



**BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA**



AGROINDUSTRIALIZACIÓN DE PITAYA

Dra. Claudia Santacruz Vázquez

Dra. Verónica Santacruz Vázquez

Dr. Víctor Manuel Huerta Espinosa

641.4-Aut-T

Agroindustrialización de pitaya / Claudia Santacruz Vázquez; Verónica Santacruz; Victor Manuel Huerta Espinosa. -- Ciudad de La Habana : Editorial Universitaria, 2009. – ISBN 978-959-16-0992-2. – 133 pág.

1. Santacruz Vázquez, Claudia
2. Santacruz Vázquez, Verónica
3. Huerta Espinosa, Victor Manuel
4. Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Digitalización: Dr. C. Raúl G. Torricella Morales



Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba, 2009

Editorial Universitaria, 2009

La Editorial Universitaria publica bajo licencia Creative Commons de tipo: Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada. Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

Editorial Universitaria

Calle 23 entre F y G, No. 564

El Vedado, CP 10400

Ciudad de La Habana, Cuba.

E-mail: eduniv@reduniv.edu.cu

Sitio Web: <http://revistas.mes.edu.cu>

INDICE

PRESENTACIÓN.	1
RESUMEN.	2
INTRODUCCIÓN.	3
JUSTIFICACIÓN.	4
1. FRUTOS CACTACEOS.	5
1.1. PITAHAYAS.	5
1.2. XOCONOXTLE (<i>Stenocereus griseus</i>).	6
1.3. LA PITAYA.	10
1.3.1. TIPOS DE PITAYAS.	11
1.4. TAXONOMÍA	15
1.5. COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL.	18
1.6. CLIMA Y SUELO.	18
1.7. CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL CULTIVO DE PITAYA.	19
1.8. FENOLOGIA.	19
1.9. REPRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN.	20
1.10. RECOLECCIÓN.	21
1.11. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.	22
1.12. ETNOBOTANICA E IMPORTANCIA SOCIAL.	24
1.13. CULTIVO DEL PITAYO EN LA MIXTECA BAJA DE OAXACA Y MIXTECA POBLANA.	25
1.14. USOS.	26

2. FORMULACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PITAYA	27
3. INDUSTRIALIZACIÓN.	54
3.1. PRODUCCIÓN.	55
3.2. ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. . .	56
3.3. ESTUDIO DE MERCADO..	56
3.4. ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA).	64
4. ESTUDIO TÉCNICO DE INDUSTRIALIZACIÓN.	68
4.1. ESTUDIO TÉCNICO Y ESCALAMIENTO.	68
4.2. OBTENCIÓN DE LICOR DE PITAYA A NIVEL LABORATORIO Y PLANTA PILOTO..	71
4.3. PRODUCCIÓN DE YOGURT DE PITAYA..	73
4.4. PRODUCCIÓN DE ATE DE PITAYA..	74
4.5. OBTENCION DEL JUGO DE PITAYA EN PLANTA DE LABORATORIO PILOTO.	75
5. INGENIERIA BASICA.	76
6. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PITAYA	117
CONCLUSIONES.	119
BIBLIOGRAFIA.	120
AGRADECIMIENTOS.	123

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Planta de pitahaya.	5
Figura 1.2. a) Pitaya amarilla b) Pitaya roja de pulpa roja.	6
Figura 1.3. Pitahaya roja de pulpa blanca.	6
Figura 1.4. Planta de pitahaya en Tehuacan, Puebla.	9
Figura 1.5. Stenocereus stellarus conocida como xoconostle.	10
Figura 1.6. El pitayo y sus frutos.	11
Figura 1.7. Tipos de pitayos de la familia Stenocereus.	14
Figura 1.8. Desarrollo del pitayo.	15
Figura 1.9. Diagrama esquemática de las espinas.	16
Figura 1.10. Diferentes flores de la pitaya.	16
Figura 1.11. a) Flor y fruto de la pitaya b) fruto de la pitaya	17
Figura 1.12. Pulpa de pitayas.	17
Figura 1.13. Pitayas para su recolección.	21
Figura 1.14. a) Recolección, b) limpia c) venta de las pitayas.	22
Figura 1.15. Distribución de los pitayos en la Mixteca Poblana.	23
Figura 1.16. Plantaciones de pitayos en la Mixteca Poblana.	25
Figura 2.1. Representación del diagrama de flujo para la elaboración de rebanadas congeladas y jarabe de pitaya.	32
Figura 2.2. Representación del diagrama de flujo para la elaboración de concentrado de pitaya	34
Figura 2.3. Diagrama de flujo para la elaboración de ate de pitaya.	36

Figura 2.4. Diagrama de flujo para la elaboración de ate de pitaya.	38
Figura 2.5. Muestras de pitaya empleadas en la experimentación	39
Figura 2.6. Muestras de pitaya cortadas en la experimentación.	39
Figura 2.7. Muestras de pitaya enteras.	40
Figura 2.8. Determinación del diámetro de las pitayas.	40
Figura 2.9. Diversidad de colores de la pitaya.	41
Figura 2.10. Aceptación general de la prueba sensorial para el ate de pitaya.	42
Figura 2.11. Aceptación general de la prueba sensorial del yogurt de pitaya.	44
Figura 2.12. Estimación de vida útil del producto en función de las condiciones de tratamiento de concentrado de pitaya (<i>stenocereus griseus</i>), mínimamente procesado almacenado en frascos de vidrio.	45
Figura 2.13. Estimación de la aceptación general del producto en función de las condiciones de tratamiento de concentrado de pitaya (<i>stenocereus griseus</i>), mínimamente procesado y condiciones de almacenamiento de 4 °C.	45
Figura 2.14. Cinética de deshidratación osmótica.	46
Figura 2.15. Determinación del pH en muestras de pitaya.	47
Figura 2.16. Placas de cromatografía en capa fina para la identificación del pigmento extraído de pulpa de pitaya.	48
Figura 2.17. Columnas de cromatografía para la identificación del pigmento extraído de pulpa de pitaya.	48
Figura 2.18. Espectros de absorción del patrón de betacianina purificado de raíces de <i>Beta vulgaris</i> y del pigmento mayoritario de frutos de pitaya (<i>Stenocereus griseus</i>).	49
Figura 2.19. Curva de secado por liofilización de pitaya.	51
Figura 4.1. Obtención de la mermelada de pitaya a nivel laboratorio y	72

planta piloto.	
Figura 5.1. Proceso de la fabricación del licor de pitaya.	111
Figura 5.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de licor de pitaya	111
Figura 5.3. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mermelada de pitaya.	112
Figura 5.4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de yogurt de pitaya.	112
Figura 5.5. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de jugo de pitaya	113
Figura 5.6. Diagrama de flujo general de planta procesadora de pitaya	113
Figura 6.1. Mapa y ubicación en la zona de Puebla.	117

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Composición nutrimental de diferentes variedades de pitaya.	18
Cuadro 1.2 condiciones óptimas para el cultivo de pitaya.	19
Cuadro 2.1. Condiciones de experimentación empleadas.	31
Cuadro 2.2. Características fisicoquímicas de las pitayas	40
Cuadro 2.3. Características químicas de frutos <i>Stenocereus stellatus</i>. . . .	41
Cuadro 2.4. Formulaciones empleadas para el yogurt de pitaya.	43
Cuadro 2.5. Condiciones de almacenamiento empleadas para la conservación del yogurt de pitaya.	44
Cuadro 3.1. Anuario estadístico de la producción agrícola 2003.	56
Cuadro 3.2. Usos de las pitayas a nivel industrial.	58
Cuadro 3.3. Rentabilidad del cultivo de pitayas en México (pesos).	61
Cuadro 3.4. Sistema de producción anual de pitaya.	63
Cuadro 4.1. Pesos de algunas muestras de pitaya.	69
Cuadro 4.2. Temperaturas de ebullición de orgánicos presentes en una muestra de alcohol.	71
Cuadro 5.1. Estudio de los orgánicos presentes en la muestra de la mezcla mostrada así como la concentración de etanol	76
Cuadro 5.2. Resultados esperados de las pruebas de colorimetría y del contenido de alcohol.	77
Cuadro 5.3. Análisis de los componentes del yogurt de pitaya para	93

predecir su densidad.

Cuadro 5.4. Consumo diario de agua desmineralizada en la planta ppp. 114

Cuadro 5.5. Consumo diario de vapor demandado por la planta procesadora de pitaya. 115

Cuadro 5.6. Consumo de agua de enfriamiento diario en la planta ppp. 115

PRESENTACIÓN

Una de las tareas fundamentales de la la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es el desarrollo de proyectos de investigación teórica y aplicada vinculados con el entorno social y que cubra las necesidades del sector Agropecuario es el desarrollo estudios relacionados con el procesamiento de la pitaya y que por medio de la Facultad de Ingeniería Química, existe un equipo integrado por catedráticos y alumnos de la carrera de Ingeniería Química y de Alimentos trabajando a nivel laboratorio para tener caracterizados los productos que pueden obtenerse a partir del procesamiento de pitaya, lo cual establece un primer aspecto fundamental para poder lograr un dimensionamiento de los equipos posibles que se requerirán en caso de llevar a cabo el proyecto de procesarlos en grandes escalas. Y que sentará las bases para tener bien definido las acciones a seguir para concretar el trabajo completo que se espera sea la construcción de la planta y la puesta en marcha de la producción de pitaya en diferentes tipos de productos que sean atractivos para la sociedad a la que van a estar dirigidos.

RESUMEN

En la actualidad, las pitayas son recolectadas en México, sobre todo para el consumo familiar y el comercio en mercados regionales. El cultivo comercial se puede encontrar en la Mixteca Baja, el valle de Tehuacán, los Valles Centrales de Oaxaca, la región de la Presa del Infiernillo (entre Guerrero y Michoacán), en el alto Balsas, cerca de Izúcar de Matamoros (Puebla) y en algunas regiones de Jalisco. Se considera que el 40 % de la fruta comercializada llega a la central de abastos del DF., y el 60 % a los mercados o centros de consumo. La comercialización la realizan los acaparadores que llegan a las comunidades para luego vender el producto a un sobreprecio. No obstante, la rentabilidad del cultivo de pitaya es bastante atractiva. En muchos mercados se ha detectado un estancamiento del consumo per cápita de frutas, principalmente relacionado con el consumo de las frutas tradicionales, mientras que la demanda por frutas tropicales y exóticas registra un gran dinamismo. Los principales atributos de la pitaya son: el sabor, el aspecto externo, el carácter exótico, mientras que los aspectos negativos son el contenido de semillas, la estacionalidad de la oferta y el precio. Las principales limitaciones en el desarrollo del mercado de la pitaya es el desconocimiento de la fruta, la forma de consumo, la falta de promoción, el alto precio y la imposibilidad de contar con una oferta de calidad homogénea en volúmenes importantes a lo largo del año. Por lo que la elaboración de productos (ate, jugo, yogurt, rebanadas y pulpa de pitaya congeladas) representarían una alternativa de procesamiento. Por lo que el objetivo de este trabajo fue efectuar una formulación óptima para la elaboración de productos mínimamente procesados a partir de la pitaya, y desarrollar el anteproyecto para la creación de una planta procesadora de productos a partir de pitaya. Siendo las tareas realizadas la caracterización de la materia prima, el diseño de un sistema de almacenamiento y empaqueo del fruto en fresco para aumentar su vida de anaquel, el desarrollo de nuevos productos procesados derivados de la pitaya, se realizaron pruebas fisicoquímicas de la calidad de los productos formulados, se realizaron las pruebas sensoriales para cada producto obtenido se desarrolló el dimensionamiento de los equipos para la planta procesadora de pitaya, se efectuaron los planos distribución de los sistemas y áreas de producción. No existe actualmente un mercado internacional para la pitaya ya que no es admitida por restricciones de carácter fitosanitario, sin embargo, teniendo en cuenta el auge de las frutas tropicales y exóticas en los últimos años, es de esperarse que una vez superadas las actuales limitaciones, estos frutos podría tener un mercado, más aún si se tiene productos mínimamente procesados, y si se realizan, además, campañas de promoción, estrategias de comercialización como se ha realizado con otros mercados y productos, esto puede representar una opción de capitalización del campo poblano.

