

Raíz: Las raíces del nopal se desarrollan superficialmente, ya que son los órganos encargados de realizar el intercambio gaseoso de la planta, durante el día, para suplir la escasa capacidad que tienen los cladidos para realizarlo en este lapso (Buxbaum, 1950).

Tallo: Al desarrollarse el tallo del embrión se forma la primera penca, que crece hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña; sobre los bordes de ésta nacen uno o varios retoños que sirven de vía para la savia (Idem).

Flor: Las flores son solitarias, que nacen en la base de las areolas, que funcionan como yemas florales o vegetativas. Constan de cáliz unido con el ovario y el limbo.

Fruto: Es una baya ovoide, cilíndrica, de diversos colores, umbilicada en el extremo superior (cicatriz floral), de pericarpio correoso, con numerosos “colchones” de ahuates distribuidos en tresbolillo (forma de distribución de las espinas en las areolas), y semillas de color variable (Olegaray y Velásquez, 1980).

2.1.2. Clasificación taxonómica del nopal.

En la actualidad existen diversas variedades de nopal tunero, tomando en cuenta las variantes en el color, tamaño, grosor de cáscara, de la flor y por la presencia y posición de espinas en los cladidos de acuerdo a la clasificación taxonómica que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del nopal tunero

Reino	Vegetal
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>
Especie	<i>Opuntia spp.</i>

Fuente: Britton y Rose , 1963.

En el cuadro 2 se presentan algunas variedades de nopal usadas como forraje, el cual ha sido explotado de forma desordenada incrementado su uso en la época de sequía (Flores y Valdez, 1989).

Cuadro 2. Variedades de nopal usadas como forraje

Nombre científico	Nombre común
<i>O. streptacantha</i>	Cardón
<i>O. leucotricha</i>	Duraznillo
<i>O. robusta</i>	Tapón
<i>O. cantabrigiensis</i>	Cuijo
<i>O. rastrera</i>	Rastrero
<i>O. microdasys</i>	Cegadora
<i>O. lindheimeri</i>	Cacanapo
<i>O. engelmannis</i>	Rastrero
<i>O. azurea</i>	Coyotillo
<i>O. stenopetala</i>	Serrano
<i>O. Imbricata</i>	Cardencha
<i>O. fulgida</i>	Choya
<i>O. choya</i>	Choya
<i>O. chrysantha</i>	Espina amarilla
<i>O. lucens</i>	Penca redondo
<i>O. duranguensis</i>	Durango
<i>O. tenuispina</i>	Durango

Fuente: Britton y Rose , 1963.

2.1.3. Distribución geográfica

Se conocen 125 géneros de la familia cactácea, que comprenden 2,000 especies. De éstas, 253 pertenecen al subgénero *Platyopuntia*, de las cuales 100 están representadas en México, (Sánchez,1980). El nopal se ha dispersado de México a muchas partes del mundo, por ejemplo, *Opuntia megacantha* crece en Jamaica, Sur de California, Hawai e Italia, y en África del Sur donde se constituyó en una verdadera plaga (Bravo,1978).

Opuntia amyclaea tennore, conocida como nopal de tuna blanca de la variedad *Alfajayucan*, crece de forma natural en México en los estados de Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Guanajuato. En la actualidad, su explotación comercial se realiza en los estados de Hidalgo, Querétaro, México, Tlaxcala, Morelos, Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí, y Zacatecas donde es muy extensa. En la región centro del país (estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Querétaro) se cultiva, en primer lugar, la tuna blanca de la variedad *Alfajayucan*, que corresponde a la especie *Opuntia amyclaea* y madura sus frutos en los meses de Agosto y Septiembre.

En el Norte (Zacatecas, San Luis Potosí y Aguascalientes) se cultivan variedades de tuna con características diferentes, tanto en fenotipo como en época de producción, la región en donde existe una mayor diversidad es en el municipio de Pinos, Ojo Caliente y Pánfilo Natéra del estado de Zacatecas. Las variedades que se pueden mencionar son conocidas con nombres comunes, como Pico chulo,

Naranja, Burrón y Cristalina, que varían entre sí por el color, tamaño, grosor de la cáscara y consistencia de la pulpa (De la Rosa y Santana, 1998).

2.1. 4. Composición del suelo

El suelo es el material que nutre y sostiene al nopal en desarrollo, está compuesto de rocas, agua, materia orgánica, aire, minerales y sustancias que ayudan al desarrollo del cultivo. Algunos de los factores que influyen en la composición del suelo son el clima, la humedad, la temperatura, macro y microorganismos, así como topografía, en su periodo para originar un producto.

El tipo de suelo en el que se desarrolla el nopal es el volcánico, y el calcáreo de textura franca; así como en los suelos franco-arenosos, franco-arcillosos y arenas francas, con un pH de 6.5 a 8.5 (Pimienta, 1993).

La plantación se hace entre los meses de Abril y Mayo, o bien en algunos casos entre Octubre y Noviembre, después de las lluvias, en un terreno limpio, preparado. La penca se entierra hasta la mitad de su largo y se apisona levemente la tierra. La plantación se realiza con una densidad de 40,000 a 55,000 plantas por hectárea, dependiendo de la variedad, condiciones, características del suelo y clima del lugar (Cruz, 1982).

2.1.5. Usos del nopal

En regiones áridas y semiáridas, el nopal es utilizado en diferentes aplicaciones:

1) Forraje

Se utiliza el cladido (hojas) para alimentar al ganado en época de sequía o en el invierno, aunque no es un alimento completo, si suple en gran medida la

cantidad de agua que los animales necesitan. En Brasil se cultiva el nopal para la alimentación de ganado bovino productor de leche y carne (Barrientos, 1965).

2) Hortícola

El cladido tierno tiene sabor agradable, ligeramente ácido entre 4.78 a 5.10 según la variedad y grado de madurez, puede comerse crudo en ensalada, encurtido o en salmuera, vinagre o como verdura guisada, y se le conoce como nopalito (Ramírez, 1978).

3) Medicina

El uso del nopal como planta medicinal se remonta a las culturas prehispánicas. Una práctica común que persiste hasta nuestros tiempos es el uso de cladodios (hojas) calentados para reducir el ardor en los riñones y al orinar. Los jugos del nopal se emplean también en casos de fiebres biliosas y malignas y ayuda para sanar úlceras (Bravo, 1978).

Estudios etnobotánicos en las poblaciones rurales de México han revelado el uso extensivo del nopal como tratamiento para el control de diabetes mellitus. Reportes del uso del nopal para el tratamiento de diabetes también se han registrado en Australia y Sudáfrica. A pesar de la gran cantidad de evidencias de usos medicinales del nopal, no fue hasta que se estableció el Instituto Mexicano de Plantas Medicinales a principios de los 70's, que se empezó a investigar el efecto hipoglucemiante del nopal.

Su consumo tiene efectos en el metabolismo de lípidos. La ingesta de nopalitas cocinadas a las brasas antes de cada comida a individuos sanos obesos y pacientes diabéticos, reduce los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa. Las raíces de algunas especies de nopal se emplea como remedios para diabetes, hernias, erisipelas, hígado irritado y úlceras.

4) El nopal y la cochinilla

La grana (*Dactylopius coccus*) es un insecto parásito del nopal que constituye fuente de un pigmento, o tinte, llamado carmín. En Mesoamérica, desde la época prehispánica el color rojo obtenido a partir de la cochinilla del nopal, gozó de una especial apreciación por varias culturas. La cría de grana en México fue iniciada desde la época de los toltecas. En la época Colonial este colorante ocupó el tercer renglón en las exportaciones de México, después del oro y la plata (Pimienta,1993).

5) Actualmente la Promotora del Maguey y del Nopal desarrolla el siguiente programa:

Extracción del mucílago del nopal, para usarse como: emulsificante, recubridor, lubricante para perforaciones, adherente en pinturas, cosméticas, etc.

Aislamiento y purificación del principio activo hipoglucemiante del nopal, es decir encontrar la sustancia que permite a este vegetal bajar los niveles de azúcar en la sangre de los diabéticos.

Obtención de colorantes naturales a partir de la tuna taponá (*Opuntia robusta*,) y/o cardona (*Opuntia streptacantha*).

6) Entre otros propósitos el nopal puede utilizarse para:

Evitar la erosión de terrenos y el arrastre de las escorrentías y corrientes de agua que azolvan presas y obras hidráulicas.

Reforzar zonas en vías de desertificación.

Fijar dunas en los litorales.

Formar cortinas rompevientos o partes de ellas.

7) Frutícola

El uso del fruto del nopal, se da en forma fresca y procesada, dichos usos serán comentados en apartados posteriores.

2.2. Tuna

Al hablar de cactáceas se hace referencia hacia épocas anteriores, al descubrimiento de América cuando el nopal tenía un lugar importante entre la población, por tener cualidades alimenticias, medicinales e industriales, formando parte de la alimentación en varias tribus que habitaban en el antiguo Anáhuac, muy especialmente la de los Nahuas (Bravo, 1978), quienes lo denominaban “Nochtli” o “Nopalli” (de frutos blancos), “Coznochtli” (de frutos amarillos), “Xoconochtli” (con frutos ácidos) y muchos otros que han sido modificados (Rojas, 1961; Barrientos, 1965).

La palabra “tuna” es de origen haitiano, introducido por los españoles durante sus numerosos viajes en la época de la Conquista y fue teniendo modificaciones al introducirse a Europa. Recibió el nombre de “chumbo” en España; “Figue de barbarie” ó “Raquette” en Francia, los árabes las llamaban “Higos de los cristianos” popularizándose después como “Higo de las indias” de donde viene el nombre específico de ésta planta (Rojas, 1961).

La producción de tuna en México se derivó de una superficie de 57,800 hectáreas, de las cuales 10,850 corresponden a tipos cultivados y el resto a formas silvestres (Bravo, 1978).

La tuna es un fruto de ciclo corto, su desarrollo toma aproximadamente 120 días después del amarre. Como alimento se cultiva el nopal para verdura, con la que se preparan varios platillos, y nopal para tuna, la cual se consume como fruto, y del que se obtiene toda una gama de productos.

Otras especies de nopales que tienen explotación comercial por su fruto y forraje son: *Amyclaea*, *Streptacantha*, *Joconostle*, *Megacantha*, *Rastrera*, *Robusta*, y como ornamento la variedad *Microdasys*.

De acuerdo con Rojas (1961) las especies más conocidas de nopal tunero se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especies más conocidas del nopal tunero.

Nombre científico	Nombre común
<i>O. ficus-indica</i>	Tuna mansa
<i>O. streptacantha</i>	Tuna cardona
<i>O. megacantha</i>	Tuna amarilla
<i>O. amyclae</i>	Tuna alfajayucan
<i>O. robusta</i>	Tuna taponá (S. L. P.) ó Bartolona (Zac.)
<i>O. hipricantha</i>	Tuna chaveña
<i>O. leucotricha</i>	Tuna de duraznillo

Fuente: Rojas ,1961.

El establecimiento de nopal tunero en forma cultivada tuvo un auge importante en los últimos siete años, ya que la superficie se incremento notablemente con la ayuda de las instituciones del sector agropecuario, y al esfuerzo de los agricultores para estimular el desarrollo de nopal tunero.

2.2.1 Tuna de duraznillo

Sinónimia: *Opuntia fulvispina* Salm-Dyck

Opuntia leucotricha.

Nombre(s) común(es): Nopal duraznillo, duraznillo blanco, nopal colorado.

2.2.1.1. Descripción

Arborescente, de 3 a 5 m de altura, ramosa. Tronco más o menos bien definido, cubierto con largos pelos setosos, blancos y flexibles, que miden hasta 8 cm de longitud.

1) *Areólas oblongos*, de 15 a 30 cm de largo, pubescentes. Areólas numerosas, próximas, distantes entre sí a 1 cm, pequeñas, con un haz de glóquidas amarillas en la parte superior y espinas en la inferior.

