

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



Elaboración de una bebida fermentada a base de Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*)

Por:

NOHEMI ESTEFANI ESPEJO CARRILLO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE
PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*)"

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

Presentada por:

NOHEMI ESTEFANI ESPEJO CARRILLO

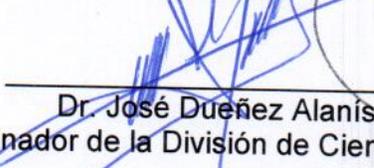
APROBADA:

MC. Carlos Alberto García Agustince
Asesor Principal


Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Coasesor


QFB. Ma. Del Carmen Julia García
Coasesor


MC. Oscar Noé Reboloso Radilla
Coasesor


Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS:

"ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE
PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*)

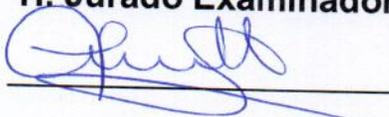
Que se somete a consideración del **H. jurado examinador** como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presentada por:

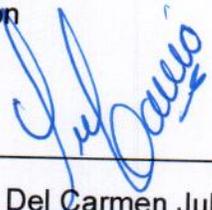
NOHEMI ESTEFANI ESPEJO CARRILLO

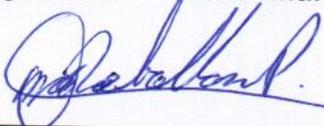
H. Jurado Examinador



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidenta



MC. Carlos Alberto García Agustince
Vocal

QFB. Ma. Del Carmen Julia García
Vocal

MC. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2021

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA TERRA MATER

A mi “**Alma Terra Mater**” por siempre recibirnos con las puertas abiertas, brindándonos la oportunidad de ser parte de ella y forjándonos como grandes profesionistas, conscientes de la responsabilidad ética y social; caminando de la mano con los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos, apoyo y sobre todo su motivación para seguir adelante sin mirar atrás; siempre ha puesto semillas de grandes profesionistas en mi familia “**Buitres por Siempre**”.

A MIS ASESORES

Especial reconocimiento y agradecimiento

MC. Carlos Alberto García Agustince por apoyarme con este proyecto, brindarme sus conocimientos y dedicación.

QFB. Ma. Carmen Julia García por sus sabios conocimientos, su don de gente, por su mística profesional y sobre todo por su inestimable apoyo y confianza depositada en mi persona.

DRA. Xochitl Ruelas Chacón por el amor a la enseñanza y siempre motivarnos para seguir alcanzando logros y crecer profesionalmente.

MC. Oscar Noé Reboloso Padilla por el apoyo incondicional que siempre mantuvo, guiándonos a cosas que nos hacen mejores, y ese es el resultado que usted ha logrado.

LCN. Graciela Martínez Leija por su compromiso y el apoyo profesional brindado en el laboratorio.

TLQ. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por su apoyo brindado en laboratorio.

**A TODOS LOS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS:**

Por transmitirme parte de sus conocimientos y de ser una guía a lo largo de mi formación académica.

MC. Mildred Flores Verástegui, por ser la pionera de mis conocimientos, por instruirme y brindarme sus mejores conocimientos útiles para toda la vida.

DRA. Dolores Gabriela Martínez Vázquez, darle las gracias por enseñarme con el corazón siempre le estaré agradecida por su labor.

A MIS COMPAÑEROS DE LA CARRERA DE ICTA:

Les deseo el mejor de los éxitos y que logren sus objetivos.

DEDICATORIAS

A DIOS:

Tú has venido a la orilla no has buscado a sabios, ni a ricos tan solo quieres que yo te siga Señor, me has mirado a los ojos sonriendo, has dicho mi nombre; en la arena, he dejado mi barca junto a ti, buscare otro mar, tú sabes bien lo que tengo en mi barca no hay oro ni plata, tan solo redes y mi trabajo; me viste a mi cuando nadie me vio, me amaste a mi cuando nadie me amo y me diste nombre yo soy tu niña; la niña de tus ojos porque me amaste a mí.

A MI PADRE y MADRE:

Rogelio Espejo Benítez

Carmen Nohemí Carrillo Siller

Por estar siempre conmigo en todo momento y convertirse en mí ejemplo a seguir, por el apoyo y la confianza que me ha brindado para afrontar la vida.

Nunca se me va a olvidar todos sus consejos y regaños que en todo momento me han ayudado en mi vida y como cada día te has esforzado.

Pero un día se irán de casa y entre sus cosas llevarán un pedazo de mi vida que jamás regresará, mientras tanto quiero darles tantas cosas, quiero darles tanto amor, tanta atención y enseñarles cada día su importancia, su valor, quiero cuidarles el corazón.

A MIS HERMANOS:

Andrés Santos Espejo Carrillo

Sandra Elizabeth Espejo Carrillo

Al enterarme que formarían parte de mi vida sentí una gran emoción, a mi princesa, nuestro regalo de Dios nos ha demostrado como ser fuertes, con el tiempo comenzamos a compartirlo todo: el espacio, las risas y los juguetes, y de un momento a otro supe que seríamos compañeras para siempre.

Más que un lazo de sangre nos une un sentimiento. Mi aprecio por ti es infinito. Sonrío porque eres mi hermano... me río porque no hay nada que puedas hacer para evitarlo. De corazón gracias por todo.

A MI ESPOSO E HIJA:

Gustavo Hernández Pérez

Helen Isabel Hernández Espejo

Por ser mis pilares qué me dan fuerza cada día, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre ayudándome. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fuiste muy motivador, me decías que lo lograría perfectamente.

Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración.

Nuestra hija, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder culminar esta tesis con éxito, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido, ser grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

A MIS TÍOS Y FAMILIA

Laura Espejo Benítez, Salvador Espejo Benítez, Rosa Maia Galván Valdés, (†) Alejandro Espejo Benítez, María de los Ángeles Reyes Vera, Andrés Espejo Benítez, Rosalía Carrillo Siller, (†) María del Pilar Carrillo Siller.

Por confiar en mí, por su apoyo, amor, cariño y esperanza, gracias por brindarme la fuerza necesaria para seguir adelante y luchar por mis sueños gracias por eso y más.

Cinthia Reyes, Bety Trejo, Eli Addi Santos, Joe Androk Espejo, Alexis Espejo, Christopher Eliud Espejo, Luis Espejo.

Ustedes son mi mano derecha, parte de mi familia, más que primos, los considero hermanos. Han estado ahí presentes siempre, y mucho más cuando les he necesitado. Quiero agradecer en esta ocasión tan especial, por todas sus ayudas y su compromiso como parientes.

A MIS ABUELOS

(†) Andrés Espejo Sánchez, (†) Teodora Benítez Espinoza, (†) María del Carmen Siller Martínez, (†) José Santos Carrillo Vera, (†) Felipe Espejo Sánchez

El corazón de los abuelos siempre late junto al corazón de sus nietos, un lazo invisible de amor sublime que los mantendrá unidos por siempre y no habrá fuerza que pueda cortarlo.

MIS AMIGOS

Domingo Méndez Álvarez, porque has enriquecido nuestra vida con tu presencia tan cariñosa y comprensiva. Y quiero que sepas que nos sentimos muy orgullosos de ti, éxito.

Alfredo López, por su amistad de años y el apoyo incondicional que nos ha brindado.

Brenda Nayetxi Luna Jiménez, eres una amiga maravillosa, única e irreemplazable en todo el mundo porque nadie se puede comparar contigo.

Anai Mares, Cesar Amador, Dulce Roque, Iván López, Ofelia Betsabe, Brenda Mosqueda, y Nelly Coronado, por todas las experiencias que vivimos durante la carrera, aprendí mucho de cada uno de ustedes, les agradezco por hacerme saber que siempre contare con ustedes.

Fernando Jiménez, Addy Bravo, Eliaz Canul, y Jhonatan Moreno, por estar en cada momento de nuestras vidas brindándonos apoyo, una amistad noble es una obra maestra.

Luis Miranda y Karina Sanz, tantas cosas hemos vivido juntos que es imposible olvidar nuestra amistad. Gracias por ser maravillosos y por ser mis mejores amigos.

Juan Carlos Burgos y Moisés Burgos, por sus consejos y apoyo incondicional.

Paula Sánchez, por tus consejos que nos das de todo corazón y por la alegría que reflejas con tu simple presencia, eres un gran ejemplo de mujer.

Familia Hernández Pérez y Hernández Jiménez, por permitirme formar parte de cada una de sus familias, dando gracias por todos sus consejos, brindándonos el apoyo y la confianza de abrirnos sus hogares.

Familia Tadeo Barranco, por todo lo que han hecho siempre, por mí. Definitivamente, ustedes son un ejemplo.

Familia Sánchez Martínez y Mendoza Sánchez, en momentos más felices, su familia ha estado siempre compartiendo felicidad; en los momentos más tristes, nos han acompañado brindándonos sus consuelos y su más grande apoyo. Les agradezco de corazón por todo lo que hacen por nosotros.

Familia Silvestre Castañeda, por la amistad que se ha forjado a través de los años y la confianza que ha existido.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
RESUMEN.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 La pitaya (<i>stenocereus queretaroensis</i>).....	4
2.1.1 Historia de la pitaya.....	9
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	10
2.1.3 Contenido nutritivo.....	11
2.1.4 Variedades.....	12
2.1.5 La oferta de pitaya en México.....	13
2.1.6 La demanda de pitaya en México.....	14
2.1.7 Matriz dafo en pitaya.....	15
2.2 Antecedentes de la fermentación.....	17
2.2.1 Característica para una fermentación.....	18
2.2.2 Levadura.....	18
2.3 Evaluación sensorial.....	19
2.3.1 Base bioquímica de la percepción sensorial de alimentos.....	20
2.3.2 Factores que influyen en la evaluación sensorial.....	21
2.3.3 Tipo de jueces.....	21
2.3.4 Pruebas sensoriales.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Materia prima.....	24
3.2 Preparación de las muestras para su análisis proximal.....	24
3.2.1 Contenido de agua y materia seca parcial.....	26

3.2.2	Dateria seca total.....	27
3.2.3	Determinación de cenizas totales o minerales.....	28
3.2.4	Determinación de extracto etéreo o grasa total.....	29
3.2.5	Determinación de fibra cruda.....	31
3.2.6	Determinación de proteína cruda por el método kjeldahl.....	33
3.2.7	Determinación del extracto libre de nitrógeno (eln) o carbohidratos totales.....	35
3.2.8	Azúcares totales, técnica fenol – ácido sulfúrico.....	35
3.2.9	Azúcares reductores, técnica dns.....	37
3.3	Elaboración bebida fermentada de pitaya.....	39
3.3.1	Limpieza del fruto.....	39
3.3.2	Selección.....	39
3.3.3	Obtención de jugo.....	39
3.3.3.1	Remoción del epicarpio de <i>s.queretaroensis</i>	40
3.3.3.2	Molienda.....	40
3.3.3.3	Clarificación.....	41
3.3.3.4	Desfangado.....	41
3.3.3.5	Chaptalización.....	41
3.4.4	Seguimiento de la fermentación.....	42
3.4.4.1	Descube.....	42
3.4.4.2	Clarificación.....	42
3.4.4.3	Inóculo.....	43
3.4.4.4	Inicio de la fermentación.....	43
3.4.4.5	Seguimiento de la fermentación.....	44
3.4.4.5.1	Determinación de Ph.....	44
3.4.4.5.2	Determinación de azúcares por refractometría.....	45
3.4.4.5.3	Determinación de acidez total titulable, técnica titulación ácido - base.....	46
3.4.4.5.4	Determinación del grado alcohólico, técnica densidad de líquidos.....	46

3.4.4.5.5 Eficiencia de la fermentación, técnica balance de masas.....	46
3.4.4.6 Envasado, almacenamiento y etiquetado.....	47
3.5. Análisis sensorial.....	48
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Etapa 1: Caracterización fisicoquímica de la materia prima.....	49
4.2 Azúcares totales y azúcares reductores.....	51
4.3 Etapa 2: Caracterización química óptima para iniciar la fermentación.....	53
4.4 Etapa 3: Preparación de bebida fermentada de pitaya.....	54
4.5 Etapa 3: Caracterización química del producto terminado.....	55
4.6 Obtención de rendimientos.....	55
4.7 Etapa 4: Evaluación sensorial.....	57
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de <i>Stenocereus queretaroensis</i> . B.Pitaya, Juchipila, Zacatecas, México (fotografías: Dante Figueroa).....	4
Figura 2. Desarrollo del pitayo (Alviter, 2002)	5
Figura 3. Diagrama esquelético de las espinas (Alviter, 2002).	5
Figura 4. Raíz de pitayo (Alviter, 2002).	6
Figura 5. Brote flor de pitayo (Alviter, 2002).	6
Figura 6. Flor y fruto de pitaya (Alviter, 2002)	7
Figura 7. Pulpa de pitayas (Alviter, 2002).	7
Figura 8. Fruto maduro de la pitaya.	9
Figura 9. Sensograma.	20
Figura 10. Diagrama de los pasos para la elaboración de la bebida fermentada a base de pitaya.....	24
Figura 11. Cáscaras de pitaya después del deshidratado.	25
Figura 12. Pulpa y semillas de pitaya después del deshidratado.....	25
Figura 13. Recipientes identificados con cada una de las muestras.....	26
Figura 14. Preparación de muestras para colocar en estufa de aire caliente. ..	26
Figura 15. Crisoles de porcelana en estufa de aire caliente.	27
Figura 16. Incineración de muestras.	28
Figura 17. Obtención de cenizas.	28
Figura 18. Determinación de extracto etéreo o grasa total.	29
Figura 19. Aparato de reflujo soxhlet.	30
Figura 20. Obtención de extracto etéreo o grasa.....	30
Figura 21. Aparato para determinar fibra cruda.	31
Figura 22. Muestras de fibra en tela de lino.	32
Figura 23. Fibra obtenida de las muestras.....	32
Figura 24. Preparación de muestras para digestión.	33
Figura 25. Recuperación de muestra.....	34