INTRODUCCIÓN

En México existe gran diversidad de frutos que por su color, consistencia, sabor y otras características resultan únicos. Sin embargo, en muchas ocasiones no son adquiridos por amplios sectores de la población, debido a que los campesinos carecen de asesoría técnica para su producción y comercialización

Es muy común pensar en las zonas áridas como lugares inhóspitos, con pocas plantas que, en apariencia, nada aportan al hombre y solo provocan intoxicaciones o heridas; por el contrario, estas regiones han brindado al ser humano desde tiempos remotos gran cantidad de alimentos y útiles diversos. En los trópicos secos y desiertos cálidos del país, los visitantes quedan intrigados con estas raras formas de cactáceas columnares arborescentes, arbustivas o trepadoras, distribuidas en cerros, cañones y planos, que se agarran con sus raíces de suelos ligeros, algunos muy delgados, e incluso del tepetate, y muchas de ellas producen frutos que son una delicia para el paladar. A ciertos frutos se les ha dado el nombre de pitayas y a las plantas que los producen, pitayos.

Por lo común se habla de pitaya como si esta fuera producida por una sola especie en toda la República Mexicana. Parece que la palabra pitaya, es un vocablo de origen antillano, recogido por los españoles y traído a México desde la época de la conquista. Los taxónomos han descrito un gran número de especies que producen frutos denominados de tal manera, y dichos nombres se aplican a especies de cactáceas que corresponden a la subfamilia Cereoidea, tribu Hylocereinae (Género Hylocereus y Género Selenicereu), tribu Pachycereinae, subtribu Stenocereinae (Género Stenocereus), subtribu Pachycereinae, (Género Pachycereus).

En la tribu Pachycereae, más de la mitad de las especies existentes en el territorio mexicano, producen frutos comestibles. En la subtribu Stenocereinae se reconocen 29 frutos comestibles importantes, aun cuando algunos conservan nombres regionales como la jiotilla, fruto de *Escontria chiotilla*; el garambullo, fruto de *Myrtillocactus geometrizans*, y el pitire, fruto de *Stenocereus quevodonis*. En la subtribu Pachycereinae se ubican 13 especies con frutos comestibles.

La pitaya es un fruto del cactus que se cultiva en la Mixteca Poblana y representa una importante fuente económica y nutricional para los productores rurales en estas áridas y semiáridas zonas, es una fruta con un consumo bajo, principalmente debido al poco conocimiento que tienen los consumidores sobre la fruta y al alto precio de la misma en el mercado. La producción de la pitaya es mercadeo estacional: tiene dos cosechas principales al año, una de febrero a marzo y la otra de julio a agosto por lo que hay épocas de sobreoferta y épocas de escasez. La cosecha de la pitaya resulta un tanto difícil debido a las espinas que tienen la fruta, para esto se es necesario utilizar herramientas especiales y elementos de protección para los cosechadores.

Las principales limitaciones en el desarrollo del mercado de la pitaya son el desconocimiento de la fruta, de sus propiedades y de la forma de consumo, la falta de promoción, el alto precio y la imposibilidad de contar con una oferta de calidad homogénea en volúmenes importantes a lo largo del año.

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de la pitaya se ha tratado de resolver cultivando la fruta en diferentes zonas altitudinales, para extender la producción a un periodo mas largo en el año. La conservación de la calidad de la fruta depende de un adecuado manejo durante la cosecha; en este punto cabe anotar que en los últimos años se ha suspendido la realización de algunas prácticas de adecuación del producto, tales como el lavado y la desinfección de la fruta, con lo que la vida de anaquel se reduce de manera importante. Por lo que la elaboración de, los productos (ate, jugo, yogurt, rebanadas y pulpa de pitaya congeladas) representarían una alternativa de procesamiento. La pitaya es el fruto de una planta rústica xerofítica de la familia de las cactáceas actualmente se comercializa la pitaya amarilla y la pitaya roja completamente.

Por lo anterior se puede decir que esta fruta puede ser un sustento económico de las poblaciones rurales de regiones semiáridas y extenderse a los mercados mundiales, donde los frutos exóticos tienen una amplia demanda.

La pitaya se consume principalmente fresca, a pesar de que se puede utilizar como colorante.

El proceso de fabricación de mermeladas, ates, yogurt, licor, jugos y fruta en almíbar no es un estudio que cuente con amplia información que sirva como base de apoyo para desarrollarlo, sin embargo, el proyecto pretende elaborar una planta procesadora de productos alimenticios. Basándonos en la experiencia de algunos productores agroindustriales se puede sacar adelante el desarrollo de dicha planta.

Hay que estar concientes de que este estudio representa un gran reto ya que requiere de la participación de un grupo multidisciplinario para llevarlo a cabo de manera correcta, la ingeniería de detalle debe contemplar todo lo necesario para que una planta pueda operar adecuadamente desde la cimentación de la nave donde se instalará el proceso hasta el mas riguroso estudio de los controladores necesarios para estabilizar el proceso en los rangos de calidad y gestión ambiental que impera en nuestros tiempos.

El objetivo de este trabajo será desarrollar la tecnología o patente de producción necesaria para procesar la cantidad demandada por el mercado, desde el diseño de los equipos necesarios hasta la operación correcta del proceso sin olvidar la integración adecuada de las diversas líneas de producción.

Los objetivos de este trabajo se listan enseguida:

1. Generar tecnologías para el procesamiento de pitaya intensificando así el cultivo de las mismas en el Estado de Puebla.
2. Efectuar una formulación óptima para la elaboración de productos mínimamente procesados a partir de la pitaya.
3. Comprobar que existen los medios adecuados tanto científica como tecnológicamente para desarrollar un buen diseño de la planta de procesamiento de pitaya mediante 5 diferentes líneas de producción.

1. FRUTOS CACTACEOS

En esta sección se presenta información acerca de los frutos obtenidos de algunas cactáceas del estado de Puebla.

1.1. PITAHAYAS

Las pitahayas son plantas cuyos tallos o filocladodios abren sus estomas sólo por las noches, lo cual constituye una adaptación fisiológica para evitar la pérdida de agua por transpiración durante el día, cuando las temperaturas son elevadas. Las pitahayas son plantas perennes que requieren de soporte, pues su arquitectura les impide sostenerse a sí mismas. Así tienen varios hábitos de crecimiento y pueden ser trepadoras, rupícolas, hemiepífitas y epífitas.

Las plantas cultivadas, son terrestres trepadoras, independientemente de que parte de sus raíces adventicias aéreas se dirijan al suelo.



Figura 1.1. Planta de pitahaya.

Los tallos o filocladodios tienen tres aristas o costillas, son suculentos y tienen grupos de espinas de 2 a 4 mm de largo en las areolas ubicadas en los bordes. La flor es tubular, hermafrodita con ovario en la parte inferior, con un solo lóculo, cámara nectarial, numerosos estambres, brácteas completamente verdes o verdes con orillas rojas y pétalos blancos, amarillos o rosados de 20 a 40 cm. de longitud y hasta 25 cm en su diámetro mayor), es muy vistosa, abre en la noche y solamente en una ocasión.

El fruto es una baya globosa o subglobosa, mide de 8 a 15 cm de largo y de 6 a 10 cm de diámetro, su cáscara es de color rojo o amarillo, en variados matices, cubierta con escamas foliáceas o brácteas distribuidas helicoidalmente es de pulpa dulce y abundante, de color blanco, amarillo o de varias tonalidades de rojo. Las semillas son numerosas, pequeñas, de color café oscuro o negro, se encuentran distribuidas en toda la pulpa y contienen aceite.

Las plantas comienzan a producir sus primeros frutos al año o a los dos años del trasplante, dependiendo de si se utilizan plantas producidas en vivero o tallos, así como del sistema de cultivo y de la temporada en que se establezcan. Su vida productiva es muy prolongada, mayor a los 10 años, pues muchos de sus tallos producen raíces adventicias que llegan al suelo, con las que se renuevan o se convierten en nuevas plantas; sin embargo, cuando

crecen sobre tutores su vida útil termina con la muerte o caída de éstos, a menos que oportunamente se reemplacen.

Las pitahayas cultivadas muestran excesiva variación: color, forma y consistencia de los tallos, forma de las aristas y disposición de las areolas y espinas; color, forma, y tamaño de las estructuras florales y del fruto; color de la pulpa y periodos de fructificación. La variación tan amplia se ha reducido para fines prácticos en la formación de cuatro grandes grupos, cuyas características se indican a continuación.

Pitahaya amarilla. Es la pitahaya que se produce en Colombia, los frutos son alargados y pequeños (250 g en promedio), en el ápice de sus brácteas truncas o mamilas, tienen grupos de espinas que solamente se desprenden con facilidad cuando los frutos están completamente maduros.

Su cáscara es amarilla y pulpa blanca de consistencia blanca y ligeramente fibrosa, son dulces con contenido de sólidos solubles de 19 °Bx y muestran resistencia al almacenamiento y al transporte. Pertenecen al género *Selenicereus megalantus*.

Tiene dos periodos de fructificación cuya ocurrencia muestra variación en las distintas zonas productoras, dependiendo de las condiciones climáticas.



Figura 1.2. a) Pitaya amarilla b) Pitaya roja de pulpa roja

Pitahayas rojas de pulpa roja. Se cultivan en Nicaragua, Guatemala, El Salvador y México, a nivel estatal se cultivan en algunas regiones de la mixteca poblana. Son de cáscara y pulpa rojas. Forman parte del género *Hylocereus*, Nicaragua y Guatemala han incursionado con estas pitahayas en el mercado internacional de frutas frescas exóticas. Su peso promedio es de 400 g, fructifica de mayo a noviembre.



Figura 1.3. Pitahaya roja de pulpa blanca

Pitahayas rojas de pulpa blanca.

Se cultivan en México, Vietnam y Taiwán. Los frutos son de cáscara roja y de pulpa blanca y tienen un contenido de sólidos entre 10 y 12 °Bx.

Pertencen a la especie botánica *Hylocereus undatus*.

Su peso promedio es de 370 g. fructifica de junio a octubre y en general muestra mucha variación en cuanto a forma, tamaño, color y sabor del fruto.

Pitahaya blanca. Se produce en México. Sus frutos son alargados y medianos (300 g en promedio, con cáscara amarilla (en varias tonalidades) y pulpa blanca. También se le conoce como “pitahaya amarilla”. Se supone que es una variedad de *Hylocereus undatus*, su elevado contenido de sólidos solubles (hasta 18 °Bx), le confiere gran potencial comercial y agroindustrial, y su mayor semejanza en cuanto a color con la pitaya colombiana ha influido en que también exista interés por ella en el mercado internacional.

La amplia distribución geográfica que tienen las diferentes especies de pitahaya indica su gran capacidad de adaptación a distintas condiciones ambientales, desde las regiones húmedas y cálidas, prácticamente desde el nivel del mar hasta las zonas altas y frías. En general, prosperan de 0 a 1850 msnm, con temperaturas entre los 18y 27 °C y precipitaciones de 650 a 1500 mm anuales. Aunque se desarrollan mejor en climas cálidos subhúmedos, también se adaptan a los climas secos, no soportan, las bajas temperaturas. Los suelos en los que se cultive deben tener excelente drenaje, pues no tolera los terrenos inundables; de igual manera debe ser rico en materia orgánica, pues sus raíces son superficiales. Para la producción comercial de las pitahayas es preciso disponer de sistemas de riego que permitan proveerle humedad en épocas críticas del año.

Importancia y potencial de las pitahayas.

Son un importante recurso genético vegetal nativo de América, con amplia distribución y variación. La importancia y el potencial de las pitahayas radican en su gran variabilidad genética, su adaptabilidad a condiciones ambientales diversas, sus múltiples usos, sus posibilidades de industrialización. su rentabilidad y su demanda en los mercado regionales y en el mercado internacional. La existencia de una amplia diversidad de recursos fitogénicos de pitahayas, le confiere enorme potencial al cultivo de esta planta, pues se cuenta con una variabilidad que posibilita ofertar frutas con distintas características o bien obtener variedades con cualidades definidas por los consumidores o requeridas en los procesos de industrialización.

Rentabilidad

El cultivo de las pitahayas es una actividad rentable, aun que sólo en el mediano y largo plazos, pues las inversiones se recuperan al tercer año de establecida la plantación y a partir del cuarto año comienza la obtención de utilidades. La asociación con otros cultivos durante los dos primeros años es una estrategia que debe utilizarse para acelerar la recuperación de las inversiones, asó como para efectuar un mejor manejo de la tierra y aprovechar al máximo el trabajo incorporado.

Demanda regional e internacional

La demanda de las pitahayas es importante y creciente en los mercados regionales de las zonas en que se producen y su aceptación es cada vez mayor en el mercado internacional, en donde ya son reconocidas como una exquisita y exótica fruta tropical.