2) *Espinas setosas*, delgadas, flexibles, blancas, de 1 a 3 en cada aréola, una de ellas mucho más larga, hasta 3 cm de longitud.

3) *Pulpa* fragante y aromática que no queda desprendida de la cáscara al llegar a la madurez de 4 a 6 cm de largo.

4) *Flores* incluyendo el ovario de 5 a 8 cm de largo, pétalos amarillos, anchos, ovario con aréolas numerosas, pequeñas, las superiores con cerdas largas como de 1 cm; filamentos blanco, estilo rojo; lóbulos del estigma 6, verde.

5) *Fruto* globoso, de 4 a 6 cm de longitud, blanco hasta de color púrpura, superficie, pubescente con numerosas areólas pequeñas que llevan fieltro blanco grisáceo y glóquidas amarillas, es aromático y comestible. Semillas arbuclares de 3 mm de diámetro, gris amarillenta (ANÓNIMO 2).

En la figura 2 se muestran las principales características de *Opuntia leucotricha* que la hacen ser un fruto muy especial y succulento.

Figura 2. Características de *Opuntia leucotricha*



2.2.1.2. Distribución Geográfica

En la Altiplanicie de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango alcanza máxima densidad, también se encuentra en Guanajuato, Jalisco, Querétaro e Hidalgo. Las nopaleras de mayor densidad se localizan en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango y están constituidas por *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*, estas nopaleras llegan a alcanzar hasta 600 plantas/ha (Borja, 1963).

En la figura 3 se puede observar la distribución geográfica de *Opuntia leucotricha*, en el estado de Zacatecas.

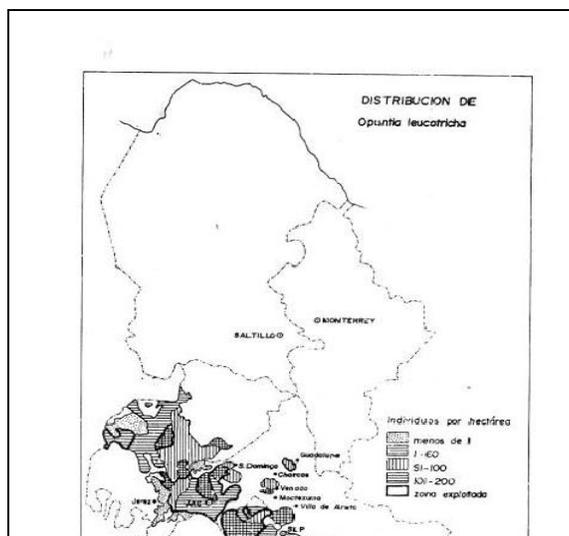


Figura 3. Distribución geográfica de *Opuntia Leucotricha* en el estado de Zacatecas.

2.2.2. Usos de la tuna

El fruto o tuna, es delicioso, de sabor agradable, que según la variedad y grado de madurez puede consumirse en fresco o preparada. De los usos podemos mencionar los siguientes:

1) Fresco

Se consumen *Opuntia ficcus indica*, *Opuntia amyclae* y *Opuntia megacantha*

Los xoconostles "*Opuntia joconostle Weber*" se usan en fresco como condimentos, almíbar y cristalizados.

2) Forrajera

La tuna de duraznillo es la única utilizada en este rubro y es de gran valor económico, especialmente para los campesinos dedicados a la ganadería, pues sus areólas y frutos se aprovechan especialmente en la época de sequías (De la Rosa y Santana, 1998).

3) Medicina

Se usan las tunas machacadas y reducidas a pulpa cruda, como cataplasmas. Los indios seris de Sonora acostumbran el uso de la pulpa de las tunas para tratar niños con diarreas persistentes. En Hawai se emplea el mucílago de la tuna como laxante. La tuna de duraznillo se emplea como remedio para aliviar la tos (Pimienta, 1993).

2.2.2.1. Industrialización de la tuna

La tuna se industrializa y se consume a través de la separación la corteza de la pulpa desarrollándose métodos tradicionales para preparar los siguientes productos:

1) Colonche: Producto obtenido de la fermentación del jugo exprimido de la tuna, con bajo contenido alcohólico, se prepara sólo en escala doméstica y debe consumirse fresco pues sufre una rápida acidificación, es refrescante y diurético (Rzedowski, 1964).

2) Aguardiente: En algunas variedades se han realizado pruebas y se obtuvo un aguardiente fino, con carácter delicado aceptable para consumo interno y para exportación (González, 1974).

3) Queso de tuna: Es un producto de los más comunes en la industrialización de la tuna (Lozano, 1958). La desventaja es que existe un bajo control de calidad, por lo tanto genera pérdidas en las ventas (Piña, 1970).

4) El xoconostles "*Opuntia joconostle Weber*" , a partir de la pulpa de este, se obtienen productos encurtidos; así como tunas cristalizadas y de las semillas se obtienen aceites (Lozano, 1958).

2.2.2.2. Características de vinos de tuna (*Opuntia amyclae*, *Opuntia streptacantha* y *Opuntia robusta*)

En estudios realizados por Pérez (1981) sobre la aplicación de la enotecnia al mosto del fruto de *Opuntia amyclaea* obteniendo como producto un vino blanco de mesa que reúna las siguientes características:

Físico-químicos:

- 1) Graduación alcohólica: 8 a 12 °GL.
- 2) Acidez total: 3.0 a 6.0 g/l, expresado en ácido tartárico.
- 3) Azúcares totales: no mayor a 30g/l.

Sensoriales:

El producto final deberá ser un líquido transparente, limpio y brillante, sin materia en suspensión, con un color que puede variar entre el amarillo paja y el amarillo verdoso, un aroma floral-frutal integrando la fruta con los caracteres vinosos, de gusto agradable propio de la materia prima y que obtenga una aceptación mayor al 70% en pruebas de satisfacción.

Así como los estudios realizados por López y Flores (1981) sobre la industrialización de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia robusta* en la elaboración de vino de tuna donde reporta el grado de dulzor de las mismas en diferentes etapas de maduración indicando lo siguiente: en *O. Streptacantha* en concentración normal es de 14 °Brix y para *O. robusta* 12.2 °Brix , llegando a tener un concentración de 20 °Brix al final de la etapa de maduración.

Lo anterior da la pauta para que se utilice a *Opuntia leucotricha* para su industrialización como bebida fermentada.

2.3. Fermentación

Las levaduras, bacterias y hongos, se encuentran dondequiera que hay organismos vivos. Adquiriendo la energía a través de la fotosíntesis, los microorganismos son responsables de la descomposición de productos fotosintéticos. Dichos microorganismos están en competencia directa con otras especies por la energía para la vida, por este motivo el hombre ha desarrollado sistemas de control, a través de la conservación de alimentos controlando y estimulando el crecimiento de organismos, para crear condiciones desfavorables para otros tipos y reteniendo los nutrientes deseados para los alimentos (Desrosier , 1987).

La palabra fermentación se refiere a la forma en que los microorganismos adquieren la energía a través del consumo de los azúcares de un sustrato y por medio de su metabolismo son convertidos en alcohol a través de un proceso de anaerobiosis en condiciones controladas generando una fermentación incompleta.

2.3.1. Tipos de fermentación de azúcares

Los microorganismos son usados para fermentar azúcar por oxidación completa, oxidación parcial, fermentación alcohólica, fermentación de ácido láctico, fermentación butírica y otras acciones fermentadoras menores.

Las bacterias y los mohos son capaces de convertir el azúcar (glucosa) a bióxido de carbono y agua. Pocas levaduras pueden ejecutar esta acción. La fermentación más común es aquella en donde se da oxidación parcial del azúcar.

Las levaduras son los convertidores de azúcares a alcoholes más eficientes. Muchas especies de bacterias, levaduras y mohos son capaces de producir alcohol. La levadura *Saccharomyces cerevisiae var. ellipsoideus*, es de gran importancia industrial en la fermentación alcohólica. Las levaduras industriales producen alcohol en cantidades recuperables. Aunque otros microorganismos son capaces de producir alcohol, esto ocurre en mezclas de aldehídos, ácidos y ésteres de tal manera que es difícil de recuperar (Desrosier, 1987).

2.3.2. Naturaleza de la fermentación alcohólica

La fermentación de la fruta estrujada, o del zumo, es un fenómeno muy sencillo de realizar. El mosto se enturbia, se calienta, desprende burbujas gaseosas.

La fermentación se ha comparado siempre con una ebullición y su nombre tiene origen en la palabra latina *ferver*, que significa *hervir*. Mientras la fermentación

se produce, el líquido pierde su sabor azucarado y se vuelve vinoso (Peynaud, 1977).

Lavoisier demostró que el azúcar es transformado en alcohol y en gas carbónico. Gay-Lussac elaboró una fórmula matemática de la reacción:

Azúcar = alcohol + gas carbónico

100 = 51.34 + 48.16

Pasteur estableció que la ecuación de Gay-Lussac es válida para el 90% del azúcar transformado. El resto lo forman glicerol, ácido succínico y ácido acético, y productos secundarios como: ácido láctico, butilenglicol, acetaldehído, ácido pirúvico, alcoholes superiores y diversas sustancias.

Pasteur demostró que la fermentación se produce en condiciones de anaerobiosis, se creía que era provocada por descomposición espontánea de la materia orgánica (Peynaud, 1977).

2.3.3 Sucesión de géneros y especies de levaduras durante la fermentación alcohólica.

Las levaduras, bacterias y hongos son los microorganismos que empiezan a sobrevivir y multiplicarse en el medio de fermentación, inicialmente el mosto supone un medio adecuado; poco a poco este medio se va haciendo más inhóspito debido a la formación de alcohol, la disminución de azúcares necesarios para su catabolismo y la reducción de los nutrientes necesarios para su anabolismo. Una vez superado un período inicial de adaptación, las poblaciones de levaduras y bacterias se incrementan rápidamente, pero estas últimas pierden la batalla de la

supervivencia, permaneciendo durante gran parte del proceso fermentativo en un estado de latencia (Pérez, 1981).

La velocidad del proceso fermentativo está totalmente ligada a la densidad de población de levaduras fermentativas: se aprecia una primera etapa de adaptación, seguida de una segunda etapa de crecimiento exponencial (fermentación tumultuosa, es decir muy viva y agresiva, con gran desprendimiento de gas carbónico) que va siendo cada vez menor hasta llegar a una etapa de crecimiento poblacional nulo. Tras esta etapa la mortalidad comienza a ser mayor a la multiplicación, lo que corresponde a las últimas fases de la fermentación.

2.3.4. Controles de la fermentación:

Los alimentos están expuestos a constantes contaminaciones, causadas por microorganismos que encuentran las condiciones adecuadas para su desarrollo, lo cual genera la obtención de nuevos productos a través de procesos de fermentación.

2.3.4.1. Fuente de energía

La necesidad inmediata de los microorganismos es una fuente de energía, los carbohidratos solubles rápidamente disponibles. De un modo general, las células encuentran la energía que les es necesaria para vivir bajo dos formas de degradación de la materia orgánica: la respiración, que necesita del oxígeno del aire, y la fermentación que interviene en ausencia del oxígeno. La respiración produce una degradación muy acertada y libera mucha energía. Por el contrario, las

fermentaciones corresponden un mal empleo de la energía, porque las degradaciones que provocan son incompletas.

2.3.4.2. Aireación

Durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, debía realizarse la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación. Esta oxigenación se consigue en los procesos previos a la fermentación y mediante la aireación en la elaboración de vinos tintos habitualmente se realizan cuando arranca la fermentación y a las 24 hr. Una aireación sumamente excesiva es totalmente absurda ya que, entre otras consecuencias en el vino, no obtendríamos alcohol sino agua y anhídrido carbónico debido a que las levaduras, cuando viven en condiciones aeróbicas, no utilizan los azúcares por vía fermentativa sino oxidativa, para obtener con ello mucha más energía.