Figura 26. Titulación de la muestra.....	34
Figura 27. Azúcares totales en tubos de ensayo.	36
Figura 28. Azúcares reductores en tubos de ensayo.....	37
Figura 29. Fruto maduro de pitaya.....	39
Figura 30. Mondado en forma manual.....	40
Figura 31. Obtención del jugo de pitaya para la preparación del licor.	40
Figura 32. Jarabe de azúcar, para llevar a cabo la chaptalización.	41
Figura 33. Fermento de pitaya con separación de sedimentos.	42
Figura 34. Fermento de pitaya clarificado.....	43
Figura 35. Levadura comercial.....	43
Figura 36. Fermentación alcohólica del jugo de pitaya.....	44
Figura 37. Toma de lectura del pH con potenciómetro.	45
Figura 38. Refractómetro.	45
Figura 39. Presentación de la bebida fermentada del fruto pitaya madura.....	47
Figura 40. Prueba hedónica.....	48
Figura 41. Azúcares totales.	51
Figura 42. Azúcares reductores.....	52
Figura 43. Consumo de azúcar expresado en grados Brix durante el proceso fermentativo.	54
Figura 44. Prueba hedónica (nivel de satisfacción).	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la pitaya del género <i>Stenocereus</i> (Mercado & Granados, 2002).....	10
Cuadro 2. Constitución y composición de sólidos disueltos del fruto (Bravo, 1991).....	12
Cuadro 3. Producción de las diferentes especies de <i>stenocereus</i> cultivadas y recolectadas de poblaciones silvestres por estado (Arreola, 1999)	13
Cuadro 4. Región, nombre científico, nombre común, épocas y sistemas de producción de las diferentes variedades de pitaya (Arreola, 1999)	14
Cuadro 5. Matriz DAFO	15
Cuadro 6. Solución para determinación de azúcares totales	36
Cuadro 7. Solución para determinación de azúcares reductores.....	38
Cuadro 8. Rendimiento promedio por fruto	49
Cuadro 9. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de pitaya	50
Cuadro 10. pH y ° Brix de la bebida fermentada.....	53
Cuadro 11. Análisis fisicoquímico de la bebida fermentada.....	55
Cuadro 12. Obtención de rendimiento, bebida fermentada de pitaya	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Densidad del agua.....	71
Anexo 2. Tabla para determinar grado alcohólico.....	72
Anexo 3. Curva de calibración: azúcares totales y azúcares reductores.....	73

RESUMEN

La Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) es una especie ampliamente distribuida en las regiones áridas y semiáridas del país, se desarrolla en clima templado con una temperatura promedio de 18°C, con una precipitación media anual de 900 mm. Este fruto se desarrolla en las épocas de cosecha que son: la primera en abril-mayo y la segunda en agosto-septiembre. Es de gran importancia tecnológica por sus propiedades nutritivas que permitirá introducirlos en la dieta diaria como alternativa a otros alimentos, por lo que este estudio se enfocó en la obtención, caracterización y procesamiento de una bebida fermentada que complementen las aplicaciones tecnológicas de este fruto, el cual proviene casi exclusivamente de cactáceas. El experimento comprendió el análisis fisicoquímico de la materia prima, elaboración de una bebida fermentada, obtención de rendimientos y evaluación sensorial. Se obtuvo como rendimiento del fruto en su composición: está conformada por 15.75 % de cáscara, 4.16 % de semillas y el 80.08 % de pulpa; los resultados para la cáscara de pitaya indican un 62.42 % de proteína, 5.46 % de extracto etéreo y 12.12 % de fibra cruda, los resultados de azúcares totales y reductores muestra que se tiene buen porcentaje en azúcares los cuales le darán buen procesamiento al fruto. Para la elaboración de la bebida fermentada se realizó por fermentación alcohólica usando *Saccharomyces cerevisiae* monitoreando el consumo del sustrato por 24 horas y se obtuvo una bebida fermentada de pitaya con pH de 3.68, 6° Brix, y 6.54 % de alcohol, eficiencia en la fermentación de 17.12 % y de los 1.9 litros que se realizó corresponde al 42 % de rendimiento, teniendo así un baja producción posiblemente debido al proceso de filtrado en malla al cual se sometió, no se realizó separación de las semillas en su totalidad, repercutiendo en el sedimento y no lograr un mejor aprovechamiento de la pulpa; ya que en cuanto a precios en

temporada de comercialización disminuye su precio. Por último, se comprobó que el producto tuvo la aceptación que se esperaba por parte de los consumidores.

Palabras clave: pitaya, evaluación sensorial, análisis fisicoquímico, bebida fermentada.

1. INTRODUCCIÓN.

La alimentación involucra desde la forma de cultivar, la selección y preparación; hasta en las formas de presentación y el consumo de uno o más grupos alimenticios. Las frutas son los principales proveedores de vitaminas, minerales, fibras y otros elementos necesarios para el funcionamiento del organismo, el crecimiento y desarrollo de las capacidades físicas e intelectuales del individuo. A pesar de la importancia de este fruto, no se tiene mucha información en cuanto a sus propiedades, especialmente cuando crecen en condición silvestre, por lo que en este trabajo se presentan datos sobre la variación en la composición química del fruto (pitaya) y sus componentes (cáscara, pulpa y semillas) en poblaciones silvestres de *S. queretaroensis* que se desarrollan en el estado de Morelos para argumentar la importancia de una alimentación saludable, la variedad de la dieta y los vegetales como principales proveedores de vitaminas, minerales, fibras y otros elementos necesarios para el funcionamiento del organismo.

OBJETIVO GENERAL.

Elaborar una bebida fermentada utilizando como materia prima la pitaya (*S. queretaroensis*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Determinar y aplicar pretratamientos para el secado de los componentes del fruto: contenido de agua, materia seca total.
2. Evaluar las características fisicoquímicas de la cáscara: cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína, azúcares totales y azúcares reductores.
3. Evaluar las características fisicoquímicas de pulpa y semilla en cuanto a azúcares totales y azúcares reductores.
4. Elaborar la bebida fermentada a base de pitaya.
5. Evaluar las características fisicoquímicas y rendimiento de la bebida fermentada: azúcares totales, azúcares reductores, densidad, cenizas y grado de alcohol.
6. Evaluar nivel de satisfacción de la bebida fermentada mediante una prueba hedónica con consumidores.

HIPÓTESIS.

La pulpa de la pitaya posee características fisicoquímicas requeridas para obtener una bebida fermentada que puede ser aceptada por los consumidores.

1.1 JUSTIFICACIÓN.

El conocimiento de la composición fisicoquímica (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) de la pitaya y sus componentes (cáscara, pulpa, y semillas), nos permite comprender el valor nutricional que aporta al consumidor. Uno de los aspectos ecológicos más importantes de *S. queretaroensis* es la época de producción de sus frutos que es de abril a junio, tomando en cuenta que es una alternativa nutricional muy importante en época de estiaje donde representa su única opción de alimento para la fauna silvestre.

En cuanto a los pobladores es importante tener el conocimiento del aporte nutricional de estos frutos que les permitirá introducirlos en la dieta diaria como alternativa durante tu temporada de cosecha (Salcedo *et al.*, 1991).

A diferencia de otros frutos, por el momento no existe conocimiento sobre una eficiente industrialización de la pitaya, en virtud de que su alta jugosidad, alto contenido de mucílago, así como su delicado sabor (que se pierde con relativa facilidad en procesos térmicos), contribuyen a dificultar su procesamiento industrial (Corrales, 2002).

Por tal motivo el desarrollo de productos alimenticios a partir de este fruto resulta de interés, desde el punto de vista económico, además de extender su vida de anaquel.

El presente trabajo está encaminado a la elaboración de una bebida fermentada como producto mexicano.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 LA PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*).

La pitaya es una fruta obtenida del pitayo, un cactus que crece en regiones áridas y semiáridas de América con una amplia distribución desde el sur de Arizona hasta el norte de Colombia y Venezuela.

La pitaya se consume principalmente como fruta fresca (Figura 1), pero tiene un buen potencial en la industrialización de alimentos.



Figura 1. Planta de *Stenocereus queretaroensis*. B.Pitaya, Juchipila, Zacatecas, México (fotografías: Dante Figueroa).

Tipo de reproducción: sexual (por medio de semilla) y asexual (por medio de esquejes, material vegetativo). No se encuentra en peligro de extinción según los datos obtenidos en la Norma Oficial Mexicana de Ecología 059-94-ECOL-1994 (Figura 2). Por lo tanto, no requiere de protección especial.



Figura 2. Desarrollo del pitayo (Alviter, 2002).

El tallo. - contiene el agua suficiente para sobrevivir en los climas cálidos. La capa exterior (epidermis), es muy voluminosa, contiene estomas (pequeños agujeros hundidos). La epidermis contiene un compuesto orgánico de consistencia más dura que el látex, y otras sustancias que regulan la cantidad de agua en el cactus. Lo que diferencia a una especie de otra es la presentación de “aristas o costillas” y espinas en los tallos. Tienen de 2.7 a 3.4 m de altura, pero exceden de vez en cuando los 6 m.

Las espinas. - son estructuras morfológicas de color gris, pegadas a la piel del fruto (Figura 3).

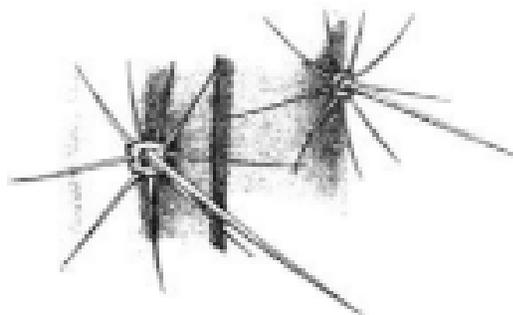


Figura 3. Diagrama esquelético de las espinas (Alviter, 2002).

Las raíces. - se dividen en dos ramificaciones (Figura 4): las principales están en el suelo, a una profundidad de 2 a 10 pulgadas y de 30 cm, de espesor; las secundarias llamadas también adventicias, surgen con la escasez de agua y se desarrollan fuera del suelo.



Figura 4. Raíz de pitayo (Alviter, 2002).

La flor. - es hermafrodita. Las flores tienen una apariencia muy llamativa en forma de trompeta, son de color blanco, amarillo o rosáceo. Nacen pegadas a la epidermis entre las espinas, se producen a partir del mes de abril hasta agosto, se abren después de que ha oscurecido y se cierran poco después de la salida del sol (Figura 5). El desarrollo de la flor depende de la luz, ya sea solar o de la luna que reciban, ya que ellas mismas la buscan.



Figura 5. Brote flor de Pitayo (Alviter, 2002).

El fruto. - es una baya de forma redondeada u ovoide, la cáscara es delgada y contiene muchas espinas. El fruto tiene un peso promedio de 80- 100 g. El fruto de las pitayas está constituido por los carpelos del ovario y por el pericarpelo, los cuales se funden formando un solo cuerpo. La zona peduncular se desplaza hacia arriba, debido a un crecimiento secundario del pericarpio, y los funículos se desarrollan mucho, acumulan gran cantidad de agua y azúcares, y constituyen la pulpa comestible del fruto (Figura 6). El pericarpio tiene un elevado crecimiento secundario, pues sus areolas se activan después de la fecundación, produciendo abundante lana, espinas o escamas, según de la especie que se trate.

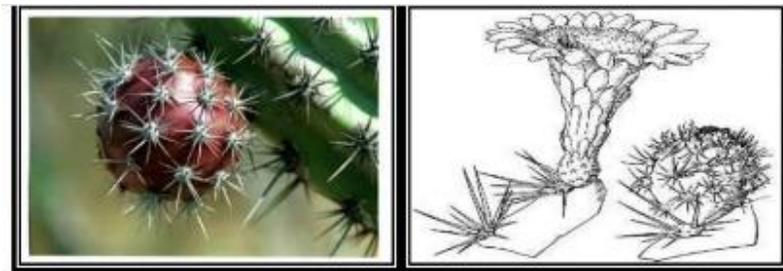


Figura 6. Flor y fruto de pitaya (Alviter, 2002).

Las semillas. - se localizan en la pulpa del fruto. Son semillas pequeñas muy abundantes de color negro brillante.

La pulpa o mesocarpio. - es de color rojo jugosa poco fibroso y aromática, el contenido de sólidos total es de 10 °Brix, al llegar a la madurez comercial, es de sabor agridulce (Figura 7). La pulpa y las semillas en conjunto son la parte comercial y de mayor demanda en el mercado para su industrialización.