Variedad de usos y potencial agroindustrial

Las distintas partes de las pitahayas (plantas, tallos, flores, frutos, cáscara y las variedades forma de sus (alimenticio, ornamental, medicinal), así como la posibilidad de ampliarlas mediante procedimientos de industrialización, permitiría ofertar mayor cantidad de productos, tener disponibilidad de algunos de ellos durante todo el año, mantener en operación permanente los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle mayor valor al producto agrícola, todo lo cual debería redundar en mayores beneficios para los productores y las zonas de cultivo.

Usos

Las plantas de pitahayas y las partes que la forman se destinan a diferentes usos: ornamentales, barreras protectoras, medicinales y alimenticios, que incluso pueden compatibilizarse con su función productiva.

Como planta ornamental se acostumbra establecerlas en el patio o jardín de las casas, donde se distinguen por la singular belleza de sus flores y frutos; si se les hace crecer por las bardas o paredes, hasta cubrirlas, ofrecen un panorama vistoso en los momentos de floración y de la maduración de los frutos; también se pueden plantar en macetas distribuidas en áreas soleadas del jardín, en cuyo caso requieren de tutores **que les** permitan mantenerse erguidas. El uso principal de la pitahaya es alimenticio; tradicionalmente la parte comestible ha sido el fruto, aunque también se reporta el consumo de las flores como legumbre y recientemente se propuso el uso de los brotes de los tallos como verdura para la elaboración de numerosos guisos.

La fruta es el producto más demandado, ya sea para consumirse como tal o para ser utilizada en distintas preparaciones. Se puede comer fresca o se puede enfriar o congelar. Los brotes de pitahaya tiene propiedades alimenticias a las de los cladodios tiernos de nopal (*Opuntia spp.*), que en algunas regiones de México, son componente tradicional en importante de la dieta.

Cultivo de pitahaya en el estado de Puebla, México.

Dentro de las tareas de trabajo de campo, se realizó una visita en los meses de agosto de 2003 a Tehuacan, Puebla, donde hemos podido apreciar que únicamente el cultivo se ha realizado en la plantación de huertos familiares o en los linderos de algunos terrenos, y solo pocos productores tienen plantaciones especializadas sin que se dichas frutas se cultiven sistemáticamente.

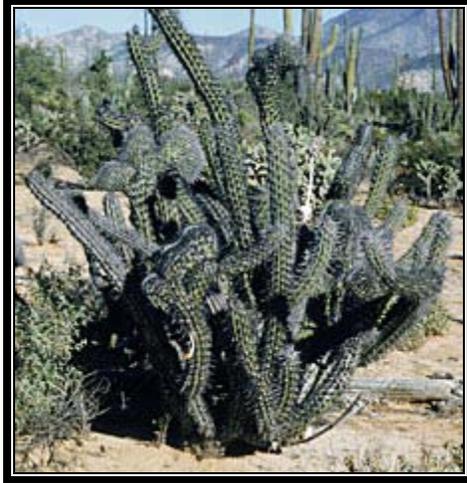


Figura 1.4. Planta de pitahaya en Tehuacan, Puebla.

1.2. XOCONOXTLE (*Stenocereus griseus*)

Esta deliciosa y exótica fruta crece en la Mixteca poblana en el estado de Puebla, México, en zona áridas, en lugares muy inclinados y con poca lluvia para su desarrollo en tierras a una altura a nivel del mar entre 2400 ft hasta 5400 ft.

Los frutos del cactus son predominantes en esta zona y representan una importante fuente económica y nutricional para los productores rurales en estas aridas y semiaridas zonas. Respecto a su hábito de crecimiento, las plantas pueden describirse como plantas perennes del estrato arbóreo o arbustivo, erectas o curvadas, poco o muy ramificadas y en ocasiones candelabroformales, con tronco bien definido a diferentes alturas o ramificado desde la base, con tallos cilíndricos que presentan un número variable de costillas, en cuyo filo hay numerosas aerolas ordenadas a lo largo del tallo.

La temporada de fructificación de los pitayos es muy variable y depende de la especie. Sin embargo, puede decirse que existen al menos tres temporadas distintas: a) De principios de mayo a junio para las especies *Stenocereus pruinosus* b) Durante la temporada de lluvias para *Stenocereus thurberi* c) Casi al finalizar la temporada de lluvia (agosto a inicios de noviembre) en las especies tardías que presentan un sabor agrio, como *Stenocereus stellarus* conocida como xoconostle.



Figura 1.5. *Stenocereus stellarus* conocida como xoconostle.

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 pericarpelo y los funículos se desarrollan mucho, acumulan gran cantidad de agua y azúcares y constituyen la pulpa comestible del fruto.

Agua y azúcares y constituyen la pulpa comestible del fruto. El pericarpelo tiene un elevado crecimiento secundario, pues sus aerolas se activan después de la fecundación, produciendo espinas o escamas, según la especie que se trate.

1.3. LA PITAYA

La pitaya es el fruto de una planta rústica xerofítica de la familia de las cactáceas; originaria de América tropical, fue observada por primera vez en forma silvestre por los conquistadores españoles en México, Colombia, Centroamérica y la Antillas, quienes le

dieron el nombre de pitaya que significa fruta escamosa. En los mercados internacionales, actualmente se comercializan la pitaya amarilla y la pitaya roja.



Figura 1.6. El pitayo y sus frutos.

Descripción de la planta: Es una fruta exótica, silvestre y de intenso color rojo, con muchas semillas negras, muy parecidas a las del higo. La planta es de color verde con muchas espinas y se le llama comúnmente cactus.

Son plantas parecidas a grandes candelabros, de frutos pequeños, con espinas y carentes de escamas: pertenecen a los géneros *Stenocereus* y *Pachycereus*, de la tribu *Pachycereeae* y de la misma familia cactácea.

Son frutos de muy bajo valor calórico, ya que apenas contienen hidratos de carbono.

1.3.1. TIPOS DE PITAYAS

La pitaya solo se cosecha en mayo y se produce por polinización libre, lo que genera diversidad de cruces (tipos) y ello ocasiona que la fruta crezca en distintos colores y tamaños. “esta característica dificulta el procesamiento y producción, pues el mercado exige un producto estándar y que sea disponible todo el año”. Existen diferentes tipos de pitaya como son: pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*); jiotilla (*Escontria chiotilla*), y el xoconostle dulce o tunillo (*Stenocereus chiotilla*).

Pitaya, Xoconochtli, Jonocostle

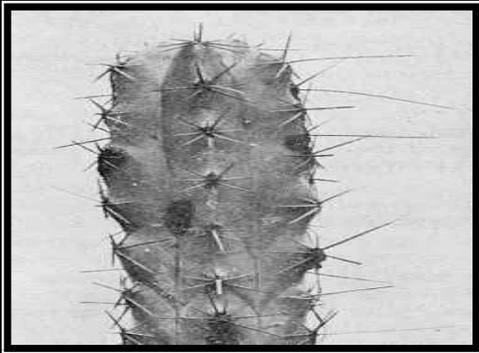
Nombre Científico: *Stenocereus stellatus*

Sinónimo: *Cereus stellatus*,

Lemaireocereus stellatus, *Rathbunia stellata*, *Cereusdyckii*

Familia: Cactaceae



<p>Pitayo de Mayo Nombre Científico: <u>Stenocereus</u> griseus Sinónimo: Stenocereus eburneus, Lemaireocereus eburneus, Ritterocereus deficiens, Lemaireocereus deficiens, Cereus deficiens, Stenocereus victoriensis, Neolemaireocereus griseus, Ritterocereus griseus, Cereus griseus, Lemaireocereus griseus, Cereus eburneus Familia: Cactaceae</p>	
<p>Candelabra Nombre Científico: <u>Isolatocereus</u> dumortieri. Sinónimo: Cereus dumortieri, Rathbunia dumortieri, Lemaireocereus dumortieri, Stenocereus dumortieri Familia: Cactaceae</p>	
<p>Stenocereus eichlamii Nombre Científico: <u>Stenocereus</u> eichlamii Sinónimo: Cereus laevigatus var. guatemalensis, Rathbunia longispina, Stenocereus longispinus, Rathbunia eichlamii, Ritterocereus eichlamii, Cereus eichlamii, Lemaireocereus eichlamii, Lemaireocereus longispinus Familia: Cactaceae</p>	
<p>Stenocereus fimbriatus Nombre Científico: <u>Stenocereus</u> fimbriatus Sinónimo: Harrisia fimbriata, Ritterocereus hystrix, Lemaireocereus hystrix, Cereus hystrix, Stenocereus hystrix, Cactus hystrix, Cereus fimbriatus, Cactus fimbriatus, Rathbunia fimbriata, Pilocereus fimbriatus Familia: Cactaceae</p>	

<p>Pitayo de Aguas Nombre Científico: <u>Stenocereus fricii</u> Sinónimo: Rathbunia fricii Familia: Cactaceae</p>	
<p>Pitaya Agria Nombre Científico: <u>Stenocereus gummosus</u> Sinónimo: Cereus gummosus, Rathbunia gummosa, Machaocereus gummosus, Lemaireocereus gummosus Familia: Cactaceae</p>	
<p>Sina Nombre Científico: <u>Stenocereus kerberi</u> Sinónimo: Cereus kerberi, Rathbunia kerberi, Cleistocactus kerberi Familia: Cactaceae</p>	
<p>Pitaya Colorada, Mountain Organ Pipe, Saguira Nombre Científico: <u>Stenocereus montanus</u> Sinónimo: Lemaireocereus montanus, Ritterocereus montanus, Rathbunia montana Familia: Cactaceae</p>	
<p>Pitahaya de Querétaro Nombre Científico: <u>Stenocereus queretaroensis</u> Sinónimo: Cereus queretaroensis, Ritterocereus queretaroensis, Pachycereus queretaroensis, Lemaireocereus queretaroensis, Rathbunia queretaroensis Familia: Cactaceae</p>	

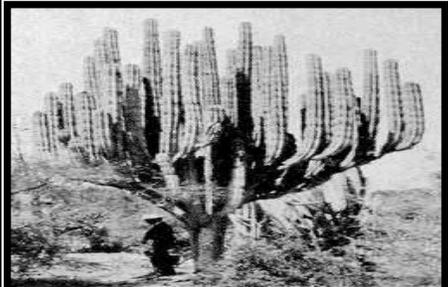
<p>Organ Pipe Cactus, Pitahaya Dulce Nombre Científico: <u>Stenocereus thurberi</u> Sinónimo: <i>Lemaireocereus thurberi</i>, <i>Rathbunia thurberi</i>, <i>Pilocereus thurberi</i>, <i>Marshallocereus thurberi</i>, <i>Neolemaireocereus thurberi</i>. Familia: Cactaceae</p>	
<p>Gray Ghost Organ Pipe, Pitayo Nombre Científico: <u>Stenocereus pruinosus</u> Sinónimo: <i>Rathbunia pruinosus</i>, <i>Cereus edulis</i>, <i>Lemaireocereus pruinosus</i>, <i>Echinocactus pruinosus</i>, <i>Ritterocereus pruinosus</i>, <i>Cereus pruinosus</i> Familia: Cactaceae</p>	
<p>Cardón Espinoso, Candelabro Nombre Científico: <u>Pachycereus weberi</u> Sinónimo: <i>Pachycereus gigas</i>, <i>Pachycereus grandis</i> var. <i>gigas</i>, <i>Cereus candelabrum</i>, <i>Lemaireocereus weberi</i>, <i>Stenocereus weberi</i>, <i>Cereus weberi</i>, <i>Ritterocereus weberi</i> Familia: Cactaceae</p>	
<p>Chiotilla, Jiotilla Nombre Científico: <u>Escontria chiotilla</u> Sinónimo: <i>Cereus chiotilla</i>, <i>Myrtillocactus chiotilla</i> Familia: Cactaceae</p>	

Figura 1.7. Tipos de pitayos de la familia Stenocereus.

1.4. TAXONOMÍA

La pitaya más común presenta la siguiente taxonomía:

Nombre común: Pitaya de mayo

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledoneae)

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Nombre científico (género y especie) *Stenocereus griseus*

Tipo de reproducción: Sexual (por medio de semilla). Asexual (por medio de esquejes, material vegetativo, pocos). No se encuentra en peligro de extinción según datos obtenidos en la Norma Oficial Mexicana de Ecología 059-94. Por lo tanto, no requiere de protección especial.



Figura 1.8. Desarrollo del pitayo.

MORFOLOGÍA

El tallo: contienen el agua suficiente para sobrevivir en los climas calidos. La capa exterior (epidermis), que es muy voluminosa, contiene estomas (pequeños agujeros hundidos). La epidermis contiene un compuesto orgánico de consistencia mas 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. Tiene de 2.7 a 3.4 m de altura, pero exceden de vez en cuando los 6.1 m.