El grado de anaerobiosis es un factor importante en el control de las fermentaciones. En las levaduras, cuando grandes cantidades de oxígeno están presentes, se promueve la producción celular de levaduras. Si se desea producir alcohol se requiere un suministro limitado de oxígeno.

2.3.4.3. Valor del pH

El pH influye en el crecimiento microbiano de la misma forma que lo hace en la actividad enzimática. La mayoría de los microorganismos crecen dentro de un rango de pH comprendido entre 3 y 4 (Peynaud, 1977).

En vista de que las fermentaciones más importantes son las son la oxidativa y la alcohólica, el crecimiento de los organismos será controlado por la acidez del medio.

2.3.4.4. Temperatura

Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para el crecimiento; por lo tanto la temperatura del sustrato ejerce un positivo control sobre su crecimiento.

En el caso de la fermentación alcohólica por medio de levaduras la temperatura óptima es de 25°C ya que si se da variación en las temperaturas se corre el riesgo de no obtener los resultados deseados al momento de analizar ó que se realice otro tipo de fermentación.

Las levaduras son microorganismos mesófilos, que dan lugar a la fermentación en un rango de temperaturas de 13 °C a 35°C; cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios. Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que parece que las altas temperaturas que hacen fermentar más rápido a las levaduras llegan a agotarlas antes.

La temperatura más adecuada para realizar la fermentación alcohólica se sitúa entre los 18-23°C y es la que se emplea generalmente en la elaboración de vinos blancos. Sin embargo, para elaborar vinos tintos es necesaria una maceración de los hollejos (y pepitas) de las uvas con el fin de extraer taninos principalmente, de manera que se fermenta a temperaturas más elevadas (24-31°C) para buscar una mayor extracción de estos compuestos.

Por encima de 33-35°C el riesgo de detener la fermentación al igual que el de alteración microbiana ya que en estas elevadas temperaturas las membranas celulares de las levaduras dejan de ser tan selectivas, emitiendo substratos muy adecuados para las bacterias (Ward,1991).

2.3.4.5. Nutrientes y Activadores

Las levaduras fermentativas necesitan los azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros substratos para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga de una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación alcohólica.

El nitrógeno es de todos el más importante, siendo necesario que el mosto contenga inicialmente nitrógeno amoniacal y en forma de aminoácidos por encima de 130-150 ppm. Una deficiencia de estos nutrientes hará que ataquen contra las proteínas, liberándose H₂S (Ward,1991).

La presencia de esteroides y ácidos grasos insaturados son también necesarios obteniéndolos inicialmente del mosto y posteriormente de las células madres. Esteroides y ácidos grasos insaturados de cadena larga son necesarios fundamentalmente para que sus membranas celulares puedan ser funcionales (Pérez,1981).

2.3.4.6. Inhibidores

Es importante evitar la presencia de inhibidores en el mosto como restos de productos fitosanitarios y ácidos grasos saturados de cadena corta.

El SO₂ inhibe las bacterias malolácticas Peynaud (1974) confirmando anteriores trabajos, así como las observaciones de muchos bodegueros sobre el SO₂ combinado como inhibidor de estas de estas bacterias. El SO₂ libre era de 5 a 6 veces más eficaz que el SO₂ combinado y que el SO₂ combinado con el piruvato era ligeramente más eficaz que cuando estaba unido al acetaldehído. Observaron, que en un medio artificial de pH entre 3 y 3.5, cantidades de SO₂ combinado de 45 y 104 ppm permitían únicamente un ligero crecimiento de *Leuconostoc oenos* pero no la fermentación.

El ácido fumárico es empleado para inhibir la fermentación maloláctica ya que en pequeñas cantidades inhiben el desarrollo celular, pero por ser poco soluble, y no estar permitido por los agentes humectantes en alimentos se propuso el ácido fumárico como acidulante en lugar del ácido cítrico al embotellar.

Existen inhibidores naturales de levaduras y bacterias que se encuentran en la fruta y el vino como: los ácidos grasos de cadena media y sus ésteres se

conocen desde hace 30 años, como inhibidores de microorganismos. Los glucósidos de las antocianinas también son inhibidores porque forman quelatos con el Mg^{++} y el Ca^{++} evitando así el desarrollo de los microorganismos. Otros compuestos fenólicos inhibidores son la vainilla, el aldehído cinámico el ácido p-cumárico, el ácido ferúlico, el ácido caféico, las pro-antocianidinas y los flavonoles, los cuáles están prohibidos o regulado. El etanol, así como el bajo pH del vino, hacen de este una de las pocas bebidas o alimentos en los que no sobreviven patógenos.

2.3.4.7. Concentración inicial de azúcares

No podemos pensar en fermentar un mosto con una concentración muy elevada de azúcares. En estas condiciones osmóticas las levaduras simplemente estallarían al salir bruscamente el agua de su interior para equilibrar las concentraciones de solutos en el exterior y en el interior de la célula, es decir, lo que se conoce como plasmólisis (Varnam y Sutherland,1997).

2.3.5. Sistemas de fermentación

La fermentación puede llevarse a cabo mediante procesos discontinuos, discontinuos alimentados a intervalos o continuos así como por variaciones de estos procedimientos. Los *cultivos discontinuos* se consideran sistemas cerrados, excepto para la aireación, que contienen una cantidad limitada de medio.

En el cultivo discontinuo todo el sustrato se añade al comienzo de la fermentación, en los procesos discontinuos alimentados el sustrato se va añadiendo a intervalos a lo largo del proceso, esto elimina los efectos de represión por la fuente de carbono utilizables, reduce la viscosidad del medio y los efectos tóxicos. Los sistemas continuos permiten volúmenes de salida de producto que pueden ser más eficaces. La fermentación continua es un sistema abierto en donde el medio se va añadiendo continuamente al biorreactor y se va eliminado simultáneamente igual volumen de medio fermentado (Ward, 1991).

Un fermentador es un recipiente cerrado, acoplado a una entrada de aire y un agitador, en el que se producen reacciones microbianas o bioquímicas con fines comerciales en condiciones controladas; mientras que si cultivan células microbianas se les llaman biorreactores. Ambos sistemas constan de dos fases una gaseosa y otra líquida.

La clasificación de los biorreactores se basa en si la reacción ocurre en una fase o necesita de un entorno multifacético.

Reacciones de una sola fase se denominan reacciones homogéneas, mientras que las reacciones de fase múltiple se denominan heterogéneas. En el caso de las reacciones biológicas y de la mayoría de las reacciones enzimáticas que no pueden aplicarse los términos de homogeneidad y heterogeneidad.

Excepto en el tratamiento en flujo continuo aerobio de aguas residuales y efluentes, la producción de vinagre, y la producción de biomasa microbiana, la mayor parte de las industrias de biotecnología prefieren el modo de operación

discontinuo para las actividades de transformación, y el modo semicontinuo para la producción de biomasa y la razón es una mayor fiabilidad y versatilidad.

Tipos de biorreactores

- 1) Biorreactores de lecho empaquetado
- 2) Biorreactores en columna de burbujas
- 3) Reactores de lecho fluidizado
- 4) Reactores de lecho de goteo
- 5) Reactores de enzimas o células inmovilizadas

(Byong, 2000).

2.4. Vinos

El vino es el producto obtenido por la fermentación alcohólica de un mosto, trasegado, clarificado y estabilizado, que si no es de uva se identifica de acuerdo al producto que le da origen, en este caso *vino de tuna* y tomarlo como otra opción de bebida mexicana con características propias.

La fermentación alcohólica es la base de la vinificación. Sin su presencia un "vino" nunca sería vino, ya que para ello su graduación alcohólica ha de ser por lo menos de 9% Vol., exceptuando determinados vinos blancos como es el caso de

los vinos enverados, en la cuadro 4 se presentan una clasificación de algunos vinos y otros bebidas alcohólicas. Sin embargo, su importancia no radica únicamente en la obtención de etanol a partir de los azúcares de la uva, sino que además durante el proceso fermentativo se van a formar una gran cantidad de productos secundarios que influyen en la calidad y tipicidad del vino (Pérez, 1981).

Cuadro 4. Proporción de alcohol por litro en vinos y bebidas más comunes.

Bebida	% Grado alcohólico
Cerveza	4
Sidra	6
Vino blanco	9 – 13
Vino tinto	9 – 13
Champagne	10 – 11
Vino dulce	16
Licor	45
Coñac	40 – 42
Ron	50 – 57

2.4.1. Descripción

Los vinos son las bebidas alcohólicas elaborada por fermentación del jugo, fresco o concentrado, de frutas o bayas. La graduación de los vinos varía entre un 7 y 16% de alcohol por volumen; la mayoría de los vinos embotellados tienen entre 10 y 14 gL. Los vinos dulces tienen entre un 15 y 22% de alcohol por volumen.

El alcohol de vino, alcohol etílico o etanol, de fórmula C_2H_5OH , es un líquido transparente e incoloro, con sabor a quemado y un olor agradable característico. Es

el alcohol que se encuentra en bebidas como la cerveza, el vino y el brandy (Pérez, 1981).

El líquido fermentado, que contiene de un 7 a un 12% de etanol, se concentra hasta llegar a un 95% mediante una serie de destilaciones. En la elaboración de ciertas bebidas como el whisky y el brandy, algunas de sus impurezas son las encargadas de darle su característico sabor final.

El vino tiene una gran proporción de agua, además de otras sustancias químicas:

1) El ácido tartárico es característico sobre todo de los vinos jóvenes, en especial los tintos, cuyo sabor áspero y fresco se debe a la presencia de ese ácido. Se encuentra en la uva y en el vino. Muy resistente a la acción de las bacterias, su concentración disminuye cuando la temperatura del mosto en fermentación desciende (García y Col. 1993).

2) El ácido málico está presente en todo el reino vegetal, tanto en las hojas como en los frutos. Se encuentra en la fruta verde en cantidad suficiente para dotarla de un sabor acerbo. Con la fermentación maloláctica, que no siempre se verifica, se transforma en ácido láctico; el vino adquiere entonces un sabor más agradable, se vuelve suave y pierde la acidez característica de los vinos recientes.

3) El ácido cítrico está presente en cantidades muy pequeñas. Se encuentra tanto en la fruta como en el vino.

4) También hay que recordar los compuestos fenólicos, responsables del color y sabor. Los taninos forman parte de estos compuestos y están presentes en el

hollejo, en el raspón y en las pepitas. Si su concentración es elevada, confieren al vino un gusto astringente, similar al de la fruta verde. Los vinos blancos contienen porcentajes más bajos de taninos que los tintos.

5) Los azúcares del vino son principalmente glucosa y fructosa, presentes en porcentajes casi iguales con una preponderancia mínima de la fructosa hacia el final de la fermentación. Sirven para equilibrar un posible rastro de amargor dejado por otras sustancias y dan al vino un sabor más o menos dulce. Las sales de los ácidos minerales del vino en forma de aniones y cationes, confieren frescura y sabor, y analíticamente constituyen las cenizas (Pérez, 1981).

2.4.2. Clasificación de los vinos:

Existen diferentes maneras de clasificar los vinos. Por su grado y tipo de crianza se pueden dividir en:

2.4.2.1. Vinos blancos

1) Vinos Varietales: el concepto varietal nace en los países productores del nuevo mundo, refiriéndose a un vino elaborado con una sola variedad, la cual aparece en la etiqueta. Hoy en día cuando se habla de vino varietal, se refiere a un vino joven, fresco y aromático, que generalmente se aprecian mejor el primer año después de su producción.

2) Vinos Reserva: son vinos que generalmente o han sido fermentados en barricas de roble o tienen un tiempo de envejecimiento en estas. Con esto se obtienen aromas y sabores más complejos, atenuándose los aromas juveniles y apareciendo notas tostadas y ahumadas con una mayor intensidad de sabores. Estos vinos

poseen una capacidad de madurar en la botella por aproximadamente un par de años.