Figura 7. Pulpa de pitayas (Alviter, 2002).

Se han identificado (por el color de la pulpa) diferentes variedades de pitaya: blanca, amarilla, morada, solferina (morado rojizo), roja, guinda y mamey, cabe resaltar que el color del fruto se debe a la presencia de pigmentos (betacianinas y betalainas) y que constituyen indudablemente un indicador importante, ya que determinan el atractivo tanto del fruto como de sus productos (Neri *et al.*, 1999). Por su forma unas son aperadas, oblongas, globosas, redondas y ovoides; y por su tamaño: grandes, medianas y chicas (Alviter, 2002).

El fruto debe cosecharse cuando cambian de color verde pálido a un rosado o empiece a aparecer un color rojizo o pintado de rojo; así mismo, el fruto debe de presentar un aspecto hinchado y empezar a tirar la primera espina (Díaz, 1995).

Alternativa alimenticia. - Las épocas de cosecha son: la primera en abril-mayo y la segunda en agosto-septiembre, significa una alternativa alimenticia para las comunidades que habitan estas zonas, y para los lugares donde las comercializan, las cuales sustituyen otros frutos que pertenecen a otras épocas del año. La fauna silvestre que habita en estas zonas donde se desarrollan poblaciones de *Stenocereus*, es una alternativa alimenticia muy importante para aves, roedores, insectos y murciélagos, representando en algunos casos como la única fuente de alimento, que les proporcionará los nutrientes necesarios.

Alternativa nutricional. - El conocimiento de la composición fisicoquímica (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) de la pitaya y sus componentes (cáscara, pulpa, y semillas), nos permite saber el aporte nutricional que tienen estos frutos para el consumidor.

Alternativa económica. - En las principales regiones semiáridas subtropicales de nuestro país existen poblaciones silvestres de pitayo sujetas a recolección de frutos (pitaya), las cuales se consumen o comercializan en los mercados locales o en ciudades cercanas, convirtiéndose de esta manera en un complemento alimenticio y económico de las comunidades asentadas en estas zonas. El

volumen de frutos frescos aportado por las poblaciones silvestres de *S. queretaroensis* superior al obtenido en las superficies cultivadas, lo que viene a confirmar la importancia económica de estas poblaciones (Neri *et al.*, 1999).

2.1.1 HISTORIA DE LA PITAYA.

Las cactáceas son originarias del Continente Americano, figuran entre las plantas más abundantes de las regiones áridas y semiáridas.

- Cuando los conquistadores españoles llegaron a tierras americanas, les causo mucho asombro el ver unas extrañas plantas armadas de espinas y de mal aspecto. Estas plantas eran las cactáceas, familia vegetal endémica en el nuevo mundo. Pero su asombro fue mayor al percatarse de que producían frutos deliciosos, dulces y frescos de delicado sabor y aroma que gustaba mucho a los nativos. Dichos frutos eran comercializados en los tianguis o mercados regionales en diversos puntos del país. Quizá por pereza, los españoles aplicaron a estos frutos nombres antillanos en lugar de los autóctonos, llamándoles “tuna” al fruto de los nopales y “pitaya” al fruto de otras cactáceas diferentes (Figura 8), en su mayoría con tallos cilíndricos, erguidos, columnares o muy ramificados y candelabriformes a los que llamaron “cirios”, “órganos” o “candelabros”, y posteriormente “pitayos” por producir dicha fruta (Sánchez, 1984).



Figura 8. Fruto maduro de la pitaya.

- En Oaxaca y Puebla la pitaya es conocida y aprovechada desde la época prehispánica (Tapia, 1984), mientras que en la región de la Mixteca Oaxaqueña se tienen testimonios de que su cultivo se extendió en el siglo XVIII (1770). Las primeras familias que la cultivaron dieron el ejemplo a otras, y así sucesivamente. Actualmente gran número de poblaciones cultivan pitaya en sustitución o complemento de los cultivos tradicionales (Flores *et al.*, 2003).

2.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

En la actualidad existen diversas variedades de pitaya, tomando en cuenta las variedades en el color, tamaño, grosor de la cascara, de la flor y por la presencia y posición de espinas que se forman a expensas del tejido meristemático de las aréolas de acuerdo con la clasificación taxonómica (Cuadro 1), (Bravo, 1978).

En su mayoría presentan cáscara lisa de color verde con tonalidades rojas (indicador del grado de maduración), cubierta de aréolas y de espinas caedizas, éstas representan del 22 al 35 % del peso total del fruto. La pulpa que es la parte comestible comprende del 60 al 75 % del peso total y en ella se encuentran las semillas, que son negras y pequeñas (3 al 5 % del peso total), (Arriaga, 2015).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la pitaya del género *Stenocereus* (Mercado & Granados, 2002)

<i>Orden:</i>	<i>Cactales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Cactaceae</i>
<i>Subfamilia:</i>	<i>CactoideaeSchum</i>
<i>Tribu:</i>	<i>PadrycereaeBuxanb</i>
<i>Subtribu</i>	<i>Stenocereinae</i>
<i>Género:</i>	<i>Stenocereus</i>
<i>Especie</i>	<i>Queretaroensis</i>
<i>Nombre vulgar</i>	<i>“Pitaya de mayo”</i>

2.1.3 CONTENIDO NUTRITIVO.

En la composición química del fruto, se ha encontrado que el porcentaje de los sólidos solubles totales (° Brix) de la cáscara varía entre 10 % a 14 %, el valor más alto corresponde a la variedad amarilla y el más bajo a la roja. En la pulpa fue de 11 % a 13 % encontrándose mayor contenido en las pitayas moradas y un menor contenido en las rojas, de acuerdo con estos datos, tanto la cáscara como la pulpa constituyen un buen aporte de carbohidratos y agua, para las personas y la fauna silvestre que lo consumen.

Con respecto al contenido de azúcares solubles en pulpa: los valores de azúcares totales variaron entre 2.6 % a 6.2 %, presentando la variedad roja el mayor porcentaje y en azúcares reductores los valores se encuentran entre 2.4 % a 5.8 %, el valor más alto lo tienen las pitayas rojas. A pesar de que en los sólidos solubles y la acidez titulable se encuentran comprendidos en un conjunto de compuestos (glucosa, fructosa y en cierto grado sacarosa) y los ácidos orgánicos (cítrico o málico), el sabor de la pitaya depende del balance entre el contenido de azúcar y de ácidos; como tales son caracteres de interés para el mejoramiento de la calidad y la aceptación del consumidor, favoreciendo su consumo y comercialización (Arriaga, 2015).

Sin embargo, los azúcares reductores y totales resultaron levemente menores en los frutos de menor desarrollo que en los frutos cosechados en el estado en que la cáscara era de color rosa y concluyeron que los cambios de las principales características de la calidad de la fruta dependen del grado de madurez al momento de la cosecha (Corrales, 2002).

En la cáscara se ha registrado un valor de pH entre 4.2 a 4.7 y en la pulpa de 3.9 a 4.6, por otro lado el ácido málico en la cáscara fue de 0.20 % a 0.58 % y en la pulpa de 0.25 % a 0.58 %; en el contenido de azúcares solubles en la pulpa: en los azúcares totales varió entre 2.6 % a 6.2 % y en azúcares reductores 2.4 % a 5.8 %; el contenido en proteína en cáscara osciló de 0.2 a 0.8 mg/ g y en pulpa

de 1.5 a 3.7 mg/ g; el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) en cáscara es 8.4 a 1.4 mg/100 g y en pulpa de 9.6 a 13.8 mg/100 g (Cuadro 2), lo cual nos permite suponer que la pitaya es una buena fuente de proteínas para la fauna silvestre y pobladores cercanos que la consumen.

El contenido de acidez titulable (ácido málico) en la cáscara, es de 0.20 % a 0.58 % y en la pulpa de 0.25 % a 0.58 %, esto nos indica que no hay variación tanto en la pulpa como en la cáscara de este componente químico en el fruto (Arriaga, 2015).

Cuadro 2. Constitución y composición de sólidos disueltos del fruto (Bravo, 1991)

Componente	Contenido
Grados Brix, a 20°C	10.4
Acidez titulable como ácido cítrico	0.64 g/100 mL
p H	3.95
Sólidos en suspensión	0.685 g/100 mL
Sólidos disueltos	9.1015 g/100 mL
Azúcares reductores directos	7.9%
Azúcares reductores totales	8.1%
Vitamina C	11.72 mg/ 100 mL

2.1.4 VARIEDADES.

En México el término pitaya se aplica en sentido amplio a la mayor parte de las frutas de las cactáceas comprendidas en las tribus *Hylocereus*, *Pachycereeae* y *Echinocereus* de la subfamilia *Cactoideae*, y en sentido restringido a la mayor parte de los frutos de las especies incluidas en los géneros agrupados dentro de la subtribu *Stenocereinae*, principalmente a las especies del género *Stenocereus*. Los frutos de algunas especies aún conservan su nombre autóctono o local como “chende”, “chichipe”, “quiotilla”, “teteche” y “xoconoxtle”, mientras que otras

tienen un nombre específico en español, como el “garambullo”, “tunillo” y “pitire”, que son verdaderas pitayas (Sánchez Mejorada, 1984). En la actualidad el término pitaya se usa para designar los frutos que pertenecen al género *Stenocereus* y el término pitahaya para los frutos del género *Hylocereus* (Rebollar, 2002).

Hay al menos 24 especies de *Stenocereus*; de ellos, *S. stellatus*, *S. fricii*, *S. griseus* y *S. queretaroensis* son los más importantes.

2.1.5 LA OFERTA DE PITAYA EN MÉXICO.

Hunt en, 1992 reporta la existencia en México de 22 de las 23 especies del género *Stenocereus* (pitayas), de los cuales, según (Arreola, 1999), diez son objeto de recolección en las pitayeras silvestres y cinco se encuentran bajo cultivo en huertos familiares y plantaciones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de las diferentes especies de *Stenocereus* cultivadas y recolectadas de poblaciones silvestres por estado (Arreola, 1999)

Estados	<i>Friccil</i>	<i>griseus</i>	<i>marginatus</i>	<i>montanus</i>	<i>pruinosis</i>	<i>queretaroensi</i>	<i>quevedonis</i>	<i>standleyi</i>	<i>stellatus</i>	<i>Thurberi</i>
Baja California										●
Baja California S										●
Sonora				●						●
Sinaloa				●			●			●
Nayarit	●			●			●	●		
Jalisco	●					× ●	●	●		
Zacatecas						× ●	●			
Colima	●					× ●	●	●		
Michoacán	× ●		●			× ●	●	●		
Guanajuato						× ●				
Queretaro						× ●				
San Luis Potosi		× ●								
Tamaulipas		●								
Veracruz		× ●								
Morelos									●	
Guerrero		× ●					●			
Puebla		× ●							× ●	
Oaxaca		× ●			× ●				× ●	

En esta gran área se produce en pitayeras silvestres, huertos familiares y plantaciones. La producción se inicia en abril y terminan hasta octubre (algunos autores reportan cosecha hasta noviembre y diciembre) entre las diferentes especies y variedades (Cuadro 4). Esta producción constituye la oferta de pitaya en México.

Cuadro 4. Región, nombre científico, nombre común, épocas y sistemas de producción de las diferentes variedades de pitaya (Arreola, 1999)

Región	Nombre científico	Nombre común	Época de producción (meses del año)												Sistema de producción			
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	S1	H.F.2	P3	
Oaxaca - Puebla	<i>S. griseus</i>	Pitaya de mayo				×	×									●	●	●
	<i>S. stellatus</i>	Pitaya de agosto o xoco										×	×	×	×	●	●	●
Michoacan	<i>S. quevedonis</i>	Pitaya de mayo o Pitire				×	×	×								●		
	<i>S. fricli</i>	Pitaya de aguas										×	×	×	×	●	●	
Jalisco - Zacatecas	<i>S. queretaroensis</i>	Pitayo de Queretaro				×	×	×								●	●	●
Sinaloa - Sonora	<i>S. thurberi</i>	Pitaya Marismeña					×	×	×	×						●		

S1= Silvestre. H.F2= Huerto familiar. P3= Plantaciones

2.1.6 LA DEMANDA DE PITAYA EN MÉXICO.

La pitaya que se produce en México ya sea cultivada o recolectada en las pitayeras silvestres, se consumen en los pueblos y cabeceras municipales de las zonas de producción, así como en las principales ciudades y capitales de los dieciocho estados productores; sin embargo, el porcentaje de la fruta comercializada en relación con la que se produce es mínimo.

Los motivos por lo que se comercializan bajos volúmenes de pitaya son varios, a saber:

- a. A pesar de que en México existe pitaya desde abril hasta octubre, la oferta para los mercados de una región en ocasiones se reduce a dos o tres meses.
- b. La alta perecibilidad de la fruta, que a temperatura ambiente y con el manejo actual dura de tres a cinco días y en las variedades que revientan la cáscara se reduce a uno o dos días.
- c. La limitada o nula organización de los productores de cada región para comercializar o industrializar la pitaya, o bien comercializar una parte e industrializar la otra.
- d. Lo escaso que son los productos elaborados de pitaya (mermeladas, licores, etc.).
- e. La falta de publicidad y promoción para incrementar la demanda de la pitaya a nivel mundial.