Las espinas: son estructuras morfológicas de color gris, pegadas a la piel del fruto.

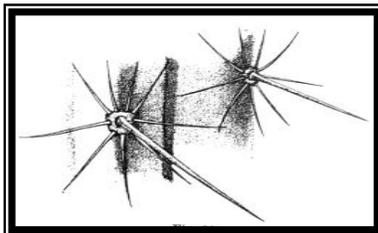


Figura 1.9. Diagrama esquemática de las espinas

Las raíces: se dividen en dos ramificaciones: 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.

La flor: es hemafrodita. 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. El desarrollo de la flor depende de la luz solar o de la luna que reciban, ya que ellas mismas la buscan.



Figura 1.10. Diferentes flores de la pitaya

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 80-100g. 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 pericarpelo, y los funículos se desarrollan mucho, acumulan gran cantidad de agua y azúcares, y constituyen la pulpa comestible del fruto. El pericarpelo tiene un elevado crecimiento secundario, pues sus areolas se activan después de la fecundación, produciendo abundante lana, espinas o escamas, según de la especie de que se trate.

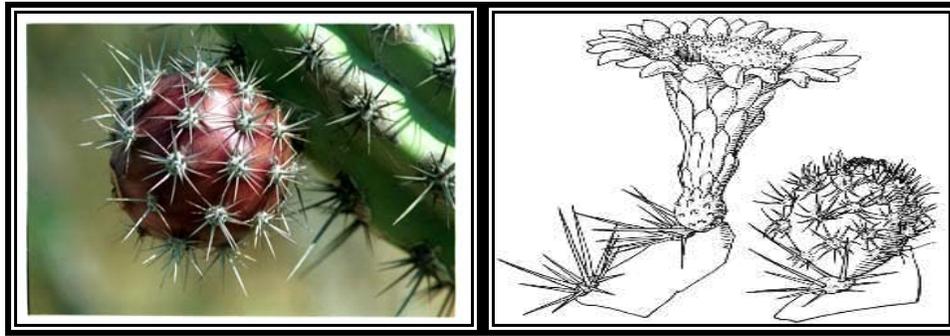


Figura 1.11. a) Flor y fruto de la pitaya b) fruto de la pitaya

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 solubles totales es de 10 °Bx, al llegar a la madurez comercial, es de sabor agridulce. La pulpa y la semilla en conjunto, son la parte comercial y de mayor demanda en el mercado para su industrialización.



Figura 1.12. Pulpa de pitayas

1.5. COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL

Cuadro 1.1. Composición nutricional de diferentes variedades de pitaya

Pitaya amarilla		Pitaya roja	
Factor Nutricional*	Contenido	Factor Nutricional*	Contenido
Ácido Ascórbico	4.0 mg	Ácido Ascórbico	25.0 mg
Agua	85.4 g	Agua	89.4 g
Calcio	10.0 mg	Calcio	6.0 mg
Calorías	50.0	Calorías	36.0
Carbohidratos	13.2 g	Carbohidratos	9.2 g
Cenizas	0.4 g	Cenizas	0.5 g
Fibra	0.5 g	Fibra	0.3 g
Fósforo	16.0 mg	Fósforo	19.0 mg
Grasa	0.1 g	Grasa	0.1 g
Hierro	0.3 mg	Hierro	0.4 mg
Niacina	0.2 mg	Niacina	0.2 mg
Proteínas	0.4 g	Proteínas	0.5 g
Riboflavina	0.0 mg	Riboflavina	0.0 mg
Tiamina	0.0 mg	Tiamina	0.0 mg
Vitamina A	-U.I.	Vitamina A	- U.I.

* Por 100 gr. de fruta (55 gr. de parte comestible)

Fuente: Tabla de composición de alimentos. ICBF. Sexta edición, 1992. INCAP y FAO

1.6. CLIMA Y SUELO

La mayor parte de los cactus se desarrollan en zonas áridas, en donde las lluvias son muy esporádicas; y muy pocas en lugares húmedos. Su arma de defensa son sus espinas.

Crece típicamente en laderas rocosas, hasta cerca de 1000 metros de elevación, y no en regiones bajas. En bosques espinosos y bosques tropicales caducifolios. Es común en las zonas áridas de Puebla y Oaxaca.

Factores ambientales o físicos: (luz, temperatura, agua humedad, salinidad, altitud, etc.): No necesita de mucha humedad y resiste altas temperaturas.

Mecanismos de adaptación: Las plantas se desarrollan desde las cercanías del mar hasta los 600 metros, ya que no necesita de mucha agua y se adapta fácilmente a las temperaturas muy cálidas.

1.7. CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL CULTIVO DE PITAYA

Cuadro 1.2. Condiciones óptimas para el cultivo de pitaya

Altitud	1.400 - 1.700 msnm
Temperatura	17 °C - 29 °C
Precipitación	1.500 - 2.000 mm/año
PH	5.5 - 6.5
Sombrío	40% a 60%
Pendiente	50%

* Según la experiencia de productores pitaya

1.8. FENOLOGIA

La temporada de fructificación de los pitayos es muy variable y depende de la especie. Sin embargo, puede decirse que existen al menos tres temporadas distintas: 1) de principios de mayo a junio para las especies *Stenocereus pruinosus*, *S. queretaroensis*, *Pachycereus weberi*, *P. pecten-aboriginum*, *P. pringlei* y otras; 2) durante la temporada de lluvias, para *Stenocereus thurberi*, *S. fricci*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Carnegiea e Hylocereus undatus*, y 3) casi al finalizar la temporada de lluvias (agosto a inicios de noviembre) en las especies tardías que presentan un sabor mas agrio, como *Stenocereus stellatus*, *S. treleasei*, *S. gummosus* y *S. eruca*. No obstante, hay especies con una larga temporada de fructificación, como es el caso de escontria chiotilla, cuya producción empieza en marzo y termina en junio o julio en la cañada de Totoloapan, Oaxaca, mientras que en otras regiones como la Mixteca baja, la producción comienza en mayo, disminuye en junio, vuelve a elevarse en julio y termina hasta octubre o noviembre.

La alogamia antes mencionada es la causante de la gran variación genética presente en muchos huertos familiares y comerciales. El numero cromosómico básico de las cactáceas hasta ahora investigadas es de $n=11$, y aunque la poliploidía o cruzamiento interespecifico parece ser común en *Mammillaria* y *Opuntia*, no lo es en la tribu *Pachycereae*. Sin embargo, existen muchas especies pendientes de estudio en dicha tribu, y es necesario poner énfasis en las poblaciones de especies cultivadas, en las que existe una gran variación de fenotipos e individuos con características intermedias entre dos especies distintas (*Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca baja de Oaxaca. La gran variación interespecifica ha sido documentada por Cruz (1985) en el caso de *Stenocereus pruinosus*, y por Salcedo y Arreola (1991) en el caso de *Stenocereus queretaroensis*, con el fin principal de valorar y seleccionar las variedades criollas.

La hibridación interespecifica es posible en algunas especies, y esto es de suma importancia, ya que puede apoyar las investigaciones filogenéticos de las especies de pitayas, para abordar en forma estratégica el mejoramiento genético de dichas plantas.

1.9. REPRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN

La etapa más crítica de desarrollo de los pitayos, al igual que la de muchas otras plantas, es el establecimiento. La propagación vegetativa es característica de muchas especies, ya sea por caída, corte de ramas o encorvamiento de las mismas al tocar el suelo. El hecho de que las ramas emitan raíces y nuevos brotes acarrea varias ventajas adaptativas: 1) la rama contiene una gran reserva de agua y de nutrimentos, que dará por resultado el crecimiento y desarrollo acelerado de los nuevos brotes; 2) morfología y químicamente, los nuevos brotes presentaran todas las ventajas adaptativas propias de los adultos: a) gran desarrollo y lignificación de las espinas, y b) mayor contenido de sustancias tóxicas (triterpenos y/o alcaloides) contra el ataque de herbívoros o enfermedades.

La dispersión a nuevas áreas de propágulos vegetativos por este medio es muy lenta, y solo mediante la vía sexual (por medio de semillas) se logra en grandes distancias, además de que se favorece el desarrollo de la diversidad genética. Todo parece indicar que los pitayos dependen de la polinización cruzada, es decir, son alógamos, sobre todo, debido a que su cámara nectarial, bastante desarrollada, asegura la presencia de polinizadores de diversa índole.

La mayoría de los pitayos presenta características distintivas asociadas con la polinización por murciélagos, como la estructura del tubo floral, campanulada a infundibuliforme y reforzada de manera mecánica, una cámara nectarial muy amplia en su base y una gran superficie astigmática; además, las flores generalmente se desarrollan en la punta de los tallos, por encima de la vegetación circundante, y presentan una apertura nocturna; sin embargo, existen algunas excepciones como *Pachycereus marginatus* y *Stenocereus beneckeii* principalmente polinizados por colibríes; *S.gummosus* y *S. eruca* posiblemente por mariposas nocturnas, y *Myrtillocactus geometrizans* por varios insectos, entre ellos *Apis mellifera*.

Los frutos de los pitayos de la tribu *Pachycereae*, al madurar, comúnmente rompen la cáscara para exponer la pulpa, en general de colores muy atractivos y sabor agradable, donde quedan contenidas muchas semillas pequeñas de un color negro brillante. Aun cuando las semillas no son digeribles y debido a su tamaño pequeño no se trituran y salen ilesas de los tractos digestivos de aves, mamíferos o reptiles, presumiblemente son tratadas para la eliminación de inhibidores químicos de la germinación. Sin embargo, su tamaño no observa un patrón general y algunas especies, como las del género *Pachycereus*, presentan semillas de mayor tamaño, que son separadas de la pulpa y utilizadas en la alimentación humana, por lo general molidas y mezcladas con otros alimentos.

Una vez consumidas las frutas, las semillas son dispersadas por las aves u otros animales, mediante su traslado y posterior deyección en diversos lugares. Sin embargo, esto no significa un éxito en el establecimiento de las futuras plantas, pues para lograrlo es necesario que las semillas lleguen a lugares protegidos por rocas o plantas contra la excesiva insolación, que puede ocasionar la deshidratación letal de las pequeñas plántulas, cuya reserva de agua es aún muy pobre. Por otro lado, las noches despejadas, frecuentes en los desiertos, ocasionan una enorme pérdida de calor que en las plántulas o plantas en estado juvenil es difícil de controlar. Debido a ello, las más pequeñas necesitan, durante varios años, otras que funjan como nodrizas o, en su defecto, escondrijos entre las rocas que, además, contribuyan a salvaguardarlas de los herbívoros mientras desarrollan sus

protecciones. Por esto, la alteración de los ecosistemas semiárido o áridos ocasiona severos daños a las poblaciones de pitayos, cuyos nuevos establecimientos dependen de las plantas nodrizas, arbustivas o arbóreas.

Es la polinización la responsable de la gran diversidad de cruces (tipos) y ello ocasiona que la fruta crezca de distintos colores y tamaños. El proceso de la polinización es la transferencia de polen de las anteras a los estigmas siendo un aspecto fundamental en el ciclo de vida de las plantas y se manifiesta en adaptaciones estructurales, fisiológicas, etnologías y espaciales que garantizan la fecundación y la continuidad de la especie debido al transporte de polen.

Aunque Weiss, et al., (1994), indica que los polinizadores mas extendidos en vegetales son los insectos, a las plantas que resultan polinizadas con esta practica se les conoce como de polinización entomófila. Dentro de los invertebrados, tenemos pequeños grupos insectos que realizan esta función, como ejemplo los coleópteros (cantarofilia), dipteros (miofilia), himenopteros (melitofilia); dentro de los vertebrados que intervienen en la polinización son: murciélagos y las aves.



Figura 1.13. Pitayas para su recolección

1.10. RECOLECCIÓN

La pitaya solo se cosecha en mayo, es un fruto de temporada y se produce por polinización libre.

Aunque para los recolectores solo hay dos clases de pitayas, la silvestre y la criolla, la gente suele identificar a la fruta por su color y así la denominan “pitaya roja”, “bugambilia”, “amarilla” o “blanca”. La diferencia de colores solo se debe a la especie a la que pertenece el fruto.

La cosecha de frutos se realiza a diario en las horas tempranas del día, con el auxilio de instrumentos como el “chicol”, la tenaza y la orqueta, hechos con materiales de la región; los recipientes para recolectar los frutos, generalmente son canastos de carrizo.

La mano de obra utilizada es de tipo familiar, especialmente en la cosecha, ya que se debe tener cuidado especial para no maltratar los frutos; en cambio, para realizar los deshierbes cerca de 50 % de productores utilizan mano de obra contratada.