En cuanto al grado de dulzor que pueda tener un vino, se clasifican en:

1) Vinos Blancos Secos: se llaman así a aquellos que poseen menos de 2 gramos de azúcar residual por litro. Esto quiere decir que la mayor parte del azúcar de fruta se transformó en alcohol durante el proceso de fermentación.

2) Vinos Blancos Semi-secos: la cantidad de azúcar residual es de 10 a 25 gramos por litro. Se obtienen mediante una separación de las levaduras cuando la fermentación todavía no ha concluido. Por lo tanto, queda en el vino un porcentaje de azúcar que todavía no se transforma en alcohol. La separación de las levaduras puede hacerse por centrifugación, clarificación y sobretodo por filtración.

3) Vinos Blancos Dulces: son aquellos que contienen una cantidad de azúcar residual que puede llegar a 100 gramos por litro o más. Se diferencian en "vinos dulces provenientes de frutas afectadas por la Podredumbre noble" (se obtienen de la acción del hongo *botritis Cinerea* provoca un desecamiento de las cáscaras y modifica la composición de la fruta) y "vinos dulces obtenidos por sobre maduración o late harvest" se obtienen dejando la fruta el máximo de tiempo posible en la planta (ANÓNIMO 3).

2.4.2.2. Vinos tintos

Al igual que en los vinos blancos, dependiendo del tiempo de crianza y sus características, los vinos tintos pueden ser:

1) Vinos Tintos Varietales: Son vinos elaborados con una cepa, generalmente embotellados poco tiempo después de la vendimia, conservando un carácter frutoso. Estos vinos deben beberse relativamente jóvenes, es decir, 2 a 3 años después de su producción.

2) Vinos Tintos Reserva: Las mejores zonas del viñedo y las mejores uvas son destinados a estos vinos. Generalmente tienen un tiempo de envejecimiento en barricas de roble con lo que obtienen aromas y sabores más complejos, atenuándose los aromas juveniles y apareciendo notas tostadas y ahumadas con una mayor intensidad de sabores. Son vinos con una mayor concentración de taninos, los que se van suavizando con el envejecimiento. Estos vinos poseen una capacidad de evolucionar en la botella por varios años (Peynaud, 1977).

2.4.3. La guarda de los vinos

Al momento de guardar los vinos es recomendable tener ciertas consideraciones con la temperatura. La temperatura ideal para la cava (lugar físico donde se guardan los vinos y que permite controlar temperatura, humedad, luz y acceso), es de 12° a 16° C. Pero además es importante que las oscilaciones de temperatura sean mínimas a lo largo del año. Por lo que conviene tener termómetro de pared. En la cava no deben existir olores fuertes ni vibraciones. Las botellas de vino deben apilarse en posición horizontal para que el corcho permanezca húmedo, ya que si se seca, el aire entra a la botella deteriorando el vino.

2.4.4. Tiempo de la guarda

En general, se recomienda beber los vinos blancos cuando están jóvenes y expresan toda su aromaticidad y frescor. Por lo tanto, no conviene guardar un vino blanco más de un año, salvo algunas excepciones como el caso de un gran reserva o un Chardonnay fermentado en barrica, en que el tiempo de guarda puede aumentar a 2 o 3 años. Pasado este tiempo pueden adquirir un aroma oxidado (ajedrezado) y, a la degustación, los encontramos más planos. Los vinos tintos pueden conservarse por más tiempo, dependiendo de su estructura. Esta dada por la concentración de taninos, los que le otorgan un cuerpo capaz de soportar la guarda. El tiempo de guarda puede ir de 1 a 6 años en general, pudiendo los Cabernet Sauvignon de gran cuerpo llegar incluso a 10 años (Peynaud, 1977).

2.4.5. El servicio del vino

Al momento de servir un vino es importante la temperatura ya que gracias a ésta se acentuarán los aromas y sabores propios de cada variedad. Como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Temperatura de diversos vinos según el tipo de crianza

Variedades	Tipo de crianza	Temperatura
Vino Tinto	Reserva	17 - 18 °C
Vino Tinto	Varietales	15 - 16 °C
Vino Blanco	Reserva	10 - 12 °C
Vino Blanco	Varietales	9 - 10 °C
Vino Blanco Licoroso y Dulce	Varietales	6 - 8 °C
Vino Rosé	Varietales	9 - 12 °C
Champagne Nature y Brut	Varietales	6 - 8 °C
Champagne Demisec y Dulce	Varietales	6 - 8 °C

2.5. Licores

Se pueden definir como destilados alcohólicos que se han endulzado y aromatizado con sustancias de sabores compatibles. También se pueden añadir colorantes y algunos no se edulcoran. La elaboración de los licores tradicionales se realiza mezclando el destilado con un jarabe de azúcar que contiene esencias o hierbas en cantidades, tienen un contenido alcohólico de entre un 20 y un 40 %.

La graduación de los licores, un número estandarizado que indica el porcentaje de alcohol por volumen, oscila entre 60 y 70, utilizando como saborizantes distintos jugos de frutas. Entre los saborizantes más utilizados están: la corteza de naranja, la semilla de alcaravea y el endrino, que se encuentran en el curacael kummel y la ginebra de endrino (Encarta, 2001).

Los aguardientes aromatizados con frutas, como los brandies de albaricoque, de melocotón y de cereza, y la ginebra de endrinas también se pueden clasificar como licores y se elaboran sumergiendo las frutas en el aguardiente apropiado, o añadiendo una esencia también se puede añadir un jarabe de azúcar.

En los últimos años se ha comercializado un gran número de nuevos licores. En muchos casos están aromatizados con frutas, son poco azucarados y explotan la preferencia del consumidor por los aguardientes más suaves y por los sabores de frutas naturales. Como tales, estos productos pueden considerarse como una evolución de los licores tradicionales. Por el contrario, las cada vez más populares cremas de licores sí que representan una nueva tecnología.

Se elaboran licores con un contenido en alcohol de inferior al 10%, pero son susceptibles a las alteraciones microbianas por especies de *Lactobacillus*, por lo que es necesario someter el producto final a un tratamiento de pasteurización. El licor se enfría, estabiliza, aromatiza y colorea antes de su embotellado (Varnam y Sutherland, 1997).

2.6. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos la palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir *sentido*. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos, los cinco sentidos (Anzaldúa, 1984).

2.6.1. Aplicación de la evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales se aplican en diversas industrias, tales como la alimentaria, la perfumera, la farmacéutica, la industria de pinturas y tintes.

2.6.2. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuáles el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro (Larmond, 1977). Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y son más difíciles de interpretar (Amerine y col., 1965; Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984), ya que se trata de apreciaciones personales.

2.6.3. Clasificación de las pruebas afectivas

2.6.3.1. Prueba de preferencia

En esta prueba se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra, aquí no se busca determinar si los jueces pueden distinguir entre dos muestras, donde no importan sus gustos personales, sino que se evalúa si realmente prefieren determinada muestra.

2.6.3.2. Prueba de medición del grado de satisfacción

Cuando se debe evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción. En esta prueba se manejan datos subjetivos sobre las respuestas de los jueces sobre cuánto les gusta o les disgusta un alimento.

2.6.3.3. Prueba de aceptación

El que el alimento le guste a alguien no quiere decir que esa persona vaya a querer comprarlo. El deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que el juez reciba, sino también aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos.

(Anzaldúa, 1983).

Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente trabajo se establecieron las siguientes etapas:

1. Análisis bromatológico de la materia prima
2. Preparación de licor
3. Preparación de vino
4. Obtención de rendimientos
5. Evaluación sensorial

3.1. Abastecimiento de la materia prima

La recolección del fruto del nopal de duraznillo (*Opuntia leucotricha*), se inicia en el municipio de Rio Grande, Zac. el 13 de Septiembre del 2002 :

Ubicándose geográficamente en la parte noroeste del estado en las coordenadas 23 38' 00" de latitud norte y 103 38' 00" de longitud oeste a una altitud de 1870 msnm. En el municipio se puede apreciar un clima templado a frío oscilando en 16 grados centígrados promedio con una precipitación media anual de 400-500 mm. Este fruto empieza su desarrollo en los meses de Junio a

Septiembre. Para el caso de este trabajo se utilizaron diferentes etapas de maduración del fruto.

3.2. Equipos y materiales

Aparato de reflujo (Labconco).

Balanza analítica AND HR-200. SERIE:1231097.

Baño María Termo Baño Felisa. Modelo: 373. Serie: 89003

Desecador

Evaporador

Estufa marca Telco, modelo 27.

Mufla marca Thernolyne Furnace 1500

Parrilla de calentamiento

Picnómetro marca DIN Braun Duran

Potenciómetro digital Corning pHmeter modelo 3D

Refractómetro modelo ATAGO N-1E

Refrigerante Pyrex

Sifón Pyrex

Matraz bola fondo plano

Matraz Erlenmeyer 250ml

Matraz Kjeldhal

Papel filtro

Perlas de vidrio

Pipetas y bureta

Probeta

Soporte universal

Vaso de precipitado

Vaso de berceliuz (600ml).

3.3. Reactivos

Mezcla reactiva de selenio

H₂SO₄ {ácido sulfúrico)

Hexano

H₂SO₄ N= 0.255

NaOH N= 0.313 = 1.25%

3.4. Etapa 1. Análisis bromatológico de la materia prima

3.4.1. Humedad

Se utiliza un crisol de porcelana que es secado en la estufa, a peso constante, adicionar 2g de muestra colocar nuevamente en la estufa a una temperatura de 105°C por 6 hr o hasta obtener peso constante (AOAC, 1980).

3.4.2. Cenizas

Se coloca la muestra en crisoles para realizar una preincineración de la muestra en el mechero o parrilla, se chequea hasta que la muestra deje de humear para posteriormente introducirla a la mufla por 2 hr. Pasar los crisoles de la mufla al desecador y dejar enfriar por una hora (AOAC, 1980).

3.4.3. Proteína

Se pesan 5g de muestra y se colocan en un matraz Kjeldhal para añadirle una cucharada de mezcla catalítica (sulfato de potasio y sulfato de cobre). Se le agregan 50 ml de H₂SO₄ concentrado por las paredes del matraz, se introducen 6 perlas de vidrio y se conecta en el aparato digestor a ebullición; la temperatura no debe ser mayor a 300°C ya que puede haber pérdidas de nitrógeno. Al término de la digestión se obtiene un líquido de color claro, se deja enfriar, antes de la solidificación de la sal, se adiciona 250 ml de agua destilada para continuar la destilación.

Para realizar la destilación se preparan matraces erlenmeyer de 500 ml y se agregan 50 ml de H₃BO₃ al 4% y se agregan de 3-5 gotas de colorante mixto. Se colocan los matraces bajo los condensadores, introduciendo los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y coleccionar de 250 a 300 ml del volumen.

Al digerido que esta en el matraz disuelto en agua, se le añaden 110 ml de NaOH al 45%, y unos gránulos de zinc (catalizador), para que se concentre el destilado rápidamente. Se ajusta el tapón del condensador, para mezclar a través de rotaciones suaves, se colocan en la parrilla y se destila el volumen de 250 a 300 ml.

Posteriormente se titula con H_2SO_4 estandarizado (0.1N) o HCl (0.1N) hasta que desaparece el color verde y cambia a color rosa (AOAC, 1980).

3.4.4. Extracto etéreo

Para la determinación del extracto etéreo es necesario utilizar matraces de extracción que contengan perlas de vidrio, después se introduce en la estufa hasta obtener peso constante a una temperatura de 105° C. Se pesan 5 gramos de la muestra en papel filtro, para colocarlo en un cartucho de celulosa que se tapa con algodón.