2.1.7 MATRIZ DAFO EN PITAYA.

La matriz DAFO es una técnica que permite analizar de manera sucinta la situación de un cultivo a nivel nacional e internacional, enumerando las ventajas y desventajas (aunque se desarrolló para analizar la situación de una empresa en relación con sus competidores), (Cuadro 5). La matriz como tal, se estructura de la siguiente forma:

Cuadro 5. Matriz DAFO

	Ámbito	
	Nacional	Internacional
Desventajas	Debilidades	Amenazas
Ventajas	Fortalezas	Oportunidades

La Matriz desarrollada para la pitaya resulta en lo siguiente:

Debilidades:

- 1) Fruta poco conocida en México y desconocida internacionalmente.
- 2) Alta perecibilidad de la fruta.
- 3) En proceso de domesticación, con poca tecnología para su cultivo (podas, fertilización, abonado, riego, combate de plagas y enfermedades, etcétera).
- 4) Limitados conocimientos postcosecha, procesamiento e industrialización.
- 5) Métodos tradicionales de cosecha, desespinado y comercialización.
- 6) Demanda limitada, pues es solo de parte de la población originaria y residente de las zonas de producción.
- 7) Bajo número de variedades y de especies que producen fruta de calidad en cuanto a: alta producción, gran tamaño, buen sabor, larga vida postcosecha.

- 8) Escaso interés de los funcionarios de las dependencias del gobierno federal (SAGARPA, SEMARNAT, SEDESOL, etc.) en desarrollar Sistema Producto Pitaya.

Amenazas:

- 1) Las investigaciones que se realizan en Israel sobre el cultivo de plantas de pitaya (*Stenocereus*).
- 2) Posible desarrollo del cultivo de variedades del género *Cereus* en Brasil e Israel (en este último país se producen frutos muy semejantes a la pitaya, pero sin espinas).

Fortalezas:

- 1) Gran número de especies de pitaya adaptadas a condiciones de prolongada sequía.
- 2) En algunas especies, gran número de variedades o tipos de pitaya, en cuanto a tamaño, forma, color de pulpa, sabor y vida postcosecha.
- 3) Conocimientos generados en muchos años por los productores sobre aprovechamiento de las áreas pitayeras silvestres y cultivo de plantas de pitaya en huertos familiares y últimamente en plantaciones.
- 4) Experiencia e interés de un buen número de investigadores de diversas instituciones de enseñanza e investigación en trabajar con pitaya.

Oportunidades:

- 1) Apertura de mercados y firma de convenios comerciales de México con diversos países.
- 2) Demanda creciente de frutas “exóticas” por los consumidores de países desarrollados.
- 3) Posibilidad de enviar la pitaya a mercados que pagan mejores precios, como los mercados orgánicos o los mercados “justos”, cuando la fruta procede de productores campesinos y/o indígenas.

2.2 ANTECEDENTES DE LA FERMENTACIÓN.

La fermentación alcohólica es la transformación anaeróbica de azúcares, principalmente hexosas como la glucosa, la fructosa; en etanol y dióxido de carbono (Buratti & Benedetti *et al.*, 2016)

La fermentación alcohólica es un proceso biológico generado por una oxidación incompleta bajo condiciones anaerobias, es un proceso de transformación o descomposición química de hidratos de carbonos (por lo general azúcares: como la glucosa, la fructosa, la sacarosa, el almidón, etc.), en presencia de un microorganismo, bacteria o levadura para obtener como producto final alcohol en forma de etanol, dióxido de carbono (CO₂). Además, se da la formación de otros compuestos orgánicos (Hartley *et al.*, 2012).

Las fermentaciones son alteraciones químicas de los alimentos, que son catalizadas por las enzimas de microorganismos que se encuentran de forma natural en los alimentos o que llegaron a ellos en una etapa posterior a su cosecha o transformación. Es así como, accidentalmente, nuestros antepasados se encuentran ante una leche agria y un jugo de frutas fermentado (Doyle, 2004).

Este accidente resulta en sabores no conocidos hasta entonces, pero agradables. Además, la conservación de los productos se incrementa y se procede entonces a provocar estos procesos fermentativos hasta llegar a nuestros días, en que los microorganismos se aislan, se reproducen e incluso se extraen sus enzimas para lograr la estandarización en los procesos de fermentación. Este fenómeno, que inicialmente fue negativo, se convierte así en un proceso deseado y controlado y los microorganismos participantes resultan ser beneficiosos (Ahmed *et al.*, 2006).

Definen la fermentación como los cambios bioquímicos que tienen lugar en sustancias orgánicas como consecuencia de la actividad de enzimas microbianas. La presencia de microorganismos metabólicamente activos es, por lo tanto, esencial para que avance el proceso fermentativo. Algunas de las

fermentaciones más familiares están a cargo de las levaduras, como la producción de pan o bebidas alcohólicas y la conversión de productos agrícolas como el maíz en alcohol para carburante, cabe mencionar entonces que, las bebidas fermentadas son las procedentes de frutas o de cereales que, por acción de levaduras, el azúcar que contienen se transforma en alcohol (Monereo *et al.*, 2016).

2.2.1 CARACTERÍSTICA PARA UNA FERMENTACIÓN.

La fermentación alcohólica es un proceso de largos tiempos de operación, pues debido a su naturaleza biológica inciden sobre su desarrollo una gran variedad de variables y parámetros operacionales tales como: concentración de azúcares, temperatura, pH, concentración de células vivas, cepa utilizada, entre otros. Esta razón provoca que, desde el punto de vista económico, varios de estos parámetros operacionales deban encontrarse dentro de un intervalo restringido para garantizar la mayor eficiencia posible en un tiempo de operación razonable (García *et al.*, 2015).

2.2.2 LEVADURA.

Las levaduras son organismos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos, las cuales han sido usadas por el hombre desde hace muchos años para obtener productos mediante el proceso de fermentación, debido a su capacidad de descomponer carbohidratos tales como el azúcar bajo condiciones anaeróbicas (Carrillo *et al.*, 2007).

El uso de levaduras es un aspecto importante en los procesos de obtención de bebidas alcohólicas, debido a que estas se encargan de la transformación de los azúcares en etanol y dióxido de carbono; asimismo transforma otros compuestos como ATP (Adenosín trifosfato), NADH/NAD⁺ (Nicotinamida adenina dinucleótido) y NADPH/NAP⁺ Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato), ácidos orgánicos, ésteres (responsables de olores y aromas) y otros alcoholes superiores en menos cantidad (Blanco, 2016).

2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL.

La evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos. El análisis de las propiedades sensoriales se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. La evaluación sensorial se encarga de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo con las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume en las medidas sensoriales los instrumentos de edición son los sentidos que según la clasificación convencional de Aristóteles son: vista, oído, gusto, olfato y tacto. En la actualidad se definen también los sentidos como son el kinestésico, el químico (gusto y olfato), los interorreceptivos entre otros. Aunque por lo general, se considera más correcto hablar de analizadores que de sentidos. El analizador se define como un mecanismo nervioso complejo que empieza en un aparato receptor externo y termina en el cerebro. Los analizadores reciben los estímulos del mundo exterior transformándolos en sensaciones, las que se interpretan e integran con otras sensaciones y con la experiencia anterior transformándose en percepciones. Los estímulos son los atributos sensoriales o características organolépticas del alimento que se evalúa. La percepción de estas es el reflejo o imagen de la realidad que puede ser más o menos fiel en función de la aplicación, o no, de técnicas correctas de evaluación sensorial (Hernández, 2005).

2.3.1 BASE BIOQUÍMICA DE LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS.

El hombre, como todo ser vivo, capta su entorno físico a través de sus sentidos; es decir, por impresiones que los órganos sensoriales reciben del entorno, registran y comparan con impresiones previas. No existe unanimidad en cuanto al número de sentidos que posee el ser humano. Según Marks, el hombre tiene ocho sentidos, es decir, gusto, olfato, vista, oído, dolor, tacto, frío y calor. Pero si el sentido del tacto, el de la percepción del dolor y los de percepción del calor y frío (percepción somatosensorial) se agrupan en uno solo, entonces el hombre tiene 5 sentidos (Figura 9).

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio se produce habitualmente a través de la vista, el olfato (por el aire a través de la nariz), el oído (por ej. se fríe un bistec en el sartén) o el tacto (por ej. al palpar una manzana), o bien por dos o tres de estas percepciones sensoriales simultáneamente.

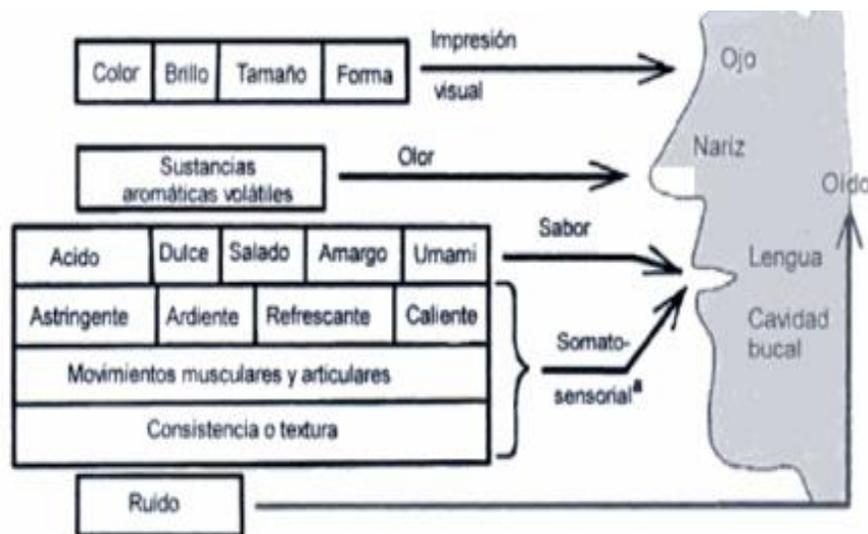


Figura 9. Sensograma.

2.3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

De la gran variedad de factores que ejercen influencia sobre la evaluación sensorial debemos considerar los siguientes (Wittig, 2001):

Factores de personalidad o actitud: Influyen en gran medida en experiencias sobre aceptación o preferencia de consumidores.

Factores relacionados con la motivación: Influyen sobre los resultados al trabajar con concentraciones umbrales y supraumbrales.

Errores psicológicos de los juicios: Se deben distinguir varios tipos de errores psicológicos, como son los de tendencia central, de posición y tiempo, de contraste. También deben considerarse la memoria, concentración y las instrucciones minuciosas, ya que pueden ser importantes.

Factores que dependen de la relación entre estímulo y percepción, y adaptación: Es un factor de importancia que debe ser considerado siempre.

2.3.3 TIPO DE JUECES.

Existen cuatro tipos de jueces: experto, entrenado, semientrenado y el juez consumidor (Mendoza, 2007).

Juez Experto: Es una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento.

Juez Entrenado: Es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, o algún sabor o textura en particular, que ha

recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial y que sabe exactamente lo que se desea medir en una prueba.

Juez semientrenado o de laboratorio: Personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y posee suficiente habilidad, pero que generalmente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas.

Juez consumidor: Se trata de una persona que no tiene nada que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como los investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son tomadas al azar.

2.3.4 PRUEBAS SENSORIALES.

Las pruebas miden la preferencia de estos hacia un producto buscando la aceptación de este en el mercado. La aceptación se define como “consumo con placer” (González, 2014).

Pruebas discriminativas. - Consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no, además se utilizan estas pruebas para describir la diferencia y para estimar su tamaño (Hernández *et al.*, 2005). Esta prueba se lleva a cabo en ambiente de laboratorio, en el que se usan grupos de 12 a 20 personas calificadas.

Los métodos de pruebas discriminativas más frecuentemente usados son la diferencia apareada, las pruebas triangulares, las dúo-trío y; las pruebas 2-elección alternativa forzada (2-EAF) y 3-elección alternativa forzada (3-EAF), entre las más comunes (De la Rosa, 2009).

Pruebas descriptivas. - Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor (Hernández *et al.*, 2005).

En esta prueba se describen propiedades sensoriales de los productos y mide las intensidades percibidas. Generalmente el número de sujetos es de 6 a 12 personas. Los métodos más comunes son: el perfil del sabor, el perfil de textura, el análisis cuantitativo (ADC) y el método Spectrum (De la Rosa, 2009).

Pruebas afectivas. - Son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, puede ser frente a otro. Se utilizan escalas de calificación de las muestras. Para estas pruebas se requiere de un grupo bastante numeroso de panelistas los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados (Hernández *et al.*, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Ciencias Básicas ubicado en Saltillo, Coahuila en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

3.1 MATERIA PRIMA.

La muestra utilizada, pitaya (*S. queretaroensis*) fue adquirida en Pitzotlán municipio de Tepalcingo en el estado de Morelos. De la cual se recolectaron 15 kilos de pitaya para realizar los análisis enlistados en los objetivos específicos y la elaboración de la bebida fermentada. Los métodos utilizados para la caracterización fisicoquímica o el análisis proximal de la materia prima estuvieron basados de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC 1980.