Los recolectores tras unas tres o cuatro horas de trabajo, terminan de llenar sus canastos con 200 o 300 pitayas que después se reparten entre familiares y vecinos, o bien, se venden en el pueblo, comunidades vecinas o a la orilla de la carretera.

El empaque de los frutos para su venta son rejas de madera con capacidad de 25 a 28 Kg.

Los frutos se acomodan con la parte apical hacia abajo sin quitarles las espinas, mismas que los protegen de los daños físicos. El número de frutos por reja en el estrato bajo es de 160 y en el alto de 220.



Figura 1.14. a) Recolección, b) limpia c) venta de las pitayas.

1.11. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Las pitayas, como toda la familia botánica de las cactáceas, son originarias del continente americano. De acuerdo con su distribución actual, es en México, donde existe mayor número de especies: Los pitayos son de gran valor para el hombre que habita principalmente en zonas semiáridas, ya que producen jugosos y deliciosos frutos llamados pitayas. El género *Stenocereus* al cual pertenece la pitaya, se distribuye desde Arizona, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica hasta el Norte de Colombia y Venezuela, así como el Caribe. Pero su mayor distribución, abundancia y diversidad se concentra en México, ya que de las 24 especies que incluye este género, 22 son nativas y de estas, 20 son endémicas del país (Hunt, 1992; citado por Arreola, 1999).

A nivel nacional la pitaya se distribuye en casi todo el país: en la Península de Baja California, en la vertiente del pacífico desde Sonora hasta Chiapas y en la vertiente del Golfo desde Veracruz hasta Tamaulipas (Bravo, 1978). Pero se identifican dos grandes regiones productoras que son: la subcuenca de Sayula y la Mixteca. La primera incluye los estados de Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán y Querétaro, con una superficie de 1,000 ha (pimienta, 1999) siendo la principal especie *S. queretaroensis*. En el estado de Jalisco existe cerca de 75% de dicha superficie, con un rendimiento de fruta de 6 ton/ha cosechadas desde finales de abril a principios de junio.

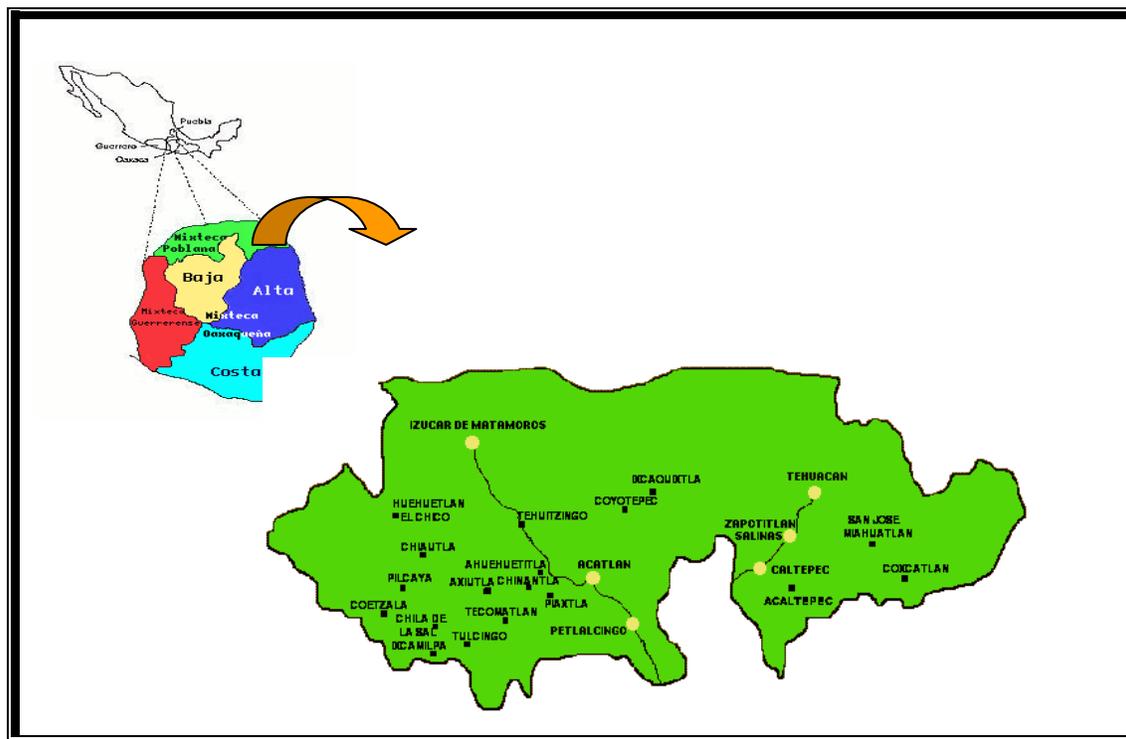


Figura 1.15. Distribución de los pitayos en la Mixteca Poblana.

La segunda región se ubica en la Mixteca, principalmente en los estados de Oaxaca y Puebla, donde se concentran 690 ha, siendo la principal especie *S. griseus*. La Mixteca Poblana se localiza al sur del estado y representa una tercera parte de su extensión territorial.

Los principales municipios productores son: Santa clara Huitziltepec, Xochitlán, Todos los santos, Tepeyahualco de Cuahutémoc, Santa Cruz Huitziltepec, Santiago Miahutlan, San Jeronimo Xayacatlan, Xayacatlan de Bravo, Epatlán, San Pedro Yeloixtlahuacan, Izúcar de Matamoros, Acatlán, Ahuehuetitla, Albino Zertuche, Atexcatl, Coatzingo Coelzala, Coyotepec, Cuayuca de Andrade, Chiantla, Chalmecatitlan, Chila de la Sal, Chila, Chinantla, Huatlatauca, Huehuetlan el Chico, Ixcamilpa de Guerrero, Ixcaquixtla, Jolalpan, Juan N. Mendez, Magdalena, Tlatlauquitepec, Molcaxac, Petlatcingo, Piaxtla, San Juan Atzompa, San Miguel Ixtlán, San Pedro Anciano, Santa Catalina Tlatempan, Tzicatlacoyan, entre otros.

1.12. ETNOBOTANICA E IMPORTANCIA SOCIAL

El conocimiento precolombino sobre dichas plantas posiblemente fue muy valioso, pero por desgracia gran parte de él se ha perdido; sin embargo, en algunas zonas del país todavía está presente y es necesario rescatarlo cuanto antes. En otras regiones ya ha sido abordado el problema, gracias a antropólogos como Felger y Moser (1997), y otros, en sus estudios sobre las tribus del noreste de México y su relación con diversas cactáceas columnares. Sorprende la enorme riqueza que poseen estas últimas sobre el conocimiento y la multiplicidad de usos de las especies pitayeras de la región del desierto de Sonora, así como las distintas maneras de preparar los guisos elaborados con los frutos, cuyo consumo llega a significar más del 90% en la dieta vegetal de los seris, quienes incluso los mezclaban con otras semillas en sus guisos.

En la actualidad, las pitayas son recolectadas en México, sobre todo para el consumo familiar, aunque generalmente son objeto de comercio en los mercados regionales. Sin embargo, en no pocas zonas el cultivo de los pitayos ya está presente, tanto en los huertos familiares como comerciales. El cultivo de estas plantas no es reciente, y desde tiempos precolombinos fue realizado en la zona del valle de Tehuacán, la Mixteca baja, los valles centrales de Oaxaca, la región de la presa del infiernillo (entre Guerrero y Michoacán), en el alto Balsas, cerca de Izúcar de Matamoros (Puebla) y en algunas regiones de Jalisco.

A pesar de que se consume una gran cantidad de frutos de diferentes especies, solo algunos representan un valor comercial para recolectores y campesinos. Esto, evidentemente está relacionado con las preferencias de los consumidores, que a final de cuentas constituyen el mercado, y entre las más conocidas están la pitaya de mayo, *Stenocereus pruinosus*; el xoconostle o pitaya agria, *Stenocereus stellatus*; la jiotilla, tunillo o *schuega*, *Escontria chiotilla*; el petire, *Stenocereus quevedonis*; la pitaya de Querétaro (generalmente solo conocida como pitaya); la pitaya dulce, *S. thurberi*; la pitaya de agosto, *S. chrisocarpus*; la pitaya de aguas, fruto de *S. chrisocarpus*; la pitaya de aguas, fruto de *S. fricci*; la pitaya colorada, *S. maontanus*, y el garambullo, *Myrtillocactus geometrizans*.

Las pitayas representan un ingreso económico considerable, tanto para recolectores como para productores, y aunque dicho beneficio es temporal, puede extenderse a partir de la introducción de huertos mixtos con especies productoras en diferentes épocas, lo que sería recomendable para las distintas regiones pitayeras. En el caso de los recolectores, la inversión es prácticamente nula, y en el de los productores no se incrementa tanto, ya que el mayor esfuerzo se realiza al establecer el huerto, y el manejo es muy simple. Dichas especies no son exigentes y no hay necesidad de riego alguno, sin embargo, responden bien cuando se les agrega materia orgánica y algunas llegan a producir alrededor de 13 toneladas por hectárea.

1.13. CULTIVO DEL PITAYO EN LA MIXTECA BAJA DE OAXACA Y MIXTECA POBLANA.

Con respecto de las pitayas del género *Stenocereus*, en la Mixteca baja, el manejo de huertos es muy simple, aun cuando ya se ha incluido algunas aportaciones por parte de ingenieros y técnicos a estos sistemas de cultivo, como el distanciamiento entre las plantas y la descripción y combate químico de ciertas plagas. El establecimiento de una nueva plantación se realiza por propagación vegetativa con tallos o ramas de entre 1y 1.5 m de longitud, de tres años de edad o mayores, los cuales se cortan en enero o febrero y se dejan cicatrizar entre 15 y 30 días, para luego establecerlos en la luna llena siguiente, generalmente en Marzo. Hecho así, en la próxima temporada de lluvias puede verse como prenden, y la fructificación puede empezar al año siguiente o después de tres años, dependiendo de la juventud del tallo. Las cepas se abren con anticipación a razón de 45 cm. De ancho por 50 cm. de profundidad, se les agrega abono orgánico en el fondo y se entierran a una profundidad de aproximada de 20 cm. en el caso de *Stenocereus pruinosus* en la Mixteca baja de Oaxaca. Es de sumar importancia señalar que los pitayos de la tribu *Pachycereae*, el exceso de agua puede ser letal, por lo que se toma como precaución el establecimiento de huertos en suelos muy delgados o arenosos, con bastante anticipación a la temporada de lluvias y con materiales bien cicatrizados a profundidad de 20 cm. o menores.

Puebla es otro de los principales productores de pitaya a nivel nacional, este estado cuenta con zonas idóneas para el cultivo de este producto, como la Región de la Mixteca. Esta fruta es usualmente consumida en fresco, su jugo, mezclado con agua hace deliciosas bebidas y es también utilizada en gelatinas caseras, helado y mermeladas. Puebla y Oaxaca son los principales productores de pitaya a nivel nacional, debido a la demanda domestica la producción se incremento al 200 % durante el año pasado.



Figura 1.16. Plantaciones de pitayos en la Mixteca Poblana.

1.14. USOS

La fruta es el producto mas demandado, ya sea para consumirse como tal o para ser utilizada en distintas preparaciones. Se puede comer fresca o se puede enfriar o congelar.

Cerca de 95 % de la fruta que se produce en la región se vende en estado fresco, cuya vida de anaquel, dependiendo del tipo, es de tres a siete días. El 5% restante es para autoconsumo y fruta de “regalo”. No obstante que el manejo de dicho cultivo es mínimo y existe una amplia diversidad de tipos, toda la fruta es comercializada a buen precio, probablemente a esto se deba que los productores, hasta hoy no se vean en la necesidad de procesarla para su venta, aunque si para autoconsumo, ya sea en forma de mermeladas, gelatinas, jamoncillo, jarabes, bebidas fermentadas, bebidas refrescantes y la semilla mezclada con la masa de maíz en forma de totopos.

Igualmente se puede mezclar con otras frutas de temporada o en conserva. La composición de substancias biológicas de estas plantas, ayudan a que se pueda aplicar en usos medicinales. Han sido protagonistas importantes de la tradición herbolaria de nuestro país. Sus usos son tan diversos, desde servir de bardas, forraje para animales y alimento para el hombre.

Además una vez que el cactus se seca, se emplea en la elaboración de cercos para animales.

2. FORMULACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PITAYA

2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA FORMULACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Caracterización de la materia prima Se determinaron las características iniciales de la fruta por medio de los procedimientos que se describen a continuación:

pH. Se utilizó un potenciómetro con sensibilidad de 0.01 unidades.

Sólidos solubles. La determinación de los sólidos solubles se realizó con un refractómetro a 25 °C con sensibilidad de 0.01 °Bx.

Cenizas. Se determinó en una mufla a 600 °C por dos horas y posteriormente se enfrió.

Actividad de agua (a_w). Se determinó con un girómetro a una temperatura de 25 °C.

Almacenamiento de la materia prima.

Se procedió a comprar un lote de pitayas, posteriormente se lavaron con agua y jabón para eliminar los posibles microorganismos transportados en la cáscara. Se mantuvieron en el refrigerador hasta el momento de ser usadas.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Recepción de materia prima

Los productos se transportan a la planta en embalajes adecuados que eviten su deterioro en cualquier sentido. El material se pesa al llegar a la planta para efectos de control de inventarios. Se efectúa una inspección visual de su calidad e inmediatamente después se pasa al almacén respectivo.

Pesado y selección

Aquí se inicia propiamente el proceso a nivel laboratorio, ya que este pesado se refiere a la cantidad que se procesará en un lote de producción a microescala. Considerando las mermas propias del proceso al pesar la cantidad inicial de materia prima. La selección se realiza en forma visual y manual, separando aquellos frutos que se observen aplastados, magullados, inmaduros o con mal olor.

Lavado de la fruta

La fruta seleccionada es asperjada con un chorro de agua a alta presión para eliminar la suciedad que pudiera permanecer en su superficie. La temperatura del agua es de 35⁰C y se asperja durante un minuto.

Mondado

Al terminar esta aspersion, la fruta se hace pasar por un macerado mecánico para obtener pulpa. En este momento la fruta se encuentra lista para ser escaldada. El mondado no se interrumpe; cuando se ha llenado un tanque de escalde, inmediatamente se empieza a ocupar otro.

Escaldado

Consiste en la inmersión de la fruta en agua a una temperatura de 95⁰C por 20 minutos al nivel del mar. Se debe tomar en cuenta que en la ciudad de México, el agua hierve a 92.5⁰C, de forma que el escalde deberá realizarse a 86-87⁰C.

El escaldado es una operación necesaria que inactiva las enzimas de la fruta, ablanda el producto para que permita la penetración del edulcorante, elimina los gases intracelulares, fija y acentúa el color natural de la fruta, reduce en gran medida los microorganismos presentes, ayuda a desarrollar el sabor característico, favorece la retención de algunas vitaminas, principalmente la vitamina C, y reduce cambios indeseables en color y sabor. Una vez terminado el escalde se realiza la siguiente operación en el mismo tanque, para aprovechar el agua caliente.

Mezclado

Para el mezclado, se vacían la solución acuosa con los ingredientes a ser utilizados para cada formulación y la fruta. Se mueve con un agitador mecánico por cinco minutos hasta que la mezcla sea totalmente homogénea.

Cocción y concentración

Durante la concentración, se evaporara el agua contenida en la fruta y los tejidos de la misma se ablandan. Este ablandamiento permite que la fruta absorba el azúcar (o cualquier edulcorante), el ácido y los otros componentes; durante el proceso se debe agitar la mezcla. La temperatura con vacío debe elevarse hasta 85⁰C. Este paso toma 20 minutos bajo condiciones estandarizadas de cantidad de producto, vacío y temperatura, para lograr la concentración de 60⁰Brix en la mezcla.

Incubación.

Para la elaboración de yogurt la leche previamente estandarizada en cuanto a contenido de sólidos es inoculada a 25⁰C. El cultivo láctico para el yogurt contiene la cepa *Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaris* en proporciones iguales.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo del *Streptococcus* oscilan entre 38 y 44° C y las del *Lactobacillus* entre 41 y 46° C.

La temperatura de incubación del cultivo es de 42° C. Luego, se siembra la leche con el 3% del cultivo usual agitando bien la masa. Inmediatamente después de la siembra, se envasa la leche en botellas o en vasos de plástico. La leche envasada se incuba directamente a una temperatura de 45° C hasta que el producto haya alcanzado un pH de 4.5. Normalmente, la acidificación se lleva a cabo en unas horas. Después de la incubación, se debe enfriar el yogurt rápidamente por debajo de 10 °C para detener una excesiva acidificación. Esta provoca la retracción de las proteínas coaguladas, que resulta en la separación del suero. El yogurt puede ser comercializado después de 10 horas de refrigeración a 5°C. En este periodo, se desarrolla el aroma del yogurt. El buen yogurt se conserva durante una semana a una temperatura de 47°C.

Preesterilizado de frascos

Los frascos se sacan de las cajas de empaque se asperjan con vapor de agua no tanto para lavarlos porque son frascos nuevos, sino para preesterilizarlos con la alta temperatura del vapor.

Envasado

La mezcla caliente se envasa. Se debe dejar un espacio entre la tapa del frasco y el producto de, al menos, 5 mm. Los recipientes deben estar perfectamente limpios, aunque no es necesario que estén esterilizados. Los frascos se van acumulando hasta reunir una cantidad tal que se forme un lote de producción. Una vez reunido se pasa al siguiente proceso.

Esterilización

La esterilización es un tratamiento térmico donde intervienen la presión y la temperatura para dejar un producto completamente libre de bacterias. Un producto esterilizado tiene una vida de almacenamiento teóricamente infinita; si se tuviera la certeza de que el producto se venderá y consumirá en el próximo mes, no habría la necesidad de esto. Ante la incertidumbre de la fecha de venta y consumo es preferible esterilizarlo. Una vez llenados y tapados los frascos a una temperatura elevada, se procede a introducirlos en un lote al esterilizador. Ahí debe alcanzar una temperatura de 120⁰C y una presión de 8lb/in² durante 20 minutos. Bajo condiciones estandarizadas de cantidad de frascos, temperatura a la que se introducen al esterilizador, tiempo en que tardan en alcanzar la temperatura y presión de esterilización, el proceso dura 55 minutos.

Enfriado

Una vez que los frascos se pueden sacar del esterilizador al bajar la presión, se enfrían por medio de un ventilador. El tiempo estimado para que esto ocurra es de 20 minutos por lote. Al enfriarse el frasco a la temperatura ambiente, producirá un vacío dentro del frasco.

Etiquetado, colocación en cajas y envío al almacén

Una vez que los frascos salen del esterilizador se etiquetan manualmente.

Los productos formulados fueron sujetos a estudios de carácter fisicoquímico, microbiológico y sensorial en función del tiempo de almacenamiento. Por lo que en todos los casos, los productos fueron abiertos de su empaque cuidadosamente para evitar contaminación del medio ambiente, con pinzas estériles o pipetas Pasteur, realizándose la toma de muestras para practicar los exámenes antes mencionados.

En cuanto a los estudios de envasados estos, vapor de agua y luz de forma que se obtenga una vida útil máxima.

2.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Este ha sido practicado para garantizar que el consumidor tenga un abastecimiento de productos salubres e inoctrinos y evitar el deterioro microbiológico de los mismos. Para poder obtener información acerca de la calidad microbiológica de un producto se llevaron a cabo análisis microbiológicos, efectuando un muestreo, un método analítico hasta la interpretación de resultados.

Muestreo: se ha realizado de forma adecuada y siguiendo los protocolos de toma de muestras, además de presentar muestras estadísticamente significativas.

Método analítico: se selecciono el más sensible para detectar lo que se desea además de buscar que este procedimiento sea económico.

Conteo de hongos y levaduras

El número de levaduras se determino empleando el método según APHA (American Public Health Association, 1992), que consiste en obtener 1 ml de las muestras almacenadas previamente homogenizadas, mediante la técnica de siembra en profundidad en cajas petri en presencia de agar papa dextrosa. Las cajas petri se incubaron a 25 °C por un periodo de 96 horas.

Conteo de mesófilos

El número de mesófilos presentes en cada sistema se determinaron empleando 1 ml de las muestras almacenadas, mediante la técnica de sembrado en profundidad en cajas petri en presencia de agar nutritivo. Las cajas se almacenaron a 35 °C por 72 horas.

2.1.3. PRUEBAS DE MEDICIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN

Las pruebas de medición del grado de satisfacción se determinaron mediante pruebas con escalas hedónicas verbales y gráficas.

2.1.4. CONSERVACIÓN DE REBANADAS DE PITAYA POR PROCESO OSMÓTICO Y OBTENCIÓN DE JARABE DE PITAYA.

La fruta fue previamente caracterizada fisicoquímicamente, determinando específicamente el índice de madurez, pH, contenido de sólidos solubles y el contenido de humedad.

Preparación de la materia prima. La materia prima fue previamente pelada cortada en rebanadas circulares con espesor de 0.3 cm., con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable y la medición de la forma geométrica del producto se determinó mediante un vernier.

Preparación del jarabe. Se prepararon jarabes de sacarosa a la concentración sujeta a estudio y posteriormente se determinó °Bx, a_w y pH.

Preparación del equipo. El proceso osmótico se realizó en recipientes vidriados, para mantener el producto en inmersión se usaron mallas plásticas previamente desinfectadas.

Estudio de almacenamiento. Se limpió la superficie de los frascos y bolsas, se abrieron cuidadosamente para evitar contaminaciones del ambiente, con una pinza estéril, se extrajeron las rebanadas de pitaya y se colocaron en bolsas, el jarabe se envasó en los frascos previamente esterilizados y se analizaron fisicoquímicamente. Los sistemas experimentales son:

Cuadro 2.1 Condiciones de experimentación empleadas

Temperatura del sistema	25 °C	
Relación fruta: solución	1:10	
Concentración de la solución	60 °Bx	40 °Bx
	$a_w=0.985$	$a_w=0.959$
Parámetros medidos	a_w , pH, sólidos solubles y % pérdida de peso	
Concentración de conservador (bisulfito de sodio)	1000 ppm	

2.1.5. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE REBANADAS CONGELADAS Y JARABE DE PITAYA

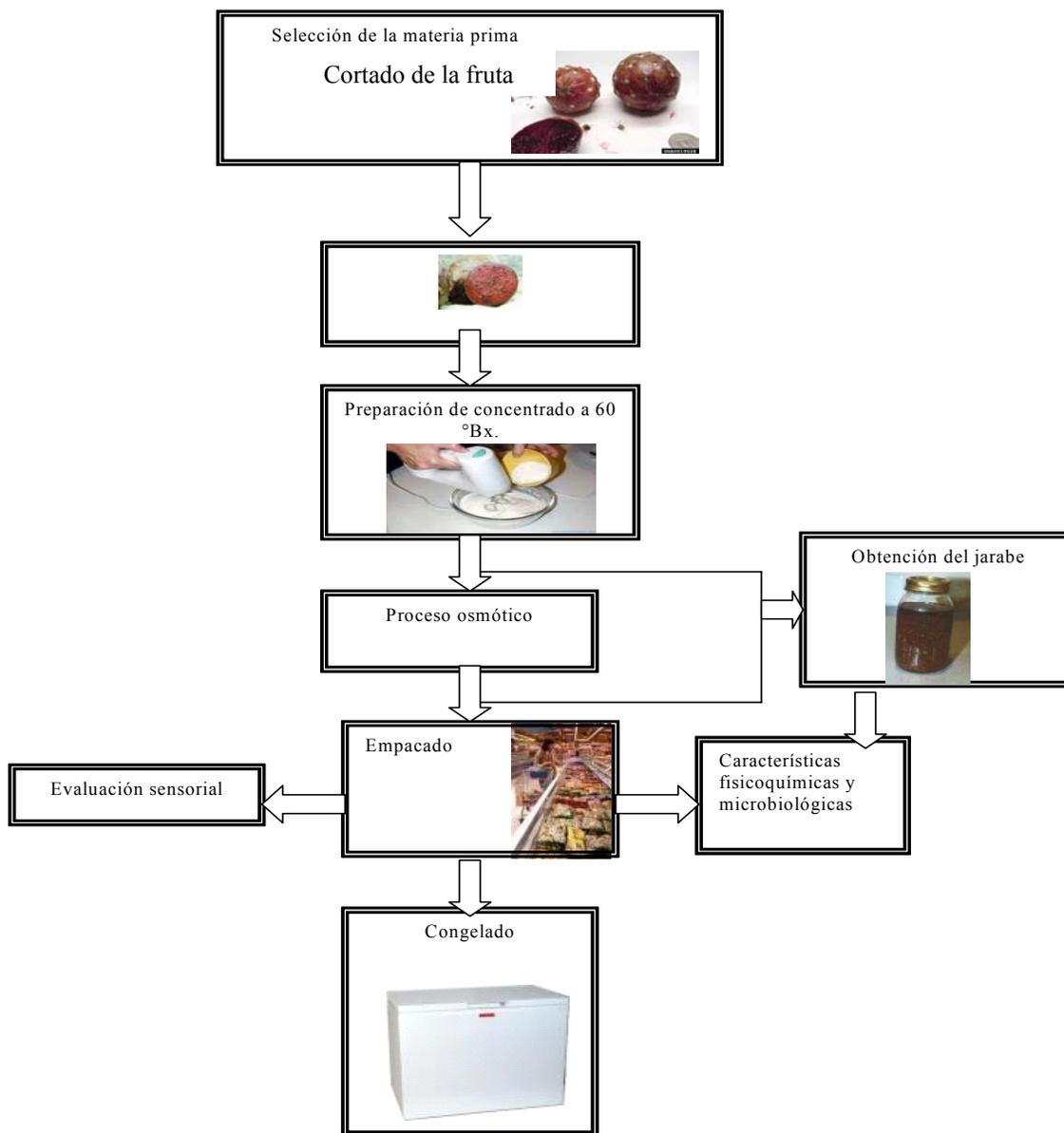


Figura 2.1. Representación del diagrama de flujo para la elaboración de rebanadas congeladas y jarabe de pitaya

2.1.6. ELABORACIÓN DE CONCENTRADO DE PITAYA

Los factores o barreras utilizadas por estas tecnologías se han seleccionado de tal forma que se puedan: a) obtener productos de alta calidad de características similares a las de las frutas frescas b) no requerir de un equipo especial para su procesamiento c) requerir una energía mínima para su procesamiento y no necesitar energía para su almacenamiento d) poder preservar la fruta en el lugar de producción.