Se coloca el dedal con la muestra dentro del sifón, fijándolo bajo el refrigerante y al matraz bola que esta a peso constante. Al matraz de extracción se le agregan 200 ml de hexano, se coloca bajo el sifón y sobre la manta de calentamiento, se toma el tiempo de extracción, a partir del hervor por 6 horas.

Al termino de la extracción, se evapora el solvente y se pone a peso constante (introducir a la estufa 105°C), durante 2 horas; se saca el matraz bola, se deja enfriar y para posteriormente pesarse (AOAC, 1980).

3.4.5. Determinación de fibra cruda

Se toman 2 gr. de muestra desengrasada, se coloca en un vaso de berzelius y se le adicionan 100 ml de H_2SO_4 0.255 N.

Posteriormente se coloca el vaso en el aparato de reflujo y a partir de que empiece a hervir se cuentan 30 min.

Se filtra y se realizan lavados con agua destilada caliente hasta quitar la reacción ácida. Se coloca nuevamente el vaso berzelius en el aparato de reflujo con 100 ml de NaOH 0.313 N por 30 min., filtrar nuevamente y se adicionar agua destilada caliente hasta quitar la reacción básica.

Después la fibra que quedo en el filtro es colocada en un crisol de porcelana, para ponerlo en la estufa a 105 °C a peso constante.

Posteriormente se pesa y se preincinera la muestra para pasarla a la mufla por 2 hr a 550 °C. Se saca de la estufa y se deja enfriar para registrar el peso final y los cálculos necesarios (AOAC, 1980).

3.4.6. Determinación del pH

Se utilizó el potenciómetro digital Corning pHmeter modelo 3D; el método consiste en homogeneizar 10 g de la muestra en 100 ml de agua destilada, al homogeneizado se le introduce el electrodo y se registra la lectura, previa calibración con buffer.

3.4.7. Determinación de la acidez

Tomar 14 g de tuna, adicionar 5 gotas de fenoftaleína como indicador, titular con NaOH 0.1N hasta vire de blanco a rosa tenue, el color debe mantenerse por 30 seg. Se registra la cantidad de NaOH gastado.

3.4.8. Determinación de azúcares

Los métodos que se disponen para la determinación cuantitativa de azúcares se basan principalmente en la refractometría, hidrometría, reducción de cobre y cromatografía de intercambio iónico. El método a usar dependerá del tipo y número de muestras y la clase de información que se requiere.

3.4.8.1. Determinación de azúcares por refractometría

Se utilizó el refractómetro modelo ATAGO N-1E, al cual se le agregó una gota de muestra a evaluar y se leyó en la escala de Brix 0-32% a contra luz.

3.4.8.2. Método volumétrico de Lane-eynon.

3.4.8.2.1. Determinación de azúcares reductores

Se pesan de 5 a 10 g de muestra sólida o de 50 a 100 ml de muestra líquida en un vaso de precipitado de 250 ml, se adicionan 100 ml de agua destilada y se agita hasta disolver, se agregan de 2 a 10 ml de acetato neutro de plomo saturado, se agita y se deja sedimentar, enseguida se añaden pequeñas porciones de oxalato de sodio o potasio (1g).

Se agita y se hacen 3 filtrados a la solución (papel #1) hacia un matraz volumétrico de 250 ml y aforar. Se transfiere la solución a una bureta y valorar con ella 5 ml de la solución fehling 1 y 5 ml de la solución 2.

3.4.8.2.2. Determinación de azúcares totales

En un vaso de precipitado de 250 ml, colocar de 1 a 5 ml de muestra sólida (ó de 10-20 ml de muestra líquida), 80 ml de agua destilada y 5 ml de HCl concentrado. Se calienta a baño maría entre 65-70 °C por 15 minutos (hidrólisis).

Se deja enfriar y neutralizar con NaOH 1N. A su vez se adiciona 0.5 ml de solución saturada de acetato de plomo. Se mezcla suavemente para dejar que la solución repose. Así como agregar al filtrado pequeñas porciones de carbonato de sodio anhidro (aproximadamente 1g), se disuelve suavemente y se deja sedimentar. Se realizan filtrados con papel #40 hacia un matraz de aforación de 250 ml, y haciendo 3 lavados con porciones de 10 ml de agua destilada, se afora.

Se cambia la solución a una bureta y se titula con 5 ml de la solución A y 5 ml de la solución B de Fehling.

Estos análisis se realizaron a la materia prima antes de la industrialización con el objetivo de conocer el tipo y la cuantificación de azúcares presentes en la tuna, a su vez para conocer que tipo de azúcares se encuentran en mayor cantidad (AOAC, 1980).

3.5. Etapa 2. Elaboración del licor

Para realizar la preparación de los licores de tuna de duraznillo (*Opuntia leucotricha*) se realiza una evaluación de los mismos.

Primera preparación se utilizó la tuna madura, por contener un alto porcentaje de azúcares favorable para proporcionar mayor dulzor al producto final, así como generar un mayor porcentaje de alcohol.

En la segunda preparación del licor se utilizó el fruto verde (ver figura 4) cuyo contenido de pulpa facilita la etapa de la filtración al contener menor cantidad de sedimento así como el manejo en etapas posteriores.



Figura 4. Tuna verde de *Opuntia leucotricha* para la preparación del licor.

3.5.1 Limpieza del fruto

Se realiza en el huerto del que se extrae, por medio de un barrido, con el objeto de disminuir la cantidad de espinas, se hace de forma manual y se recomienda que sea por las mañanas, ya que las espinas se encuentran mojadas por el rocío lo que evita que la persona atraiga estas espinas.

3.5.2 Selección

Se hace a cada uno de los frutos en cuanto a las características físicas, de tamaño, forma, color y sin daños mecánicos.

3.5.3 Obtención de jugo

El proceso para la obtención del jugo que será utilizado para la elaboración del licor consta de varias etapas descritas a continuación.

3.5.3.1 Mondado

Consiste en la eliminación de la cáscara de la tuna con el fin de obtener la materia prima en condiciones adecuadas, se realiza manualmente (ver figura 5).



Figura 5. Mondado en forma manual.

3.5.3.2 Estrujado

Se efectúa por medio de molienda en licuadora para su posterior filtración, con la finalidad principal de eliminar las semillas, a través de coladores y finalmente a través de tela muselina. Obteniendo el producto que se muestra en la figura 6.



Figura 6. Obtención del jugo de *Opuntia leucotricha* para la preparación del licor.

3.5.3.3 Clarificación

Se introduce el jugo a refrigeración para lograr un mayor separación de la pulpa con el jugo.

3.5.3.4 Desfangado

Es la eliminación de los sedimentos que se depositan en el fondo del recipiente que contiene el mosto. Se hacen filtraciones cada cuatro días para quitar

la mayor cantidad de sedimento. De esta forma se obtiene el jugo de la tuna que será la materia prima para la elaboración del licor.

3.5.3.5 Chaptarización

Esta operación consiste en aplicar azúcar al jugo cuando la fruta tienen un bajo contenido de carbohidratos, así como para ajustar el contenido de azúcares para elevar el grado alcohólico del licor y también mejorar el sabor final del producto. El mosto concentrado debe tener un porcentaje de 10 °Brix.

3.5.3.6 Corrección del mosto

Se produce una corrección del mosto a través de la adición de ácido tartárico, con el objeto de proporcionar una acidez adecuada esta es una práctica aceptada en el procesamiento de tuna .

3.5.4 Fermentación inducida

Se le llama así por que se le adiciona el alcohol para producir en el mosto preparado una conversión del alcohol en licor proceso que tarda aproximadamente de 6 a 7 meses.

3.5.4.1 Descube

Consiste en la separación de los sedimentos que contenga el fermento y a su vez el cambio de envase.

3.5.4.2. Clarificación

Se produce una clarificación por medio de reposos prolongados y decantación para eliminar los agentes que enturbian las bebidas, a través de varias filtraciones con manta y a su vez se deposita en el refrigerador. Estas filtraciones se realizan cada dos semanas con el objeto de mejorar las características sensoriales del producto.

Hasta generar una estabilidad en la bebida que es el estado en el que se observa una limpidez lograda por el clarificado que no presenta alteraciones. A partir de aquí se introduce la bebida en refrigeración para mejorar el color, olor, sabor y apariencia del licor.

3.5.4.3. Embotellado

Se prosigue al embotellado y taponado manual de botellas de vidrio previamente esterilizadas, con capacidad de 750 ml y tapa de plástico. Como se



muestra en la figura 7.

Figura 7. Presentación del licor de *Opuntia leucotricha*

3.6. Etapa 3. Elaboración del vino

3.6.1. Recolección del fruto

Para realizar una buena recolección del fruto se necesita contar con: guantes de hule o piel de preferencia, cubetas, cestos, cajas para recolectar. El corte del fruto es manual, por medio de movimientos circulares para evitar lesiones al fruto o a la penca, intentando que la tuna no se rasgue con las espinas de las pencas ni caigan al suelo, ya que por muy ligera que sea la lesión esto nos provoca la descomposición de la materia.

3.6.2. Empaquetado

Debe tenerse cuidado de que la tuna no sufra golpes, quemaduras por el sol, así como empacar inmediatamente después del corte. Se recomienda que el corte se realice por la mañana y evitar cuando hay vientos o lluvias, debido a que con los vientos los ahuates (espinas) pueden llegar hasta los ojos de las persona y con la lluvia se dificulta la limpieza de la tuna.

3.6.3. Selección del fruto

Se sigue el procedimiento señalado en el punto 3.5.1. para licores

3.6.4. Tratamientos previos a la industrialización

Se sigue el procedimiento señalado en el punto 3.5. 3 . para licores

3.6.4.1. Limpieza y selección

Se sigue el procedimiento señalado en el punto 3.5.1. y 3.5.2. para licores

3.6.4.2. Mondado

Se sigue el procedimiento señalado en el punto 3.5.3.1. para licores

3.6.4.3. Estrujado

Se sigue el procedimiento señalado en el punto 3.5.3.2. para licores. Obtención de la materia prima para la elaboración del vino como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Obtención del jugo de *Opuntia leucotricha* para la preparación del vino.

3.6.4.4. Clarificación

Se utiliza la refrigeración como medio de conservación y de clarificación, debido a que a mayor tiempo de refrigeración se da una mayor aclaración en la coloración del jugo.

3.7 Fermentación alcohólica

3.7.1. Obtención del inóculo:

Se suspenden homogéneamente 2.5 g de levadura en 50 ml medio de cultivo YPG. Se incuba a 25 °C en un baño maría con agitación continua (baja velocidad) ver figura 9.



Figura 9. Obtención del inóculo para la fermentación.

3.7.2. Inicio de la fermentación

Se mezclan 400 ml de jugo de tuna que deben contener de 18% de azúcares, se ajusta el pH entre 3.5 - 4 con ácido tartárico, para posteriormente adicionar el inóculo de levadura al 5% del total del jugo a fermentar. Se incuban el sistema a 25 °C durante 24-48 hrs con agitación continua (a baja velocidad), se retira la agitación, y se continua la fermentación durante 4 ó 5 días hasta que la concentración de azúcares sea menor al 2%. En la figura 10 se muestra la fermentación del jugo de *Opuntia leucotricha*.



Figura 10. Fermentación alcohólica del jugo de *Opuntia leucotricha*.

3.7.3. Seguimiento de la fermentación

En el proceso de la fermentación al inicio y cada 24 hrs se realizó análisis de pH, azúcares (reductores o totales), acidez y grado alcohólico.

Para hacer las determinaciones analíticas se deja sedimentar la muestra a 4°C, y se efectúan los análisis al líquido sobrenadante.

3.7.3.1 Determinación del pH

Utilizando el potenciómetro Corning pH meter 3d. Modelo 1774.

3.7.3.2. Determinación de azúcares reductores

Con el método de licor de Fehling descrito anteriormente en el punto 3.4.8.2.1.