3.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS PROXIMAL.

Se hizo la separación del fruto; se retiraron las espinas por aspersion de agua, se retiró la cáscara para posteriormente extraer la pulpa y semillas (Figura 10).

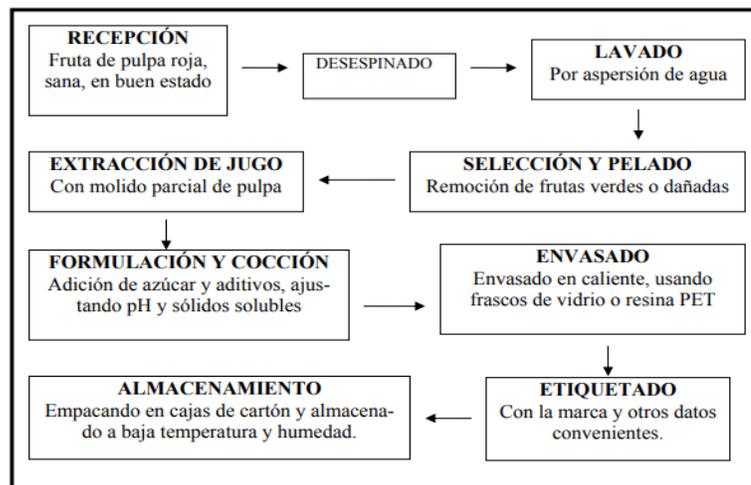


Figura 10. Diagrama de los pasos para la elaboración de la bebida fermentada a base de pitaya.

Para el análisis proximal se realizó un secado en estufa a 65 °C durante 24 horas para evitar la pérdida de sustancias volátiles, la cáscara se dispuso en una charola de aluminio, mientras que la pulpa y la semilla se coló en cajas Petri (Figura 11 y 12). Transcurrido el tiempo se retiraron y se dejaron enfriar por 5 minutos a temperatura ambiente, para después registrar el peso en balanza analítica.



Figura 11. Cáscaras de pitaya después del deshidratado.

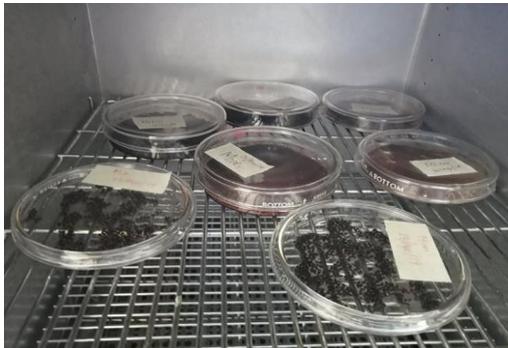


Figura 12. Pulpa y semillas de pitaya después del deshidratado.

Por último, las muestras se molieron en un mortero y se colocaron en recipientes de vidrio, seco e identificado (Figura 13). Los cuales se almacenaron para análisis posteriores.



Figura 13. Recipientes identificados con cada una de las muestras.

3.2.1 CONTENIDO DE AGUA Y MATERIA SECA PARCIAL.

Para la determinación de este análisis, se colocaron las muestras en la estufa usando charolas de aluminio (para la cáscara) o cajas Petri (para la pulpa), durante 24 horas (Figura 14).



Figura 14. Preparación de muestras para colocar en estufa de aire caliente.

Se dejaron enfriar dentro de un desecador a temperatura ambiente durante 15 minutos y se pesaron en balanza analítica para realizar los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%MSP = \frac{\text{peso de la muestra seca}}{\text{peso de la muestra total}} \times 100$$

3.2.2 MATERIA SECA TOTAL.

Para la determinación de la materia seca total, se colocaron los crisoles en una estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas para que estén a peso constante (Figura 15).



Figura 15. Crisoles de porcelana en estufa de aire caliente.

Con las pinzas se retiraron los crisoles de la estufa y se colocaron en un desecador durante 20 minutos para enfriar.

Se agregaron 2 g de muestra seca en cada crisol, se colocaron nuevamente a la estufa por un periodo de 24 horas. Posteriormente los crisoles se colocaron dentro de un desecador por 15 minutos; se registraron los pesos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%MST = \frac{\text{peso del crisol} + \text{muestra seca} - \text{peso del crisol (vacío)}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\%H = 100 - \%MST$$

Dónde:

MST = Materia Seca Total

H = Humedad

3.2.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES O MINERALES.

Primero se pre-incineró en el mechero con ayuda de una pinza la muestra de materia seca que estaba en el crisol hasta que deje de emitir vapores (Figura 16).



Figura 16. Incineración de muestras.

Posteriormente la muestra es calcinada en la mufla a una temperatura de 600°C durante 3 horas (Figura 17). Transcurrido el tiempo se sacaron con unas pinzas y colocándolos en el desecador para que se enfríen durante 30 minutos y pesar, registrar el peso.



Figura 17. Obtención de cenizas.

El cálculo de las cenizas totales se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{\text{peso del crisol} + \text{cenizas} - \text{peso del crisol (solo)}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Dónde: C= Ceniza

$$\% \text{Materia Organica} = \% \text{Materia Seca total} - \% \text{Cenizas}$$

3.2.4 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL.

Se colocaron los matraces bola de fondo plano con tres perlas de vidrio en la estufa durante 24 horas para que estuvieran a peso constante.

Después en un papel filtro se pesaron 4 g de muestra y se colocó en un dedal de asbesto (Figura 18), cuidando que el papel que contiene la muestra no se rompa. Con las pinzas se sacó el matraz bola de fondo plano y se puso en el desecador durante 20 minutos, después se registró el peso.



Figura 18. Determinación de extracto etéreo o grasa total.

Posteriormente se les agregó a los matraces 200 mL de hexano, el dedal se puso dentro del sifón del equipo Soxhlet, junto con el matraz bola al refrigerante se colocaron las muestras en las parillas, manteniendo el reflujo por un periodo de 16 horas (Figura 19).



Figura 19. Aparato de reflujo Soxhlet.

Al finalizar la extracción se recuperó el solvente y los matraces fueron colocados a peso constante en la estufa durante 12 horas a una temperatura de 105 °C. Se retiraron con unas pinzas, se enfriaron en el desecador y se pesaron en la balanza analítica (Figura 20).



Figura 20. Obtención de extracto etéreo o grasa.

Se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%EE = \frac{\text{peso del matraz} + \text{grasa} - \text{peso del matraz vacío}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Dónde: EE = extracto etéreo o grasa

3.2.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA.

Para esta técnica se utilizó el analizador de fibra con la muestra previamente desengrasada, se pesaron 2 g en balanza analítica y se colocaron en vasos de Berzelius de 600 mL, a cada vaso se le agrego 100 mL de ácido sulfúrico 0.225 N, se conectó al aparato de reflujo por un periodo de 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición y manteniendo una temperatura baja y constante (Figura 21).



Figura 21. Aparato para determinar fibra cruda.

Una vez transcurrido el tiempo se retiran los vasos del equipo de extracción de fibra cruda y el contenido se filtró a través de una tela de lino y se lavó con 3 porciones de 100 mL de agua destilada caliente para cada vaso. Se pasó la fibra (residuo que quedó en la tela de lino) de nuevo al vaso de Berzelius agregando ahora 100 mL de hidróxido de sodio 0.313 N y se conectó al aparato de reflujo por otros 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición, transcurrido el tiempo se sacaron los vasos y nuevamente el contenido se filtró usando la tela de lino, lavando con 3 porciones de 100 mL de agua destilada caliente quitando el exceso de agua de cada tela de lino (Figura 22).



Figura 22. Muestras de fibra en tela de lino.

Se retiró la muestra del embudo, se filtró y se lavó con agua caliente. Con las pinzas se sacó un crisol de la estufa y con una espátula se retiró la muestra y se colocó en el crisol, para dejarlos en la estufa durante 24 horas.

Se sacaron de la estufa con las pinzas, se depositaron en el desecador hasta enfriar, para después pesar. La muestra se incinera y se coloca en la mufla a una temperatura de 600°C durante 4 horas, enfriar en el desecador durante 30 minutos (Figura 23) y pesar.



Figura 23. Fibra obtenida de las muestras.

Se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%FC = \frac{\text{peso del crisol} + \text{muestra seca} - \text{peso del crisol} + \text{cenizas}}{\text{gramos de muestra desengrasada}} \times 100$$

Dónde: FC = Fibra cruda

3.2.6 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA POR EL MÉTODO KJELDAHL.

La determinación por el método Kjeldahl se realiza en tres etapas que se describen a continuación:

Digestión: Se pesó 1 g de muestra en una balanza analítica sobre un papel filtro, este papel filtro se colocó en el fondo de un matraz Kjeldahl de 800 mL, a este matraz se le agregaron 3 perlas de vidrio, se colocó una cuchara de catalizador (mezcla reactiva de selenio) y 30 mL ácido sulfúrico concentrado, finalmente el matraz se colocó al aparato Kjeldahl en la sección de digestión, encender el motor aspirador de gases hasta que la muestra cambió de color café oscuro a verde claro, esto se realizó para cada una de las muestras (Figura 24).

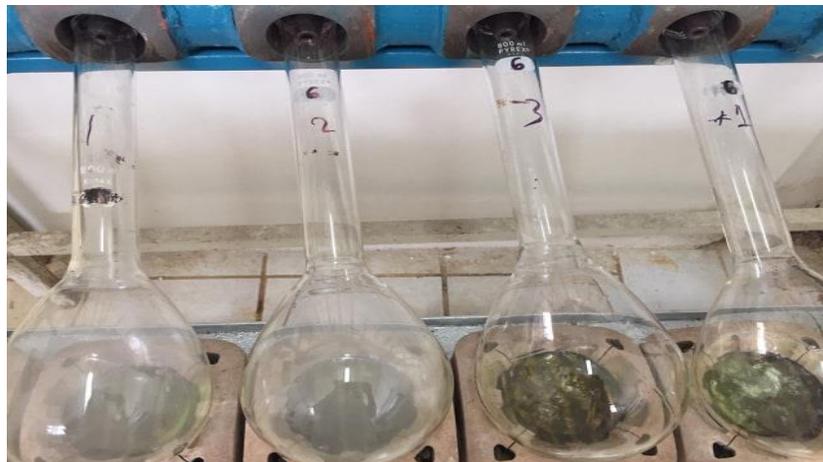


Figura 24. Preparación de muestras para digestión.

Destilación: Se diluyo con 300 mL de agua destilada lo obtenido de la digestión y se enfrió. Aparte en un matraz Erlenmeyer de 500 mL se agregó 50 mL de ácido bórico al 4% y después se adiciono 5 gotas de indicador mixto, posteriormente al matraz Kjeldahl se le agrego 110 mL de hidróxido de sodio al 40 % y 3 granallas de zinc sin agitar. Se conectó a la parte destiladora del aparato Kjeldahl y se abrió la llave de agua, se esperó hasta recibir en el matraz 250 mL del destilado en forma de amoníaco líquido (Figura 25).



Figura 25. Recuperación de muestra.

Valoración: A los 250 mL de destilado se tituló en un soporte universal con probeta con ácido sulfúrico al 0.1025641 N hasta obtener un vire de color verde a rosa pálido (Figura 26).



Figura 26. Titulación de la muestra.

Con la lectura obtenida de los mL gastados del H_2SO_4 se realizaron los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{ml \text{ de ac. Sulfúrico gastados en muestra} - ml \text{ de ac. Sulfúrico en blanco normalidad del ácido}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

Para el cálculo de proteína cruda se multiplicó el contenido de nitrógeno obtenido por el factor 6.25 o en su defecto el factor que más se adecua al tipo de material analizado.

$$\% \text{ de proteína cruda o bruta (PC o PB)} = \% \text{ de nitrógeno} \times 6.25$$

Para ajustar los datos en base a materia seca total dividir su % PC entre su % MST y multiplicar por 100.

3.2.7 DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN) O CARBOHIDRATOS TOTALES.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) corresponde a los azúcares, el almidón y gran parte del material clasificado como hemicelulosa. En realidad, no se determina por análisis en el laboratorio, sino que se calcula restando de 100 partes de muestra analizada la suma de los resultados de % ceniza, % extracto etéreo, % fibra cruda y % proteína cruda solamente se considera el % de humedad cuando los anteriores resultados no están ajustados en base seca, teniendo eso en cuenta los cálculos para determinar el ELN se realizan a través de la siguiente fórmula:

$$ELN = 100 - (\% \text{ cenizas} + \text{extracto etéreo} + \% \text{ proteína cruda} + \text{fibra cruda})$$

3.2.8 AZÚCARES TOTALES, TÉCNICA FENOL – ÁCIDO SULFÚRICO.

En un baño con hielo se coloca un tubo de ensayo, se adiciona 1 mL de la muestra, se temperiza por 1 minuto (poner sobre hielo). Se adicionan 2 mL de fenol sulfúrico lentamente por las paredes del tubo (Cuadro 3), esto es para que la muestra no se queme, agitar, en baño de hielo los tubos, cuando se agita se

forma la coloración, amarillo si no es muy alto el contenido, y café cuando la concentración es alta y hay que realizar diluciones (Figura 27).