El procesamiento de la fruta ha sido el siguiente:

- Se hizo un homogenizado de la fruta
- Depresión de la A_w por la adición de un humectante (sacarosa). La concentración del humectante ha sido calculada para obtener la A_w de equilibrio entre el sistema y el agente depresor de actividad acuosa A_w equilibrio = $(A_{wfruta}) (A_{wazucar})$.
- Incorporación de aditivos
- Acidificar con ácido cítrico hasta pH =3.5
- Envasado del producto en películas plásticas de polietileno y frascos de vidrio.
- Almacenamiento del producto a las condiciones de 4 y 25 °C
- Etiquetar y congelar



Figura 2.2. Representación del diagrama de flujo para la elaboración de concentrado de pitaya

2.1.8. ELABORACIÓN DE ATE

La elaboración del ate ha sido la siguiente:

- ❖ Selección de la fruta
- ❖ Molido de la pulpa hasta obtener una pasta
- ❖ Evaporación de la pulpa, hasta que su volumen se reduzca una tercera parte
- ❖ Obtención de una pasta muy viscosa
- ❖ El producto obtenido se moldea en botes de hojalata o moldes de plástico
- ❖ Se refrigera durante algunas horas
- ❖ Se desmolda y se envasa

2.1.9. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE ATE DE PITAYA

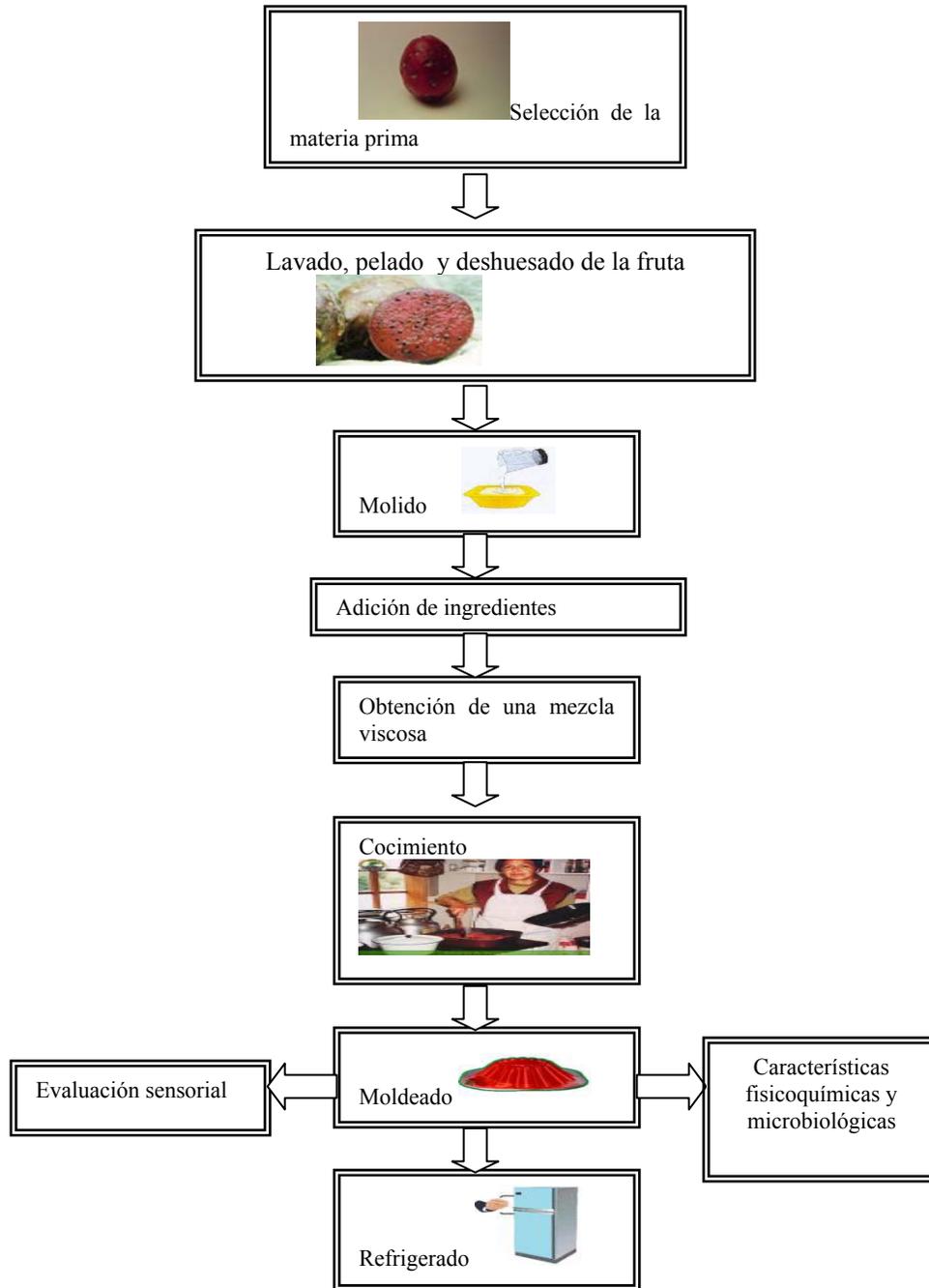


Figura 2.3. Diagrama de flujo para la elaboración de ate de pitaya

2.1.10. ELABORACIÓN DE YOGURT DE PITAYA

El yogurt fue elaborado a partir de leche descremada. Adicionándose mermelada de la fruta de pitaya, para otorgarle el sabor característico de la fruta.

La elaboración del yogurt formulado ha sido el siguiente:

Estandarización de la leche

Pasteurización. Efectuada a 90 ° C durante 60 segundos o a 85 ° C durante 30 minutos.

Homogenización y concentración. Se efectuó por evaporación y por adición del 35 de leche en polvo descremada.

El cultivo láctico para el yogurt contiene el *Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus* en proporciones iguales.

Para la incubación del cultivo se efectuó a 42° C. inmediatamente después de la siembra, la leche fue envasada en botellas de vidrio previamente esterilizadas.

La temperatura de incubación fue de 45 ° C hasta un pH de 4.5.

Posterior a la incubación, se procedió al enfriado por debajo de 10 °C, para detener una excesiva acidificación.

Finalmente al yogurt obtenido se le adiciono mermelada de pitaya para darle el sabor de la fruta.

2.1.11. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT DE PITAYA

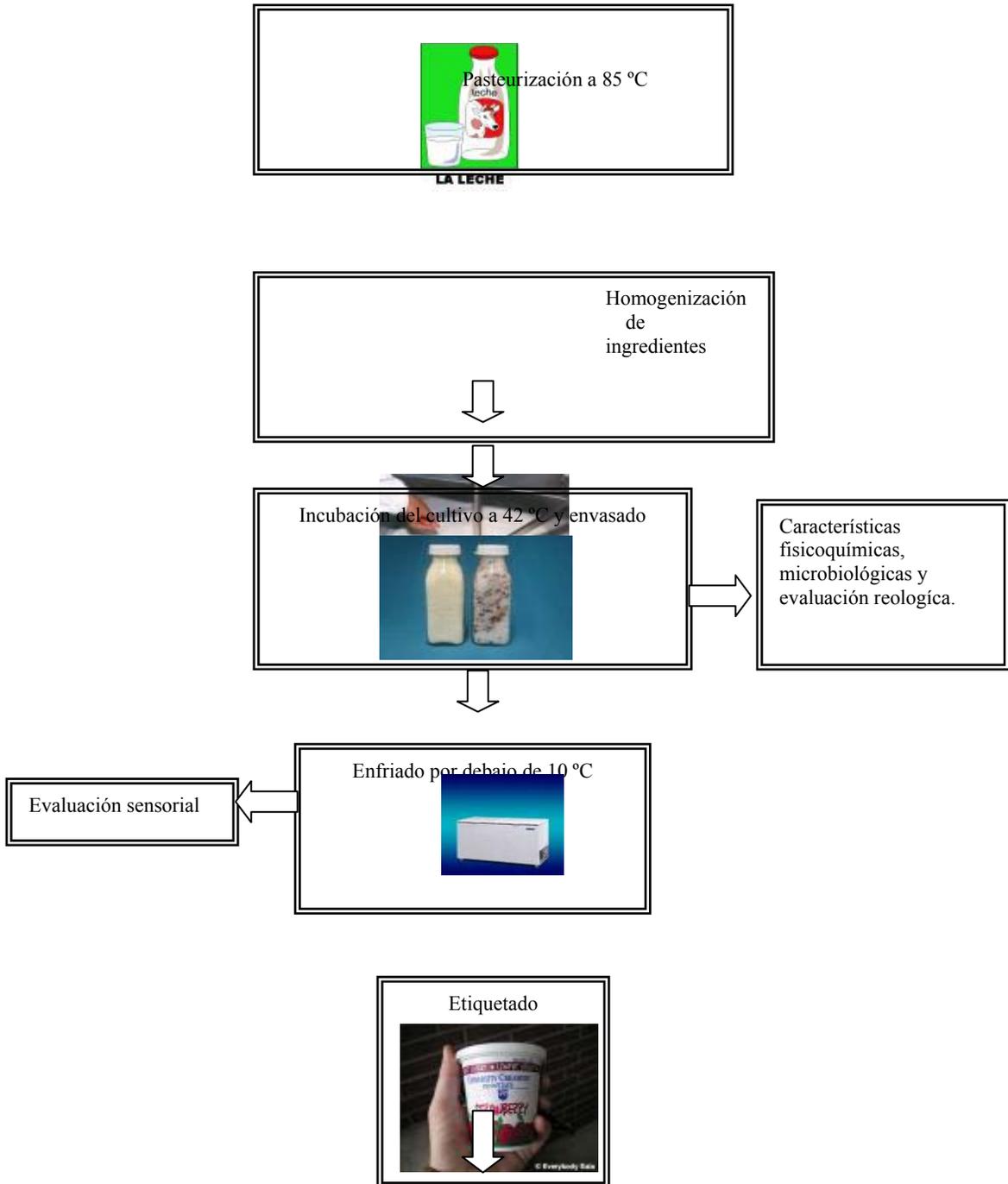


Figura 2.4. Diagrama de flujo para la elaboración de ate de pitaya

2.2. RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION

Datos relevantes de la pitaya:

La materia prima se obtuvo en las comunidades de San Pedro Yeloixtlahuacan, municipio de la Mixteca Poblana, los frutos fueron seleccionados utilizando como criterio: Índice de madurez, coloración homogénea, sin rastros de deterioro.



Figura 2.5. Muestras de pitaya empleadas en la experimentacion

El cortado del producto es muy importante, suele realizarse de varias formas, según se vaya a utilizar.

El corte debe realizarse de forma rápida y en un solo golpe, evitando el golpeado del material ya que le causaría daño y el producto quedaría con una mala presentación.