3.7.3.3. Determinación de acidez total titulable

En una muestra de 2.5 a 5 ml, eliminar el contenido de CO₂, calentando a ebullición durante 30 seg. Colocar 20 ml de agua destilada en un matraz erlenmeyer, adicionar unas gotas de fenoftaleína en solución, neutralizar con NaOH 0.1N. reportar el dato de acidez total como gramos de ácido tartárico por 100 ml.

$$\text{Ácido tartárico g/100ml} = \frac{\text{ml NaOH} * \text{N(NaOH)} * 75 * 100}{1000 * 5}$$

3.7.3.4. Determinación del grado alcohólico

Utilizando el picnómetro de marca DIN Braun Duran se determina la gravedad específica (o densidad) del destilado llenando un picnómetro limpio, se pesa y se resta el peso del picnómetro vacío. Aparte se pesa el agua contenida en el picnómetro y se registra el peso.

$$\text{Gravedad específica del destilado} = \frac{\text{Peso del destilado}}{\text{Peso del agua}}$$

A 25°C con este resultado se determina el porcentaje de alcohol contenido en el líquido examinado consultando una tabla alcoholimétrica.

3.7.3.5. Envasado y almacenamiento

En botellas de cristal para evitar la proliferación de hongos, con capacidad de 750 ml, tapa de taparroscca, como se muestra en las figura 11. Se almacena en un lugar fresco para evitar la pérdida de características organolépticas del producto final.



Figura 11. Presentación final del vino del fruto de *Opuntia leucotricha* madura.

3.8. Evaluación sensorial

La finalidad de realizar la evaluación sensorial es para conocer la caracterización de las bebidas así como la aceptación de los productos.

Se contó con alumnos de la especialidad de Ciencia y Tecnología de Alimentos y docentes de la especialidad, por tener conocimientos previos sobre la realización de una evaluación sensorial, jueces consumidores. El número de

evaluadores para las diferentes pruebas oscila entre 40 – 50, y las edades van de 20 a 35 años.

El área de evaluación fue en el laboratorio de Tecnología de Lácteos. Se seleccionó este lugar ya que reúne las condiciones más idóneas para desarrollar el ensayo, se cuenta con el material necesaria para la preparación de las muestras.

Las muestras deben servirse a la temperatura adecuada para que las características puedan ser percibidas adecuadamente, en este caso de 10 a 12 °C.

La cantidad servida fue de 10 ml en vasos desechables, además de un vaso con agua y otro para desechos.

Se estudiaron 4 tipos de muestras:

Muestra # 1 licor de tuna verde

Muestra # 2 licor de tuna madura

Muestra # 3 vino joven

Muestra # 4 vino añejado

Se realizaron pruebas de preferencia y aceptación según Anzaldúa (1994) en ambos productos.

Se utilizaron dos tipos de formatos de acuerdo a las pruebas realizadas, que a continuación serán descritas.

3.8.1. Prueba de aceptación

Este tipo de formato se utilizó para las cuatro muestras con la finalidad de que los jueces indique si les gusta o no el producto.

PRODUCTO

Nombre: _____

Edad: _____

Sección: _____

Fecha: _____

A continuación se presenta una muestra y de acuerdo a su criterio indique con una "x" la opción de la característica percibida.

Color	Olor	Sabor	Apariencia	Sensación
Ámbar	A alcohol	A alcohol	Transparencia	Seco
Rojo carmín	A frutas	A frutas	Opaco	Amargo
Café cobrizo	A añejado	A hierba		Ácido
				Dulce

De acuerdo a su criterio por favor señale con una "x" la opción correspondiente.

1) ¿ Le agrada el color del licor?

Sí _____

No _____

2) ¿ En que presentación le gustaría adquirir el producto?

375ml _____

750ml _____

1lt _____

3) ¿Cuál es el costo que estaría dispuesto a pagar por el producto?

\$25.00 _____

\$ 50.00 _____

\$ 75.00 _____

4) ¿ cuáles serían algunas de las sugerencias que podría dar para mejorar el producto? Y ¿por qué?

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

3.8.2. Prueba de preferencia

Esta es una prueba sencilla, cuyo propósito radica solo en conocer si los jueces prefieren una muestra sobre la otra. Las muestras utilizadas fueron de licor de tuna madura y de vino.

PRODUCTO

Nombre: _____

Fecha: _____

Sección: _____

Edad: _____

Instrucciones:

Pruebe por favor las dos muestras de izquierda a derecha

Primero pruebe la 456 y después la 387

Enjuague la boca entre muestra y muestra

Indique el número de la muestra que prefiere

Prefiere la muestra _____

Comentarios: _____

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

En las figuras 12 y 13. Se observa el material utilizado para las pruebas de aceptación y preferencia.



Figura12. Prueba de aceptación

Figura13. Prueba de preferencia

Capítulo IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a la metodología antes mencionada y con el seguimiento de las etapas de la investigación se obtuvieron los siguientes resultados .

4.1. Etapa 1 Análisis físico-químico de la materia prima

Se utilizó el fruto del duraznillo *Opuntia leucotricha* para ser sometida a análisis bromatológicos, en estado verde y maduro, mediante los métodos establecidos por la AOAC. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis bromatológico de *Opuntia leucotricha*

Análisis	Muestra Fruto verde (%)	Muestra Fruto maduro (%)
Humedad	78.00	69.00
Materia seca	22.00	31.00
Cenizas	1.20	0.59
Proteínas	0.50	1.82
Grasa	0.14	0.12
Fibra	0.66	0.75
Carbohidratos asimilables	19.49	27.72

Donde se observa que el fruto que tiene mejores características es el fruto maduro, por tener un mayor porcentaje de azúcares que le dará características aceptable a los productos finales.

4.2. Etapa 2 Preparación del licor

Se prepararon dos tipos de licores uno preparado con tuna verde y el otro con tuna madura para evaluar tanto las propiedades fisicoquímicas como las sensoriales y los rendimientos, de tal forma que sea posible indicar el grado óptimo de maduración. En el cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos para la elaboración de licores a partir del fruto de *Opuntia leucotricha* en dos etapas de desarrollo.

Cuadro 7. Análisis físico-químico del licor del fruto de *Opuntia leucotricha*.

Análisis	Licor de tuna verde	Licor de tuna madura
PH	4.23	4.35
Acidez	1.2g/100ml	0.51g/100ml
° Brix	12.10	15.10
Azúcares reductores	1.49% Glucosa	1.48 % Glucosa
Grado alcohólico	8%	9%

De los resultados presentados en el análisis es posible apreciar que tanto el licor elaborado a base de tuna verde como el de tuna madura se encuentran dentro de los niveles comúnmente reportados para este tipo de productos, observándose que el licor de tuna madura presenta una concentración mayor de azúcares

(15.10°B) que el de tuna verde (12.10°B) así como que su acidez es menor (0.51 contra 1.2 gr/100ml) lo cual le conferirá características organolépticas diferentes.

4.3 Etapa 3. Preparación del vino de tuna

El vino de tuna fue obtenido mediante un proceso de fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces cerevisiae* como iniciador del proceso, el cual fue seguido mediante el monitoreo del consumo de sustrato y la formación de producto cada 24 hrs.

4.3.1. Seguimiento de la fermentación

El seguimiento se dio realizando análisis fisicoquímicos, a temperaturas que oscilaban entre los 25 –27 °C como lo establecen las normas del AOAC. Las medias de los resultados se muestran en Cuadro 8, los cuáles fueron obtenidos a lo largo del proceso fermentativo que duró 120 hrs.

Cuadro 8. Cinética de fermentación del vino de *Opuntia leucotricha*

Hrs.	Consumo de azúcares		Formación de alcohol (%)	pH	Acidez titulable ácido tartárico (gr/100 ml)
	° Brix	Reductores			
0	18	4.50	0	3.50	0.30
24	14.8	3.87	0	4.18	0.27
48	8.1	3.63	3	3.92	0.43
72	6.1	2.59	4	3.97	0.45
96	6.0	1.63	8	3.98	0.46
120	5.9	1.97	8	4.15	0.49

Figura 14. Muestra la gráfica del consumo de sustrato (azúcar) expresado en grados Brix durante el proceso fermentativo

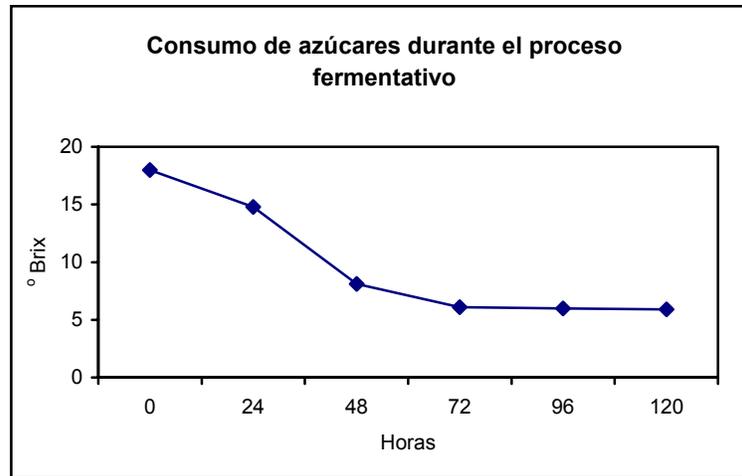


Figura 14. Gráfica del consumo de azúcares por refractometría

La figura 15. Muestra el consumo de azúcares reductores por el licor de fehling.

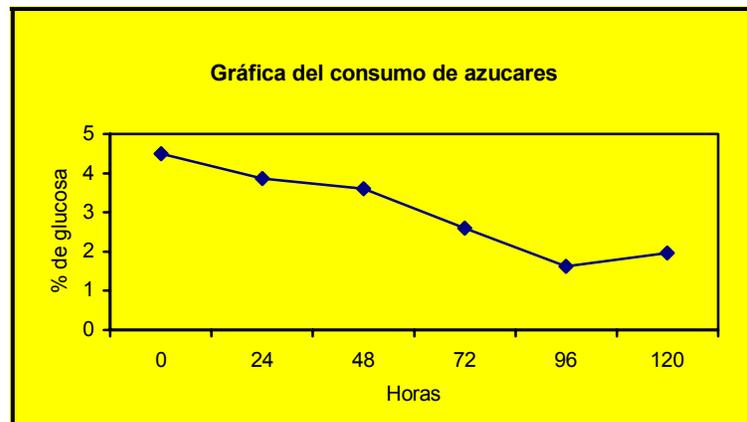


Figura 15. Gráfica del consumo de azúcares reductores.

De la figura 14 se puede apreciar como el nivel de azúcares disminuye considerablemente durante las primeras 48 horas donde el proceso se desarrollo en condiciones de agitación para mantener aireación y dirigir el proceso a la formación de biomasa, después de este tiempo la agitación se suspende para

dirigir el proceso a la formación de alcohol, de donde se aprecia que el consumo de azúcares ocurre de forma más lenta.

En la figura 15 se muestra el comportamiento de los azúcares reductores por el método de fehling donde en las primeras 48 hrs no se observa cambios pronunciados en la disminución de azúcares, sino hasta las 72 comienza a darse la disminución marcada .

La figura 16. muestra la gráfica de la formación de alcohol en función al tiempo

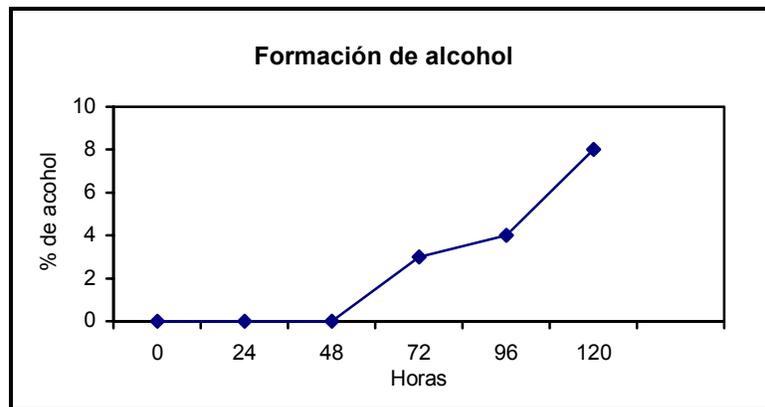


Figura 16. Gráfica del porcentaje de alcohol en función al tiempo.