Figura 27. Azúcares totales en tubos de ensayo.

Posteriormente se pasó en baño María a ebullición por 5 minutos, después se enfrió a temperatura ambiente y se obtuvo la absorbancia a 480 nm en celdillas para espectrofotómetro UV/VIS.

Elaboración de la curva patrón de sacarosa:

Se usó sacarosa a una concentración 0.2 a 1g/L.

Se preparó solución madre (Cuadro 6); con 0.1 g de sacarosa y se colocó en matraz de aforación de 100 mL.

Cuadro 6. Solución para determinación de azúcares totales

No. Tubo	0	1	2	3	4	5
Solución madre (µL)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Agua destilada (µL)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Fenol Sulfúrico (mL)	2	2	2	2	2	2

3.2.9 AZÚCARES REDUCTORES, TÉCNICA DNS.

Se colocó 0.5 mL de muestra estudio en un tubo de ensayo, posteriormente se adicionó 0.6 mL de D.N.S; posteriormente se adicionó la solución madre a 500 ppm (Cuadro 4); e inmediatamente se puso en baño a ebullición por 5 minutos, finalmente los tubos de ensayo se dejaron en hielo por dos minutos, se enfrió a temperatura ambiente, luego se agregó 4 mL de agua destilada; se agitó en vortex (Figura 28), la lectura se hizo a 540 nm en celdillas para espectrofotómetro UV/VIS.

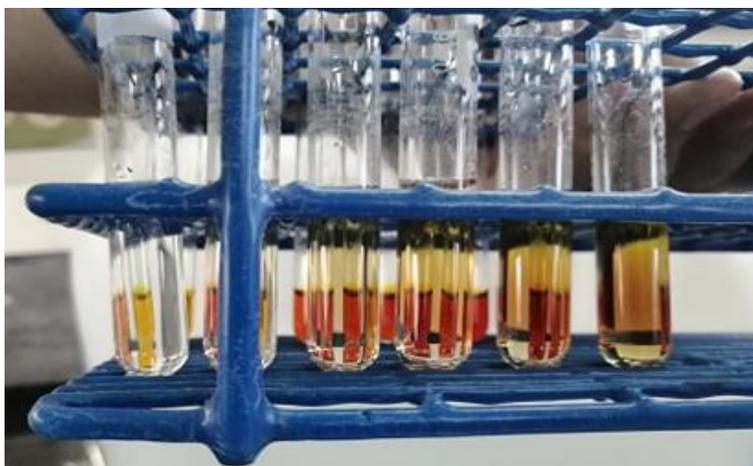


Figura 28. Azúcares reductores en tubos de ensayo.

Elaboración de curva patrón de fructosa:

Se preparó la solución madre a 500 ppm (Cuadro 7); 0.1 g de fructosa con un rango de 0.2 a 1 g/l, disolviéndolo en 100 mL de agua destilada y colocándolo en un matraz de aforación de 100 mL.

D.N.S se preparó con 1 g DNS (3,5-Dinitrosalicylicacid), 30 g tartrato de Na y K $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$, 20 mL NaOH, 50 mL H_2O en un matraz de aforación de 100 mL, se tapó con aluminio y se colocó una parrilla de agitación con agitador magnético para mantenerlo en agitación.

Cuadro 7. Solución para determinación de azúcares reductores

No. Tubo	0	1	2	3	4	5
Solución madre (µL)	1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Agua destilada (µL)	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
D.N.S. (µL)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

3.3 ELABORACIÓN BEBIDA FERMENTADA DE PITAYA.

Para la preparación se utilizó la pitaya madura, por contener un alto porcentaje de azúcares, favorable para proporcionar fuente de azúcares fermentables. (Figura 29).



Figura 29. Fruto maduro de pitaya.

3.3.1 LIMPIEZA DEL FRUTO.

Se realizó por medio de un barrido, con el objeto de disminuir la cantidad de espinas, se hizo cortando la cáscara con un cuchillo de forma manual, generalmente se recomienda que sea por las mañanas, ya que las espinas se encuentran mojadas por el rocío nocturno lo que evita que las personas atraigan estas espinas.

3.3.2 SELECCIÓN.

Se seleccionaron los frutos en estado maduro, sin daños mecánicos o alguna proliferación en su exterior.

3.3.3 OBTENCIÓN DE JUGO.

El proceso para la obtención del jugo fue utilizado para la elaboración de la bebida fermentada, que se hizo en varias etapas que se describen a continuación:

3.3.3.1 REMOCIÓN DEL EPICARPIO DE *S.queretaroensis*.

Se eliminó la cáscara de la pitaya con el fin de obtener la materia prima en condiciones adecuadas, se colocaron en papel secante para mantenerlas limpias (Figura 30).



Figura 30. Mondado en forma manual.

3.3.3.2 MOLIENDA.

Se efectúa para producir un escurrido de la pulpa para lograr una homogenización del fruto de la pitaya en una licuadora; así extraer la mayor concentración aromática y de color, posteriormente se filtró el producto en un colador con una dimensión de la malla 0.5 mm x 0.5 mm para eliminar las semillas ya que poseen taninos muy astringentes que afectan a la bebida (Figura 31).



Figura 31. Obtención del jugo de pitaya para la preparación del licor.

3.3.3.3 CLARIFICACIÓN.

Se introdujo el jugo a refrigeración para lograr una mayor separación de la pulpa con el jugo y con ello tener un zumo más claro.

3.3.3.4 DESFANGADO.

Se eliminó los sedimentos que se depositan en el fondo del recipiente que contiene el mosto, mediante filtraciones cada 4 días para quitar la mayor cantidad de sedimento. De esta forma se obtuvo el jugo de la pitaya que fue la materia prima para la elaboración del licor.

3.3.3.5 CHAPTALIZACIÓN.

Esta operación consistió en aplicar azúcar al jugo cuando la fruta tiene un bajo contenido de azúcares, así como para ajustar el contenido de azúcares y con ello elevar el grado alcohólico y también mejorar el sabor final del producto, (Figura 32). El mosto concentrado debe tener un porcentaje de 10 °Brix.



Figura 32. Jarabe de azúcar, para llevar a cabo la chaptalización.

3.4.4 SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

3.4.4.1 DESCUBE.

Consistió en la separación de los sedimentos que contenga el fermento y a su vez se le cambio el envase (Figura 33).



Figura 33. Fermento de pitaya con separación de sedimentos.

3.4.4.2 CLARIFICACIÓN.

Se obtuvo una clarificación por medio de reposos prolongados y decantación para eliminar los agentes que enturbian la bebida, a través de varias filtraciones con manta y agregando bentonita como agente clarificante; esta filtración se realizó en una semana para la clarificación del producto, con el objeto de mejorar las características sensoriales.

Una vez culminado este proceso la bebida se guardó en refrigeración para mejorar el color, olor, sabor y apariencia del fermentado (Figura 34).



Figura 34. Fermento de pitaya clarificado.

3.4.4.3 INÓCULO.

Se utilizó 10 g de levadura comercial *Saccharomyces cerevisiae*. (Figura 35).



Figura 35. Levadura comercial.

3.4.4.4 INICIO DE LA FERMENTACIÓN.

Al jugo o mosto obtenido, se le midieron los grados brix, iniciando con un contenido de 17 % de azúcares, con un pH de 3.5, para posteriormente adicionarle el inóculo de levadura y con ello iniciar la fermentación. El jugo o mosto se colocó a una temperatura de 25 °C durante 24 – 48 horas con agitación

continúa a baja velocidad, se retiró de la agitación y se continuó la fermentación durante 4 a 5 días. Durante el periodo de fermentación, cada día se medían los parámetros de grados brix y pH, hasta que los grados brix fueran constantes, esto indica que la levadura ya no presenta actividad, por lo que damos por finalizada la fermentación (Figura 36).



Figura 36. Fermentación alcohólica del jugo de pitaya.

3.4.4.5 SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN.

En el proceso de la fermentación al inicio y cada 24 horas se realizó el análisis de pH y °Brix.

Para hacer las determinaciones se tomaba una muestra del líquido sobrenadante.

3.4.4.5.1 DETERMINACIÓN DE pH.

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro portátil marca Hanna. A la muestra se le introduce el electrodo y se registra la lectura, previa calibración con una solución buffer grado reactivo (Figura 37).



Figura 37. Toma de lectura del pH con potenciómetro.

3.4.4.5.2 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES POR REFRACTOMETRIA.

Se utilizó un 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 contraluz (Figura 38).



Figura 38. Refractómetro.

3.4.4.5.3 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TOTAL TITULABLE, TÉCNICA TITULACIÓN ACIDO - BASE.

En una muestra de 2.5 a 5 mL, eliminar el contenido de CO₂, calentando a ebullición durante 30 s., colocar 20 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, adicionar unas gotas de fenolftaleína en solución, neutralizar con NaOH 0.1, reportar el gasto de acidez total como g de ácido tartárico por 100 mL.

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

3.4.4.5.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO, TÉCNICA DENSIDAD DE LÍQUIDOS.

Utilizando el picnómetro de marca DIN Braun Duran se determinó la gravedad específica (o densidad) del destilado llenando un picnómetro limpio, se pesa y se resta el peso del picnómetro vacío. Adicionalmente el agua contenida en el picnómetro se registró su peso (Consultar tabla en anexos).

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

3.4.4.5.5 EFICIENCIA DE LA FERMENTACIÓN, TÉCNICA BALANCE DE MASAS.

La eficiencia de la fermentación, expresada en porcentaje, puede ser entendida como la cantidad de azúcar convertida en alcohol.

$$\% \text{ de eficiencia de la fermentación} = \frac{\left(\frac{\text{Volumen del fermentado } \times \text{ } \text{G.L.}}{\text{Volumen del jugo } \times \text{ } \text{Brix}} \right)}{1.8} \times 100$$

3.4.4.6 ENVASADO, ALMACENAMIENTO Y ETIQUETADO.

Para evitar la proliferación de hongos se envasó en botellas de vidrio, con sello hermético. Se almacenó en un lugar fresco para evitar la pérdida de características organolépticas del producto final (Figura 39).



Figura 39. Presentación de la bebida fermentada del fruto pitaya madura.

3.5. ANÁLISIS SENSORIAL.

Se optó por aplicar la prueba hedónica esta es una prueba sencilla, cuyo propósito radica solo en conocer el nivel de satisfacción hacia la muestra bebida fermentada de pitaya, presentando 1 muestra en vasos de 2 onzas, colocadas en charolas, junto con la hoja de evaluación utilizando una escala hedónica de 9 puntos donde: 1=me disgusta muchísimo / me disgusta mucho y 9= me gusta muchísimo / me gusta mucho (Figura 40), donde participaron 40 consumidores con un rango de edad de 18 a 35 años, tomados al azar.



Figura 40. Material utilizado para realizar la prueba hedónica.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este capítulo se muestra cada una de las etapas desarrolladas durante esta investigación con un análisis estadístico para los parámetros cinéticos obteniéndose los siguientes resultados:

4.1 Etapa 1: Caracterización fisicoquímica de la materia prima.

Se utilizó el fruto de la Pitaya (*S. queretaroensis*) en estado maduro para ser sometida a una caracterización fisicoquímica en base seca:

Las cactáceas comestibles se pueden clasificar en tres tipos: las tunas, las pitayas (trepadoras) y las pereskias (columnares), (Inglese, 2002). *Stenocereus spp.* es la de mayor cultivo, siendo la especie de mayor importancia comercial *Stenocereus queretaroensis* Pimienta (1995).

Se obtuvieron los resultados que se presentan en el (Cuadro 8), donde podemos apreciar la composición del fruto; cáscara (15.75 %), pulpa (80.08 %) y semillas (4.16 %) con un peso final promedio del fruto entre 120.29 – 179.29 g.

Cuadro 8. Rendimiento promedio por fruto

	Promedio pesos (g)	Equivalencia composición fruto (%)
Cáscara	23.80	15.75
Pulpa	121	80.08
Semilla	6.29	4.16

En comparación con otra investigación, Arriaga (2015) indica que la cascara es del 22 al 35 % del peso total del fruto, la pulpa es la parte comestible comprende del 60 al 75 % del peso total y en ella se encuentran las semillas, que son negras y pequeñas del 3 al 5 % del peso total. Pimienta (1997) encontró que los frutos pesan alrededor de 100 a 200 g. La pulpa es muy agradable, puede tener diferentes tonalidades (blanco, rosado, naranja, rojo, púrpura). El clon más conocido es el Mamey, cuyos frutos pueden pesar hasta 165 g, donde 18-24 %

del peso corresponde a la cáscara. La vida útil del fruto es de pocos días, tiende a partirse, lo que provoca la contaminación interior del fruto. Esta corta vida útil es la principal limitante para su comercialización.

La importancia de la caracterización fisicoquímica determina la calidad y seguridad de los alimentos y su composición nutricional, que forman parte de la dieta alimentaria Rocha (2019).