Durante las primeras 48 hrs no se presenta la formación de alcohol, debido a la formación principalmente de biomasa, una vez suspendida la aireación el proceso se dirige preferentemente a la formación del metabolito indicado, de donde se aprecia el incremento en la concentración del mismo alcanzado su máximo nivel a las 120 hrs (Figura 16).

El pH se mantiene en niveles de 3.5 – 4.2 que son los niveles óptimos para el microorganismo responsable del proceso.

La gráfica 17. muestra el comportamiento de la acidez del sistema expresado como gr/100ml de ácido tartárico.

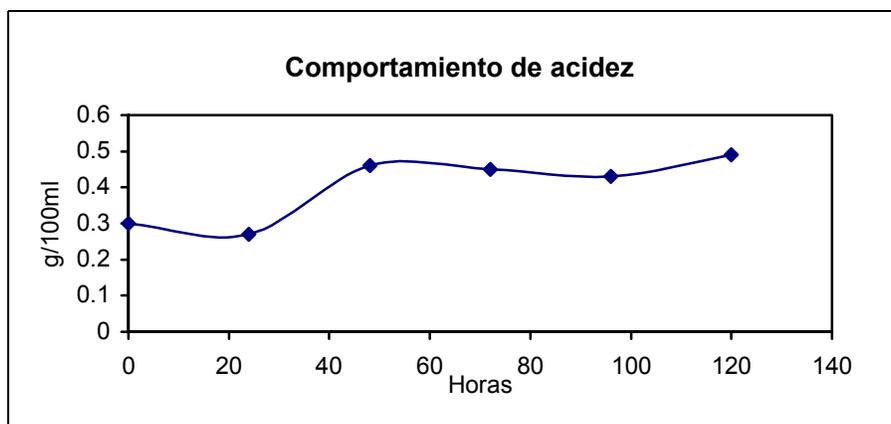


Figura 17. Gráfica del comportamiento de la acidez durante el proceso fermentativo.

De la gráfica anterior se puede observar el incremento en la concentración de ácido tartárico en función al tiempo debido a que el proceso genera no solo alcohol como metabolito sino también algunos ácidos orgánicos como el citado, que confieren características sensoriales específicas a los productos elaborados mediante estos procesos, siendo el producto principal el etanol.

4.3.2. Análisis físico-químico del producto terminado

Con la finalidad de conocer las características físico-químicas del producto terminado, sometido a un proceso de maduración a temperaturas entre 8 – 10°C, durante 5 meses, se realizaron análisis obteniéndose los datos presentados en el cuadro 9.

Determinación	Vino tuna madura
pH	4.57
% Ácido tartárico	0.45 g /100ml
° Brix	5.9
Azúcares reductores	1.36 %
% Alcohol	8

Cuadro 9. Análisis fisicoquímico del vino después del almacenamiento para maduración.

4.4. Etapa 4. Obtención de rendimientos

Se realizó un análisis para determinar el rendimiento del producto de los resultados se puede apreciar que este depende del estado de maduración que presente el fruto, ya que para la tuna madura se obtuvo que entre el 30 y el 35% corresponde al fruto y el resto es cáscara, mientras que para el fruto verde se alcanzó solo alrededor del 25% de pulpa como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Rendimientos de *Opuntia leucotricha*

Materia prima	Licor tuna verde	Licor tuna madura	Vino tuna madura
Tuna entera	60kg	35.20kg	70.10kg
Cáscara	44.40kg	23.20kg	48.50kg
Pulpa	15.6kg	12.0kg	21.60kg
Jugo c/carnaza	24.5	15.5	31 lt
Jugo filtrado	16 lt	10 lt	27lt
Litros de bebida	9lt	6lt	24lt
Densidad bebidas	1.025 g/lt	1.057 g/lt	0.9954 g/lt
Grados Brix	12.1	15	5.9
Grado alcohólico	8%	8%	8%

A partir de la pulpa se obtuvo el jugo que fue utilizado tanto en la elaboración de licores como de vinos de donde se puede apreciar que de 16 lts de jugo de tuna

verde se obtuvieron 9 lts de licor correspondientes al 56% de rendimiento, de 10 lt de jugo de tuna madura se obtiene 6 lt de licor correspondiente al 60% del rendimiento; En el proceso fermentativo se obtienen de 27 lts de jugo de tuna madura se obtienen 24 lt de vino, correspondiente al 88%.

El rendimiento del vino es superior al del licor que es sometido a proceso de filtración para una rápida disminución del sedimento que se forma en los recipientes.

En las figuras 19 y 20 se muestran los rendimientos de licor y vino como producto terminado.



Figura 19. Rendimientos de licor de tuna verde y madura



Figura 20. Rendimientos del vino de tuna madura

4.4.1. Eficiencia de la fermentación

Otro punto importante a considerar en los procesos fermentativos es la eficiencia del mismo, la cual es calculada de la siguiente manera:

$$\% \text{ de eficiencia de la fermentación} = \frac{\text{Volumen del vino} \times \text{°G. L.}}{\text{Volumen del jugo} \times \text{°Brix}}$$

Vino de tuna madura

$$\% \text{ eficiencia en la fermentación: } \frac{24 \text{ lt de vino (8)}}{\frac{27 \text{ lt de jugo (5.9}^\circ\text{B)}}{1.8}} = 66.95\%$$

La eficiencia de la fermentación resultó ser de 66.95%, similar a la reportada por López y Flores ,1981 en el trabajo sobre la obtención de vinos y aguardiente de las especies *Opuntia streptacantha* y *Opuntia Robusta*.

4.5. Etapa 5. Evaluación sensorial

Se realizaron dos tipos de pruebas una de aceptación y otra de preferencia, las cuáles permitieron conocer las características finales de ambos productos. En las figuras 21 y 22 se muestran las evaluaciones realizadas por los jueces.



Figura 21. Evaluación sensorial del licor Figura 22. Evaluación sensorial del vino

4.5.1. Prueba de aceptación

Se realizaron cuatro secciones de evaluación, dedicando dos secciones al licor y dos al vino y los resultados arrojados se presentan en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 11. Resultados de la evaluación sensorial al licor de *O. leucotricha* efectuada por 53 y 48 evaluadores respectivamente.

Características / Descriptor	Licor de tuna verde		Licor de tuna madura	
	No. De juicios	%	No. De juicios	%
Color				
Ámbar	35	66.00	39	81.25
Rojo carmín	1	1.88	2	4.16
Café cobrizo	17	32.00	8	16.66
Olor				
Alcohol	18	33.96	13	27.08
Frutas	14	26.41	20	41.66
Añejado	20	37.73	17	35.41
Sabor				
Alcohol	35	66.00	23	47.91
Frutas	8	15.00	26	54.16

Hierbas	12	22.64	5	10.41
Apariencia				
Transparente	35	66.00	38	79.16
Opaco	18	33.96	10	20.83
Sensación				
Seco	10	18.86	2	4.16
Amargo	28	52.83	12	25.00
Ácido	19	35.84	14	29.16
Dulce	4	7.54	30	62.50
Presentación				
375 ml	13	24.52	14	29.16
750 ml	33	62.26	25	52.03
1 lt	6	3.18	9	1.87
Costos				
\$ 25.00	16	30.18	12	25
\$ 50.00	27	50.94	26	54.16
\$ 70.00	9	16.98	10	20.83

Nota: el número de juicios puede ser mayor al de evaluadores ya que estos pudieron seleccionar mas de un descriptor para una misma característica.

Para el análisis de los datos arrojados por la evaluación de aceptación se siguieron las tablas de Roessler y col. (1956) de una cola al 5% de significancia, definiendo las características del licor de tuna verde como una bebida de color ámbar, sabor a alcohol y apariencia transparente, en tanto que para las características de olor y sensación, el número de juicios otorgados por los evaluadores no permiten definir claramente estas características debido a que las diferencias encontradas entre ellos no son estadísticamente significativas. Se puede considerar en cuanto a la característica de olor que es a alcohol y añejado debido a que estos descriptores son los que recibieron mayor puntaje y en cuanto a sensación la que recibió mas menciones fue la de amargo, sin llegar a ser

significativas, lo cual puede estar ligado a que los jueces son jueces consumidores y no entrenados (cuadro 11).

El 62.26% de los evaluadores indica que la presentación sea de 750 ml, el 24.52% escoge la presentación de 375 ml y el 3.18 % indican que la presentación más adecuada es la de 1lt. En lo referente a los costos del producto el 50.94% indica que sea de \$50.00, el 30.18% de \$25.00 y el 16.98% de los evaluadores indican que sea de \$70.00 (cuadro 11).

En el caso del licor de tuna madura las características son color ámbar, apariencia transparente y al igual que en el caso anterior las características tanto de olor y sabor no presentaron puntajes estadísticamente significativos para poder emitir un concepto, predominando el olor a frutas y el sabor a frutas y alcohol, en tanto que la característica de sensación predomina la dulce sin que llegue a ser significativa al 5% como se esta manejando en el presente estudio (cuadro 11).

En el aspecto referente a la presentación del licor de tuna madura el 52.03% indica que la presentación sea 750 ml, el 29.16% en botellas de 375 ml y el 1.87% una presentación de 1lt. En cuanto al costo del licor de tuna madura los el 54.16% indica que sea de \$ 50.00, el 25% de los evaluadores a \$25.00 y el 20.83% que tenga un costo de \$70.00 (cuadro 11).

Cuadro 12. Resultados de la evaluación sensorial al vino de *O. leucotricha* efectuados por 51 y 41 evaluadores respectivamente.

Criterios de evaluación	Vino joven		Vino añejado	
	No. Juicios	%	No. Juicios	%
Color				
Amarillo paja	16	31.37	11	26.82
Amarillo opaco	32	62.74	30	73.17
Amarillo intenso	0	0	0	0
Olor				
Alcohol	11	21.56	11	26.82
Añejado	21	41.17	24	58.53

Frutas	13	25.49	10	24.39
A hierbas	10	19.60	1	2.43
Sabor				
Alcohol	25	49.01	20	48.78
Hierbas	24	47.05	15	36.58
Frutas	4	7.84	2	4.87
Apariencia				
Transparente	4	7.84	0	0
Opaco	46	90.19	41	100
Sensación				
Amargo	35	68.62	31	75.60
Ácido	10	19.60	5	12.19
Dulce	0	0	1	2.43
Seco	18	35.29	15	36.58
Presentación				
375 ml	19	37.25	20	48.78
750 ml	18	35.29	24	58.85
1 lt	2	0.39	6	1.46
Costos				
\$ 25.00	17	33.32	18	43.90
\$ 50.00	21	41.17	27	65.85
\$ 70.00	1	1.96	4	0.97

Nota el número de juicios puede ser mayor al de evaluadores ya que estos pudieron seleccionar más de un descriptor para una misma característica.

Para el análisis de los datos arrojados por la evaluación de aceptación se siguieron las tablas de Roessler y col. (1956) de una cola al 5% de significancia, las cuales describen que el vino joven tienen un color amarillo opaco, apariencia opaca y deja una sensación amarga, en las características del olor y sabor no se pueden definir estadísticamente por no tener el suficiente puntaje para ser validas. Pero, sin embargo se puede decir según el numero de descriptores señalados, indican que

tiene un olor a añejado y ligeramente a frutas, con un sabor a alcohol y en menor acentuación a hierbas (cuadro 12).

En el aspecto referente a la presentación más adecuada el 37.25% indica que sea de 375 ml, el 35.29% una presentación de 750 ml y el 0.39% una presentación de 1 lt. En el costo del producto el 41.17% indica que sea de \$50.00, el 33.32% indica que sea de \$25.00 y el 1.96% decide que sea de \$70.00 (cuadro 12).

En cuanto a las características del vino añejado los jueces señalan que presenta un color amarillo opaco, apariencia opaca, y sensación amarga con validez estadística y en cuanto al sabor mayor porcentaje de alcohol y una combinación con hierbas (cuadro 12).

En el aspecto de la presentación del producto el 58.85% de los evaluadores indican que sea de 750 ml, el 48.78% escoge la presentación de 375 ml y el 1.46% de 1lt. En lo referente al costo del vino el 65.85% indica que sea de \$50.00, el 43.90% de los evaluadores un costo de \$25.00 y el 0.97% un costo de \$70.00 (cuadro 12).

4.5.2. Prueba de preferencia

Para realizar la interpretación de los resultados obtenidos de la evaluación de preferencia se utilizan las tablas de Roessler y col. (1956) de dos colas al 5%. Las

muestras utilizadas fueron el licor de tuna madura y el vino añejado, obteniéndose los siguientes resultados:

4.5.2.1. Resultados obtenidos en la prueba de preferencia

Las muestra utilizadas fueron el licor de tuna madura y el vino añejado las que presentaron una mayor aceptación en las evaluaciones anteriores, en esta prueba sólo se pide que escojan una muestra u otra, el análisis se realizó a 55 evaluadores, los cuales indicaron cuál fue la muestra de su agrado. El cuadro 15 muestra los resultados obtenidos de esta prueba.

Cuadro 13. Resultados de la prueba de preferencia realizada entre el licor de tuna madura y el vino añejado.

Muestras	Numero de juicios	%
Licor de tuna madura (456)	50	90.90
Vino de añejado (387)	5	9.09

Del cuadro anterior es posible establecer que el 90.90% de los evaluadores prefieren la muestra 456, correspondiente al licor de tuna madura, indicando en las observaciones que es de mayor agrado debido a su sabor dulce, color transparente y no deja resabio amargo, sólo una sensación de sequedad ligera.

Capítulo V. CONCLUSIONES

A través del análisis bromatológico realizado al fruto de *Opuntia leucotricha*, se confirmó que el fruto maduro presenta un contenido más elevado de azúcares (15.01 °Brix a 12.10 °Brix) así como una acidez menor (0.51 g/100ml y 1.2 g/100ml de ácido tartárico) lo cuál impactó directamente sobre los productos elaborados a partir de éstas, siendo la más apropiada la que se encuentra en estado óptimo de maduración para la elaboración tanto de licores como de vino, aunque respecto a estos últimos la literatura sugiere que para la mayoría de las frutas, es mejor el empleo de fruta verde.

Durante el proceso fermentativo se realizaron determinaciones de pH, azúcares, acidez titulable y porcentaje de alcohol. De acuerdo a los resultados arrojados se puede concluir que el tiempo óptimo de fermentación fue de 120 hrs. Ya que después de este periodo el consumo de azúcares es mínimo, así como la formación de producto, característico de una fermentación alcohólica y si se deja durante más tiempo pueden presentarse desviaciones hacia la formación de otros metabolitos indeseables.

En cuánto a los rendimientos es necesario decir que el 70% de la fruta lo constituye la cáscara y el 30% la pulpa lo que no es muy alentador para el proceso de industrialización por tener muy poca pulpa; Pero se pueden eficientar el uso de la misma a través del empleo de la cáscara para la elaboración de otros productos como gelificantes.

El proceso de refrigeración posterior a la fermentación ayuda a la clarificación del vino obtenido y su periodo debe ser de por lo menos 3 meses para tener la estabilidad del color y la limpidez de los licores y vinos jóvenes destinados a un

rápido embotellado ya que se producen transformaciones físicas y se provocan insolubilizaciones, que dan lugar a éstas, lo cuál fue comprobado durante la evaluación sensorial en donde los evaluadores describen al producto sometido a este proceso con color más claro y mejor aceptación.

Es posible obtener bebidas alcohólicas a partir de la tuna del duraznillo las cuáles se ajustan a las características buscadas por los consumidores, así como cumplir con los estándares convencionales para bebidas de este tipo, proporcionando valor agregado a productos fáciles de cultivar y que ha sido empleado exclusivamente en la alimentación animal.

En la etapa de la evaluación sensorial se realizaron dos secciones de pruebas de aceptación y dos secciones para la prueba de preferencia, de donde fue posible observar que el producto con mayor aceptación fue el licor de tuna madura por contener un mayor porcentaje de azúcares, lo que genera un mayor porcentaje de alcohol y a su vez una menor acidez favorable por que no deja el resabio amargo y seco que provoca el alto contenido de acidez que presentaba el licor de tuna verde.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensoriales se dirigen a la preferencia de un 90.9% por el licor y no por el vino ello se debe a que la mayor parte de los evaluadores son un público juvenil quienes prefieren las bebidas con alto contenido de azúcar. Se recomienda realizar una segunda evaluación para el vino entre un público de adultos mayores quienes gustan más de productos de gusto más seco y menos dulce como el vino.

Capítulo VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERINE, M. A., PONGBORN, R. M. y ROESSLER, E.B.(1965). *Principles of Sensory evaluation of foods*. Academic Press. New York. p 67.

ANÓNIMO (1978). *Manual de prácticas recomendadas para la cosecha, transporte, selección, clasificación, empaquetado y conservación de tuna en estado fresco*.

CONAFRUT-SARH. Palo Alto, D.F.

ANÓNIMO 1. Ciencia, vino y salud.

http://odontologia.uchile.cl/form_academ/vino/pagina13.html (18 Octubre de 2003).

ANÓNIMO 2. Opuntia leucotricha.

http://148.233.168.204/pfnm3/fichas/opuntia_leucotricha.htm (15 Enero del 2003).

ANÓNIMO 3. Bebidas alcohólicas.

(<http://zonadiet.com/bebidas/a=vino-historia.htm>) (14 de Noviembre del 2003).

ANZALDÚA – MORALES, A. y BRENNAN, J. G. (1984). *La medición de la textura de frutas y verduras* . I. Frutas y verduras frescas. Tecnología de alimentos 19(2)22. p 67.

ANZALDÚA –MORALES, A., LEVER C. y VERNOM, E. J. (1983). *Nuevos métodos de evaluación sensorial y su aplicación en reología y textura*. Tecnología de alimentos 18(5)4. p 68.

ASSOCIATION OF OFFICIAL CHEMISTS. (1980). *Analytical Methods of Analysis* 13th Ed. Association of Official. Analytical Chemists Washington, D.C.

BARRIENTOS P.F. (1965) *Mejoramiento de diferentes especies del género de Opuntia. En memorias del Primer Congreso de Fitogenética.* México, Sociedad Mexicana de Fitogenética. p 29.

BELTRÁN E. (1964). *Las zonas áridas del centro y norte de México y el aprovechamiento de sus recursos.* Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. p 131, 133 -134.

BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT® ENCARTA® 2003. © 1993-2002 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

BORJA, J. A. (1963). *Bosques en: Conferencia latinoamericana para el estudio de las zonas áridas.* Buenos Aires, Argentina. p 27-29.

BRAVO H. H. (1978). *Las Cactáceas de México.* 2^a. edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p 25

BRITTON, N. L. and ROSE, J. N. (1963). *The cactaceas, descriptions and illustrations of plants of the Cactus family.* New York, USA. p 27.

BUXBAUM, F. (1950). *Morfology of cacti, Section 1. Roots and Stems.* Abrey Garden Press, Pasadena California. p 30.

BYONG H. LEE (2000). *Fundamentos de Biotecnología de los alimentos.* Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. p 143-147.

CRUZ, H. P. (1982). *Guía para cultivar nopal tunero en el estado de Puebla.* INIAH – SARH, México. p 43.

DE LA ROSA HERNÁNDEZ, J. P. y SANTANA AMARO D. (1998). *El Nopal: usos, manejo agronómico y costos de producción en México*. México. Primera edición. p 25-27.

DESROSIER W. NORMAN. (1987). *Conservación de alimentos*. Ed. Continental. México D.F. p. 287-293.

FLORES VALDEZ, C. A. y AGUIRRE RIVERA J. R. (1989). *El Nopal como forraje*. UACh. Segunda edición.p 25,29.

GARCÍA GARIBAY, QUINTERO RAMÍREZ, LOPEZ MUNGUÍA. (1993). *Biotecnología alimentaria*. México. Primera edición. p 68-70.

GONZALEZ G. M. (1974). *Perspectiva de al industrialización de la tuna. Ponencia en mesa redonda del I.M.C.E. Marzo 3 1974. Saltillo , Coah., México (Inédito).*

LARMOND E. (1977). *Laboratory methods for sensory evaluation of foods*. Can. Dept. Agr., Publ. 1637. p 67.

LOPEZ G. J. J. y FLORES H. A. (1981). *Tesis industrialización integral del fruto de Opuntia streptacantha (Lemaire) y Opuntia robusta (Wendland in pfeiffer) en 2 periodos de maduración*. p 71-72.

LOZANO, G. M. (1958). *Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis profesional*. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. p 33.

MOLINA G. J. (1983). *Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México*. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p 30.

OLEGARAY, R. E. y VELÁSQUEZ, H. P. (1980). *Memoria de la Primera Reunión Nacional sobre Ecología. Manejo y domesticación de plantas útiles del desierto*.

p 31.

PEREZ Z. M. R. (1981). *Apuntes de Enología*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Químicas. Centro de Investigación de y estudios de Postgrado. p 15-18, 28-31.

PEYNAUD EMILE. (1977). *Enología práctica (Conocimiento y elaboración del vino)*. Ed. MUNDI-PRENSA. Castelló, 37. Madrid-1. p 119-122.

PHILIP L. CARPENTER. (1979). *Microbiología*. 4^a ed. Editorial Interamericana. México. p 28-30.

PIMIENTA B. E. (1993). *El nopal Opuntia spp. Alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas*. Revista de la academia de la investigación científica. CIENCIA. Vol. 44 No.3 , 339-350.

PIÑA , L. I. (1970). *Región productora de tuna en el estado de Zacatecas*. Cactáceas y suculentas mexicanas. 15 (3). p 64-70.

QUINTANAR, A. F. (1964). *Productos agrícolas mexicanos en la alimentación mundial; ensayo etnobotánico*. Impresora y Editora Mayo. México, D.F. p 24.

RAMÍREZ W. M. (1978). *Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal*. Ed. Tierra. Vol. 29 Núm.1 y 5. p 132-134.

ROESSLER, E. B., BAKER, G.A. y AMERINE, M. A. (1956). *One- tailed and two-tailed tests in organoleptic comparisons*. Food Res. 21, 117.

ROJAS, M. P. (1961). *Aprovechemos la zonas áridas, cultive nopal tunero*. Boletín Agronomía no.79. Escuela de Agricultura y Ganadería. I.T.E.S.M. Monterrey, N. L. México. p75-78.

RZEDOWSKI, J. (1964). *Vegetación de las zonas áridas de los estados de S. L. P. y Zacatecas*. Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. P 17,76-100.

SÁNCHEZ, S. O. (1980). *La flora del Valle de México*. 6ª edición, Ed. Herrero. México, D. F. p 24-25.

VARNAM A. H. Y SUTHERLAND J. P. (1997). *Bebidas. Tecnología, Química y Microbiología*. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España. 166, 251p.

VILLEGAS y D. GANTE. (1995). *El nopal como alimento tradicional mexicano*. Cuadernos de nutrición. Vol.18 Núm.

WARD O. P. (1991). *Fermentation Biotechnology*. Open University Press. Editorial ACRIBIA. Zaragoza España. p135-140.