La caracterización fisicoquímica (Cuadro 10) se obtuvo: materia orgánica (87.21 %), humedad (4.31 %), cenizas (8.47 %) y materia seca total (95.68 %), (Cuadro 9). En comparación con Young (1962), en general los tejidos que se consumen en los frutos pueden ser muy diferentes; la mayoría de ellos contienen de 75 a 95 % de agua, normalmente son bajos en proteínas, pero altos en carbohidratos. Acorde al tipo de fruto y su estado de madurez puede incluir diferentes contenidos de azúcares, sales minerales, celulosa, fibras, vitaminas, pH y pigmentos; proteína (62.42 %), extracto etéreo (5.46 %) y fibra (12.13 %); en comparación con Pimienta *et al.*, (1994), los lípidos oscilaron del 13 al 24 %; extracto libre de nitrógeno (62.75 %) en comparación con Arriaga (2015). Nos indica que el contenido de nitrógeno varía de 0.63 % a 1.22 %; de fósforo entre 0.07 % a 0.11 %; de potasio entre 0.98 a 1.07 %; de calcio de 0.3 a 0.7 % y finalmente de magnesio de 0.5 a 0.7 %.

Cuadro 9. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de pitaya

	Contenido (%)
Materia seca total	95.68
Humedad	4.31
Materia orgánica	87.21
Proteína	62.42
Extracto etéreo	5.46
Fibra cruda	12.13
Cenizas	8.47
Extracto libre de nitrógeno	62.75

4.2 Azúcares totales y azúcares reductores.

La pulpa tiene la mayor cantidad de azúcares totales con 720.15 mg/ g en el fruto maduro y en la bebida fermentada es de 78.83 mg/ g se demuestra que si se realizó el consumo por la levadura (Figura 41).

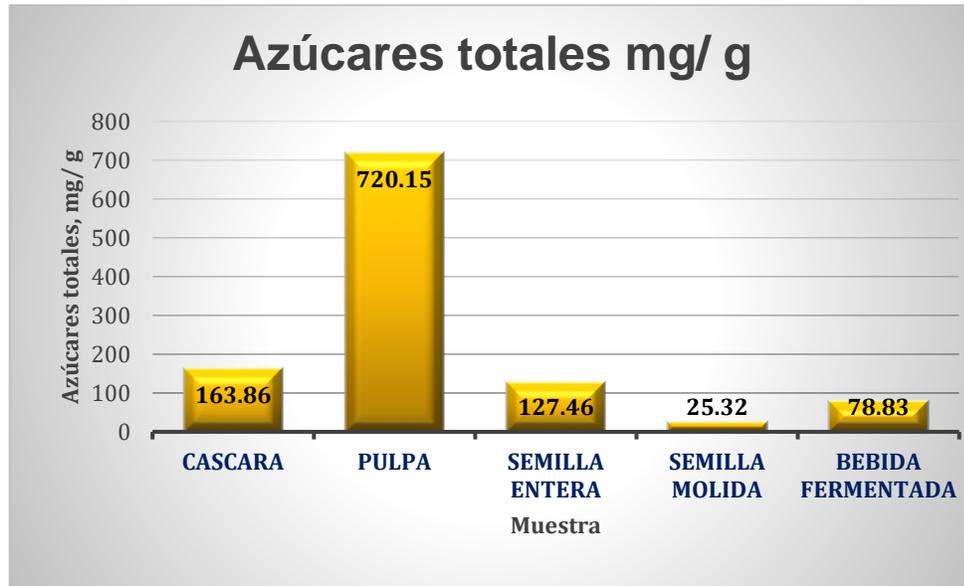


Figura 41. Azúcares totales.

Para azúcares reductores de igual manera la pulpa presento 384.64 mg/ g y la bebida fermentada de 4.49 mg/ g (Figura 42).

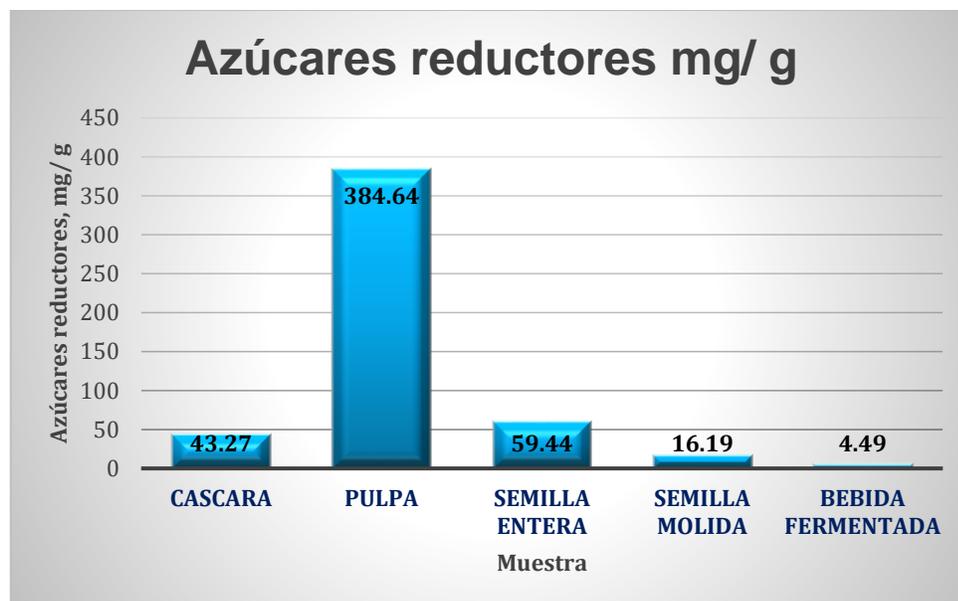


Figura 42. Azúcares reductores.

Los azúcares reductores y totales resultaron menores en los frutos de menor desarrollo que en los frutos cosechados en el estado en que la cáscara era de color rosa, concluyendo que los cambios de las principales características de la calidad de la fruta dependen del grado de madurez al momento de la cosecha García *et al.*, (2002).

Piña (1977) indica que, en la etapa de madurez, en el jugo del fruto de *Stenocereus griseus* se encuentra 8.12 % de azúcares reductores directos y un 8.61 % de azúcares totales y en cambio en frutos de *Stenocereus stelatus* contiene 7.8 % de azúcares reductores y 8.03 % de azúcares totales en el fruto color blanco, y en el rojo los valores son de 7.9 y 8.1 %.

4.3 Etapa 2: Caracterización química Óptima para iniciar la fermentación.

Se preparó una bebida fermentada de pitaya buscando que su pH oscilara entre 3 y 5 obteniéndose un pH de 3.32 y los °Brix normalmente se calibran a 15.6 a 20, indicándonos 1 g de sacarosa por cada 100 g de líquido en el cual se obtuvo 15.5 °Brix, resultados que se muestran a continuación (Cuadro 10).

Cuadro 10. pH y ° Brix de la bebida fermentada

Análisis	Bebida Fermentada Pitaya
pH	3.32
°Brix	15.5

Pimienta *et al.*, (1993), al evaluar variedades de frutos de pitaya (*S. queretaroensis*) determinaron que en la mayoría de las variedades el pH de la pulpa varía entre 4 a 5 y de 5 a 5.33, respectivamente.

En la bebida se obtuvo una concentración de 15.5 °Brix, en comparación con Rodríguez *et al.*, (2005), los sólidos solubles totales (SST) las pitayas amarilla y roja superaron a las de fruto morado (11, 11 y 9.73 % respectivamente). Al respecto, Luna & Aguirre (2006), reportaron valores superiores a 12 % de SST en pitayas amarillas, blancas, moradas y rojas, mientras que determinaron valores en un intervalo de 12.33 a 17.83 %. además, Gallo (1993), indicó que el porcentaje de SST no contribuye a la determinación del grado de maduración de la fruta, teniendo en cuenta que éstos (°Brix) varían con el tamaño del fruto y condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto. Los sólidos solubles totales y acidez titulable desempeñan un papel importante en el sabor final de los frutos y en la calidad del fruto y son parámetros que pueden tener relevancia para la industria de los productos procesados, ya que estas variables son base en la formulación de los productos.

4.4 Etapa 3: Preparación de bebida fermentada de pitaya.

La bebida fermentada fue obtenida 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 formación del producto. Se observó la reducción de los sólidos solubles totales durante las primeras 24 horas donde el proceso se desarrolló en condiciones de agitación para mantener la aireación y dirigir el proceso a la formación de biomasa, después de este tiempo la agitación se suspendió para dirigir el proceso a la formación de alcohol, de donde se aprecia el consumo de azúcares (Figura 43),

En la actualidad se han realizado estudios de cinética para la producción de etanol utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, donde se han registrado valores de 50.5 g/L a las 24 h, partiendo de 100 g/L con un rendimiento del 97.2 %, en condiciones de fermentación, que han permitido conocer el tiempo en el que se consume el sustrato, así como la producción de etanol (Valdés, 2015).

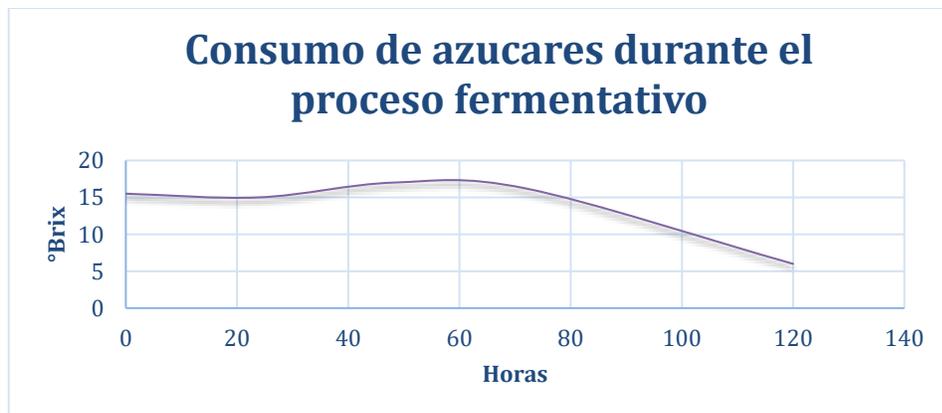


Figura 43. Consumo de azúcar expresado en grados Brix durante el proceso fermentativo.

4.5 Etapa 3: Caracterización química del producto terminado.

El producto terminado presentó un pH final de 3.68, una acidez de 0.53 g/100ml y 6 % de alcohol (Cuadro 11), la mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4.5 a 6.5 Chaucheyras (1997). La levadura crece simultáneamente con la producción de alcohol por espacio de unas 20 horas. La velocidad de fermentación aumenta de forma rápida hasta alcanzar el máximo al término de las 15 horas. La producción de alcohol continúa entonces a una velocidad decreciente, concluyendo el ciclo de 24 a 30 horas de fermentación, para obtener una concentración final de alcohol de 6 a 7 % de volumen (García *et al.*, 2000).

Cuadro 11. Análisis fisicoquímico de la bebida fermentada

Determinación	Bebida Fermentada
pH	3.68
grados °Brix	6
Azúcares totales mg/g	78.83
Azúcares reductores mg/g	4.49
% Alcohol	6.5
% Eficiencia Fermentación	17.12

4.6 Obtención de rendimientos.

Para determinar el rendimiento del producto se realizó un análisis de los resultados que se pueden apreciar en estado de maduración que presento el fruto de pitaya.

A partir de la pulpa se obtuvo el jugo que fue utilizado para la preparación de la bebida fermentada, donde se puede apreciar que de 4.5 litros de jugo de pitaya madura se obtuvieron 1.9 litros de licor correspondiente al 42 % de rendimiento, el rendimiento es muy poco debido a que contiene muchos sedimentos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Obtención de rendimiento, bebida fermentada de pitaya

Materia prima	Bebida Fermentada de Pitaya
Pitaya entera	15 kg
Pulpa	4.5 litros
Azúcar	700 g
Levadura	10 g
Bentonita	50 g
Jugo con sedimento	1.8 litros
Jugo filtrado	2.7 litros
Litros de bebida fermentada	1.9 litros
°Brix	6
Grado alcohólico	6.5

Nota: Debido al proceso de filtrado que se utilizó se notó que consta de pequeñas semillas del 3 al 5 %, en el fruto de se encuentran dispersas y unidas a la pulpa por lo tanto en el filtrado se tuvieron sedimentos aun de pulpa con semillas, que si se realiza solo la molienda el rendimiento es mayor, ya que la semilla es comestible, para la elaboración de la bebida fermentada si fue necesario retirar las semillas.

4.7 Etapa 4: Evaluación sensorial.

En el análisis sensorial para conocer el nivel de satisfacción de la bebida se obtuvo lo siguiente: de los 40 consumidores el 23 % optó por decir me gusta muchísimo mientras que el 10 % indicó que le disgusta ligeramente (Figura 44), de acuerdo con los resultados el nivel de agrado del producto es favorable. Resultados similares obtuvieron Linares (2015), quienes evaluaron sensorialmente el sabor de bebidas fermentadas a base de lactosuero.



Figura 44. Prueba hedónica (nivel de satisfacción).

CONCLUSIONES

- Se evaluaron las condiciones del fruto y la bebida fermentada: en cuanto a la cascara se obtuvo 95.68 % materia seca total y 62.42% de proteína, evaluando los azúcares destacaron (720.15 mg/g azúcares totales pulpa y 384.64 mg/g azúcares reductores pulpa); los cuales nos permitió llevar a cabo una fermentación alcohólica, obteniendo como resultado una bebida alcohólica con: 4.49 mg/g de azúcares reductores, mostrando que si se realizó el consumo de azúcares por la levadura y un porcentaje de alcohol de 6.5 % y un pH de 3.6.
- Se obtuvo un rendimiento del 42 %, se considera que se debió a la extracción del sedimento, tomando en cuenta la eliminación de las semillas.
- En la evaluación sensorial se obtuvo que al 23 % “me gusta muchísimo” y 21 % “me gusta mucho” y solo el 10 % “me disgusta ligeramente” mostrando su satisfacción por la bebida fermentada de pitaya.

RECOMENDACIONES

1. Estudiar la respiración del fruto en cuanto al etileno y sus futuros usos.
2. Estudiar el uso como colorante empleado en alimentos.
3. Estudios postcosecha y sus aplicaciones.
4. Investigar empaques y temperaturas para conservar pitaya mínimamente procesada (sin cáscara).

BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, Y. & Carlstrom, C. (2006). Microbiología de los alimentos: Manual de laboratorio. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.

Araujo S.J.L., Castro C.L.A., Morales M.J.A. & Miranda H.L. (2019). *Stenocereus queretaroensis*, una alternativa a los colorantes sintéticos. (p.237).

Alviter, J., & Granados, D. (2002). La pitaya. Biología, Ecología, Fisiología sistemática, Etnobotánica. México: Universidad Autónoma de Chapingo. 2° reimpresión.

Arreola N.H. J. (1999). "Taxonomía del Pitayo (*Stenocereus* (Berger) Ricc.)". En: El pitayo de Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco, A.C., Guadalajara, Jalisco. Pp. 25-33.

Blanco Paz, A. J. (2016). Modelamiento cinético de la fermentación alcohólica de miel de abejas a diferentes escalas de producción. Tesis de maestría en ingeniería química. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Buratti, S., & Benedetti, S. (2016). Alcoholic Fermentation Using Electronic Nose and Electronic Tongue Electronic Noses and Tongues in Food Science (pp. 291-299): El sevier.

Bravo H. & Sanchez H.M. (1991). Las Cactáceas de México. Vol. III, Edit.UNAM. (pp. 501-535)

Bravo H. & Sanchez H.M. (1978). Las Cactáceas de México. UNAM. México, 3ra. Ed. Vol I y Vol 3: (p.643)

Carrillo & Audisio (2007). Manual de Microbiología de Los Alimentos, San salvador de jujuy (p.40)

Corrales G.J.E. (2002). Caracterización, pos-cosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo, Mexico. pp. 14 – 20.

- Chaucheyras, F.; Millet, L. y Michalet, B.** (1997). Effect of the addition of LEVUCCELL *Saccharomyces cerevisiae* on the rumen microflora of sheep during adaptation to high starch diets. In: Proc. of Evol. of the Rumen Microbial Ecosyst. 20-21, Chesson, A.; Stewart, CS. and Flint, HJ. (eds), RRI-INRA Rumen microbiology Symposium, Aberdeen (UK).
- De La Rosa M. A. M.** (2009). “Análisis Sensorial Del Yogurt Adicionado Con Leche de Soya”. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Doyle, M.** (2004). Microbiología de los Alimentos, Fundamentos (Editorial Acribia, S.A ed.). Zaragoza, España.
- Flores V.C.A.** (2003). Pitayas y pitahayas Producción, poscosecha, industrialización y comercialización. Mexico. 1ra. Ed Programa NOPAL/CIESTAAM Universidad Autónoma Chapingo.
- Flores V.C.A.** (2002), Producción y comercialización de la pitaya (*Stenocereus* sp.) EN MÉXICO; CIESTAAM, Producción y comercialización de pitaya (*Stenocereus* sp.) en México – CIESTAAM
- García, J; Suarez, M. A; Domenech, F.L; Blanco, G.C; Santiesteban, C.M.** (2000). Levadura *Saccharomyces*. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Tercera Edición. Capítulo 4.1, pág.197 -201.
- García, N, G., & Londoño, A. T.** (2015). Análisis de Componentes Principales SPARSE. Formulación, algoritmos e implicaciones en el análisis de datos. (Máster en Análisis avanzado de datos multivariantes Trabajo fin de Máster), Universidad de Salamanca.
- González R.V; RodeiroM.C; Sanmartín F.C; Vila P.S.** (2014). Introducción Al Análisis Sensorial. Estudio Hedónico Del Pan.Iv Concurso Incubadora De Sondaxes E Experimentos. Sgapeio.
- Hartley, B, El-Mansi, E. M. T., Bryce, C, & Demain, A.** (2012). Fermentation Microbiology and Biotechnology. London: CRC Press.
- Hernández A, E.** (2005). Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta Y Adistancia – Unad. Facultad De Ciencias Basicas E Ingenieria

Diaz H. R. (1995). CITES: Cactaceae Checklist Royal Botanic Gardens Kew & International Organization for Succulent Plant Study. Whitstable Litho Ltd Whitstable, Kent.

Inglese, P., Basile, F. & Schirra, M. (2002). Cactus pear fruit production. In: Park S. Nobel (ed.). Cacti: Biology and Uses. University of California Press. California, USA. 280p.

Linares, G.; Díaz, L.; Haro, R.; Puelles, J.; Arana, L.; Retto, P.; Ricce, C. (2015). Efecto de las diferentes proporciones de pulpa de frutas cítricas en la aceptabilidad sensorial de una bebida fermentada y proteica elaborada a partir de lactosuero residual. *Agroindustrias str. Sci.* 4(2): 65-73

Luna M. & Aguirre R. J. (2006). Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26: 18-24

Mendoza, E.E.A. (2007). El Análisis Sensorial. Curso Superior de Degustación De Vinos. *Inta.*33 (4) ,37-40).

Monereo M.S., & Rodríguez M.A., & Olmedilla I., Yoko L., & Martínez I., (2016). Papel de las bebidas fermentadas en el mantenimiento del peso perdido. *Nutrición Hospitalaria.*

Neri L. C.; E. Pimienta B.E & Arriaga M.C.R. (1999). "Importancia reproductiva y ecológica de las poblaciones silvestres de pitaya (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum)". En: Pimienta-Barrios E (Ed.), El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara, Fundación Produce Jalisco, A.C. México. pp. 175-187.

Pimienta B. E.; Tomas, V. M. (1993). Caracterización de la variación en el peso fresco y la composición química del fruto en variedades de pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) (Weber) (Buxbaum). *Revista Cactáceas Suculentas Mexicanas.* 36(4): 82-88.

Pimienta B. E.; Nobel, P.S. (1995). Reproductive characteristics of pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) and their relationship with soluble sugars and irrigation. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 120:1082-1086

Rebollar A.A., Romero P.J., Cruz H.P., Zepeda C.H. (2002). Cultivo de la pitaya (*Stenocereus*): una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán . Universidad Autónoma Chapingo.

Rocha, G.N. (2019). Análisis Bromatológico; Diplomado Educación Superior 8va. Version, <http://hdl.handle.net/123456789/13143>.

Rodríguez R., D.; Patiño G., M.; Miranda L., D.; Fischer, G.; Galvis V., J. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Revista Facultad Nacional Agronomía 58(2): 2837-2857.

Arriaga, Ma. C., Pimienta B.E., Neri L.C., López, A.A., Sánchez M.J., Rodríguez A.L.J., Rodríguez G.E. (2015). La pitaya silvestre (*Stenocereus queretaroensis*) una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica. In Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia.

Sánchez M.R.H. (1984). Breves notas sobre la vegetación y las cactáceas de las Islas Marías. Cact. Suc. Mex. (pp. 29: 8-9).

Salcedo P., E.; Arreola N., J. (1991). El cultivo del pitayo en Techaluta, Jalisco. Revista Cactáceas Suculentas Mexicanas 36(4): 84–91.

Valdés, A.; Bruno, D.; Mota, A. M.; Cristóbal, N.; Aguilar, C.N.; Iliina, A.; Teixeira, J.A.; Ruiz, H.A. (2015). Cinética para la producción de bioetanol usando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* pe-2 para su escalamiento en reactores en Columna y gas-lift. XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Guadalajara. México.

Wittig, P, E. (2001). Evaluación Sensorial. Una Metodología Actual Para Tecnología De Alimentos [En Línea] http://Mazinger.Sisib.Uchile.Cl/Repocitorio/Lb/Ciencias_Quimicas_Y_Farmac_euticas/Wittinge01/.

Young, T.C., (1975). Composition and nutritive value of raw and processed fruits. In: comercial Fruit Processing. Company Inc. pp. 539- 594

ANEXOS

Anexo 1. Densidad del Agua.

Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

www.vaxasoftware.com

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

www.vaxasoftware.com

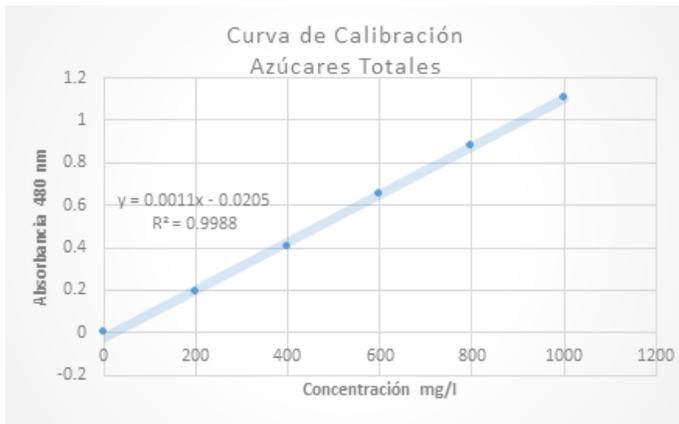
Anexo 2. Tabla para determinar grado alcohólico.

Figures given as percent by volume @60° Farenheit,
per U. S. Bureau of Standards.

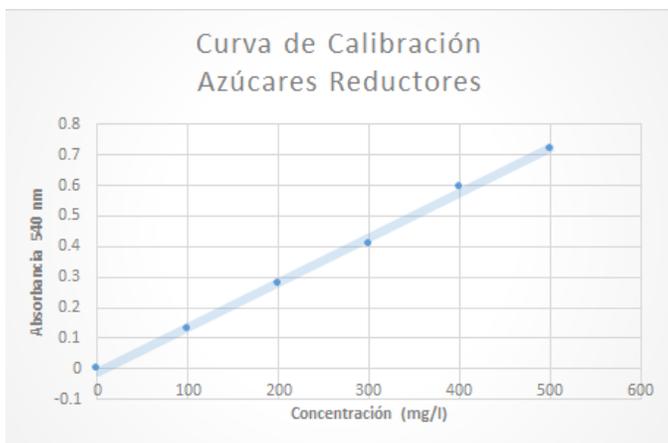
ALCOHOL PERCENT	SPECIFIC GRAVITY						
0	1.0000						
1	.9985	26	.9698	51	.9323	76	.8746
2	.9970	27	.9687	52	.9303	77	.8720
3	.9956	28	.9676	53	.9283	78	.8693
4	.9942	29	.9665	54	.9263	79	.8666
5	.9928	30	.9653	55	.9242	80	.8638
6	.9915	31	.9642	56	.9221	81	.8610
7	.9902	32	.9630	57	.9200	82	.8528
8	.9890	33	.9617	58	.9178	83	.8553
9	.9878	34	.9604	59	.9156	84	.8524
10	.9866	35	.9591	60	.9134	85	.8494
11	.9854	36	.9577	61	.9112	86	.8464
12	.9843	37	.9563	62	.9089	87	.8434
13	.9832	38	.9548	63	.9066	88	.8402
14	.9821	39	.9533	64	.9043	89	.8371
15	.9810	40	.9518	65	.9020	90	.8338
16	.9800	41	.9502	66	.8997	91	.8305
17	.9789	42	.9486	67	.8973	92	.8270
18	.9779	43	.9469	68	.8949	93	.8235
19	.9769	44	.9452	69	.8924	94	.8198
20	.9760	45	.9435	70	.8900	95	.8160
21	.9750	46	.9417	71	.8875	96	.8121
22	.9740	47	.9399	72	.8850	97	.8079
23	.9729	48	.9381	73	.8824	98	.8036
24	.9719	49	.9362	74	.8799	99	.7989
25	.9708	50	.9343	75	.8773	100	.79389

*Figures are accurate only for readings taken at 60° Farenheit.
For readings at other temperatures, use correction table.

Anexo 3. Curva de Calibración: Azúcares Totales y Azúcares Reductores.



AZUCARES TOTALES			
	ABS 480 nm	PPM	mg/g
Cáscara	0.34	327.73	163.86
Pulpa	0.772	720.15	720.15
Semilla entera	0.540	509.85	127.46
Semilla molida	0.258	253.18	25.32
Bebida fermentada	0.847	788.33	78.83



AZUCARES REDUCTORES			
	ABS 540 nm	PPM	mg/g
CASCARA	0.249	173.09	43.27
PULPA	0.567	384.64	384.64
SEMILLA ENTERA	0.346	237.76	59.44
SEMILLA MOLIDA	0.284	196.2	16.19
BEBIDA FERMENTADA	0.124	89.76	4.49