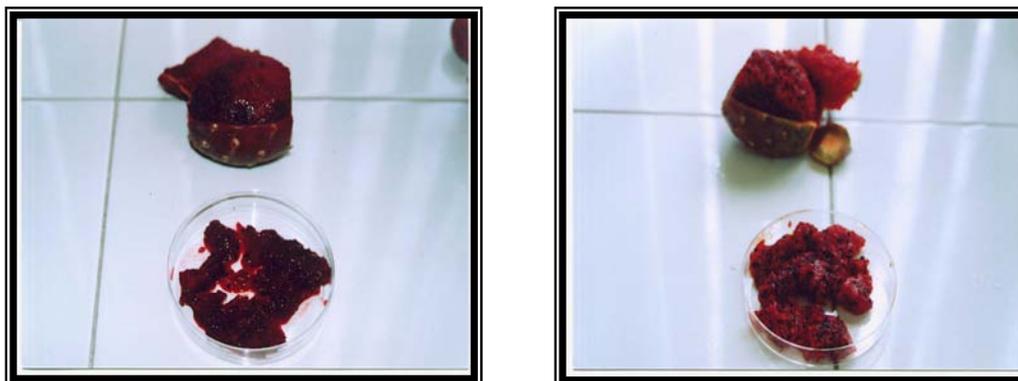


Figura 2.6. Muestras de pitaya cortadas en la experimentacion

Rendimiento: 1kg de pitaya = 675 gr. de pulpa (parte comestible)

pH= 4.12

°Bx = 10



Figura 2.7. Muestras de pitaya enteras

Se midió su diámetro polar y ecuatorial los cuales fueron: 7 y 8 respectivamente.



Figura 2.8. Determinación del diámetro de las pitayas

Las características fisicoquímicas de la pitaya son las siguientes:

Cuadro 2.2. Características fisicoquímicas de las pitayas

PARAMETRO	VALOR (%)
Humedad	86.5 ± 4.2
Cenizas	3.04 ± 0.75
Fibra cruda	2.16 ± 0.5
Proteínas	1.0 ± 0.3
Grasa	2.75 ± 0.6
Carbohidratos	4.55 ± 0.8

En general el contenido de humedad, grasas y proteínas es parecido al de otras verduras comunes. Su valor energético es elevado, la vitamina A es reducida, el contenido de agua es muy alto.

Estudios bromatológicos

Además del sabor especial que tiene las pitayas, los análisis bromatológicos han demostrado que son ricas en azúcares y minerales, aunque bajas en vitamina C. por otro lado, las semillas abundan en proteínas, especialmente las de *Pachycereus pringlei* (22.59 %), únicas analizadas en su género, que además son de mayor tamaño con respecto de las semillas del género *Stenocereus* o *Hylocereus*.



Figura 2.9. Diversidad de colores de la pitaya.

Cuadro 2.3. Características químicas de frutos *Stenocereus stellatus*

VARIABLE	FRUTO ROJO	FRUTO BLANCO	FRUTO AMARILLO	FRUTO SOLFERINO
°Bx	9.23	10.00	9.10	9.05
Ph	4.2	4.4	4.46	3.7
Acidez titulable	0.53	0.39	0.50	0.47
% Humedad	86.36	86.37	87.26	87.26
% Glucosa	7.02	6.89	6.93	7.04
% Fructosa	3.10	4.26	3.29	2.52
% Azúcares red.	10.13	11.16	10.22	9.56
% Sacarosa	2.44	4.76	3.84	3.12
% Azúcares totales	12.58	15.92	14.07	12.68

Formulación final

Gracias a las pruebas preliminares se pudo determinar la formulación y el procedimiento adecuado para la elaboración de cada producto.

Los resultados del ate tienen las siguientes características fisicoquímicas:

2.2.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ELABORACIÓN DEL ATE.

El ate tiene un contenido de sólidos solubles del 65 %.

pH de 3 y una calificación sensorial con valor de 7 utilizando una escala hedónica sensorial de los 7 puntos, evaluando los parámetros de color, olor, sabor y textura.

Los productos obtenidos tuvieron las características propias de un ate, ya que de acuerdo a las normas mencionadas en el capítulo I el ate tendrá una graduación mínima final de 65°Bx y una proporción mínima de zumos de fruta de 40% para la totalidad de frutas, excepto para los cítricos que pueden descender hasta 30%.

Se realizaron dos formulaciones en las cuales se pudo observar que en la primera formulación se obtuvo un gel demasiado duro y demasiado dulce, el cual no tenía las características propias de un ate.

En la formulación número dos se obtuvo el gel apropiado con las características propias de un ate. Por lo que la formulación dos fue la mejor.

El ate se envaso en recipientes plásticos y en películas plásticas de celofán. Después de envasar el producto se procedió a etiquetar.

Los resultados de aceptación general del ate de pitaya fueron los siguientes:

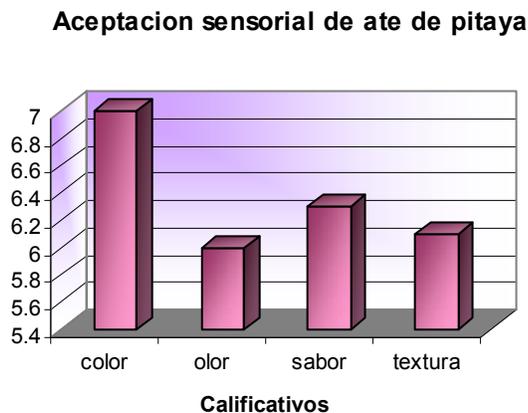


Figura 2.10. Aceptación general de la prueba sensorial para el ate de pitaya.

2.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ELABORACIÓN DEL YOGURT DE PITAYA.

El producto obtenido de pitaya, presenta buenas características de sabor y olor, sin embargo no resultó favorecida la textura debido a la separación de fases cuando se empleó jarabe de la fruta.

Los defectos en la textura y la separación inadecuada del suero, probablemente fueron resultado de temperaturas variables durante la incubación, de una refrigeración insuficiente

o de un manejo inapropiado del producto, por lo que fue necesario realizar el yogurt sin sabor y posteriormente antes del envasado efectuar la adición de la mermelada de fruta en el fondo del producto formulado.

La formulación optima fue la numero seis ya que fue a esta no se le agrego el jarabe antes de envasar.

Cuadro 2.4. Formulaciones empleadas para el yogurt de pitaya

FORMULACION I	FORMULACION II
150 ml de leche entera	150 ml de leche entera
25.5 gr. de yogurt natural	25.5 gr. de yogurt natural
45 gr. de azúcar	45 gr. de azúcar
0.015 gr. de benzoato de sodio	0.015 gr. de benzoato de sodio
5 gr. de leche en polvo	5 gr. de leche en polvo
Jugo de pitaya	0.015 gr. de goma Xantana

FORMULACION III	FORMULACION IV
150 ml de leche entera	150 ml de leche entera
25.5 gr. de yogurt natural	25.5 gr. de yogurt natural
45 gr. de azúcar	45 gr. de azúcar
5 gr. de leche en polvo	1 gr. de almidón
0.015 gr. de benzoato de sodio	0.015 gr. de benzoato de sodio
2 gr. de grenetina	1 gr. de carragenina

FORMULACION V	FORMULACION VI
150 ml de leche entera	150 ml de leche entera
25.5 gr. de yogurt natural	25.5 gr. de yogurt natural
45 gr. de azúcar	45 gr. de azúcar
0.5 gr. de almidón	5 gr. de leche en polvo
0.015 gr. de benzoato de sodio	0.015 gr. de benzoato de sodio
0.5 gr. de carragenina	0.5 gr. de carragenina

Se procedió a envasar en frascos y en vasos desechables para posteriormente ser etiquetados.

Los resultados de aceptación general del yogurt de pitaya fueron los siguientes:

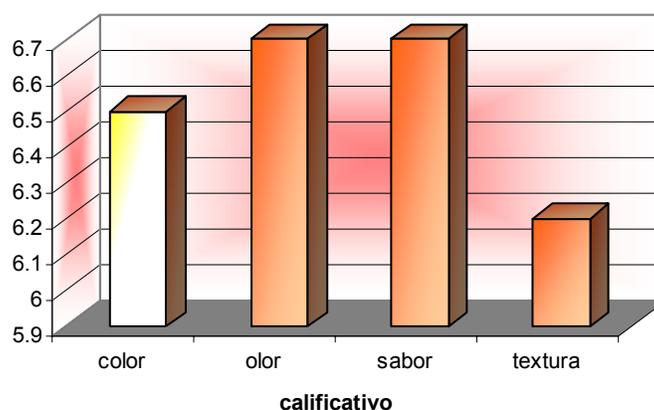


Figura 2.11. Aceptación general de la prueba sensorial del yogurt de pitaya.

La formulación de los sistemas de estudio para el desarrollo de frutas autoestables de alta humedad fueron los siguientes:

Cuadro 2.5. Condiciones de almacenamiento empleadas para la conservación del yogurt de pitaya

TRATAMIENTO	CONDICIONES	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)
Sistema 1	Control	25
		4
Sistema 2	$a_w=0.96$ (sacarosa)	25
	Sin acidificar	4
Sistema 3	$a_w=0.96$ (sacarosa)	25
	Ph=3.6 (Ácido cítrico)	4
Sistema 4	$a_w=0.96$ (sacarosa)	25
	PH=3.6 (Ácido cítrico)	4
	Sorbato de potasio=1000 ppm	

Firmeza y consistencia.- La textura resultó ser suave y fina, sin grumos ni polvo. No se observó separación de suero. El cuerpo debe ser firme pero no gelatinoso.

Sabor y aroma.- El aroma y sabor del yogurt son distintos y únicos. No existieron sabores amargos o desagradables. Los niveles de ácidos no deben de ser excesivos. Se piensa que un equilibrio de 1:1 de bacterias en bastones y cocos producirán un sabor óptimo a niveles de ácido adecuados.

Vida útil y aceptación sensorial de los sistemas de estudio para el desarrollo de frutas autoestables de alta humedad

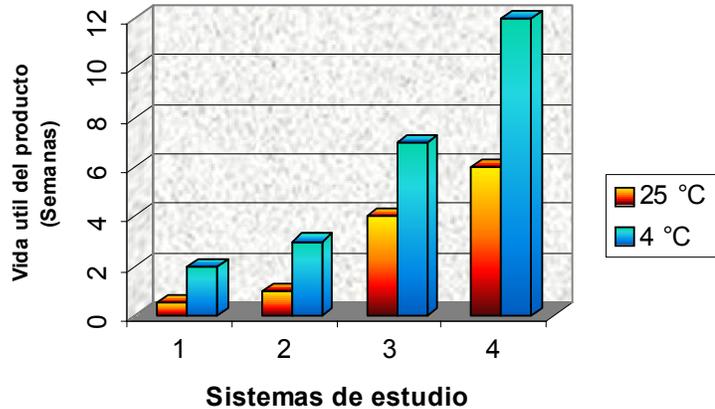


Figura 2.12. Estimación de vida útil del producto en función de las condiciones de tratamiento de concentrado de pitaya (*stenocereus griseus*), mínimamente procesado almacenado en frascos de vidrio.

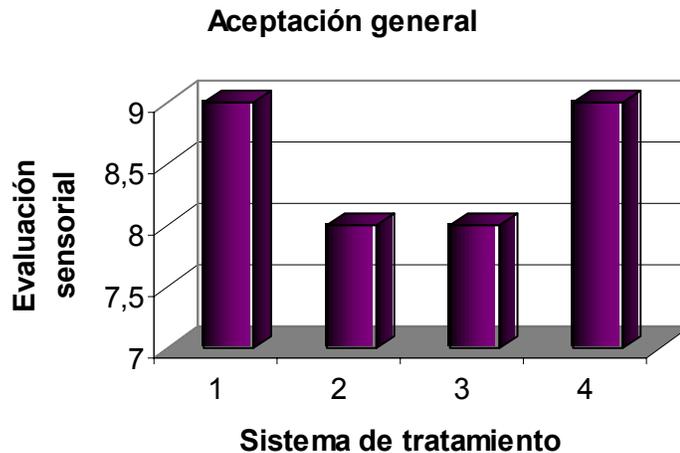


Figura 2.13. Estimación de la aceptación general del producto en función de las condiciones de tratamiento de concentrado de pitaya (*stenocereus griseus*), mínimamente procesado y condiciones de almacenamiento de 4 °C.

La pulpa de la pitaya es susceptible de someterse a procesos de congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, procesamiento preservación química. Sin embargo la tecnología de métodos combinados permite conservar la fruta por lo menos hasta 12 semanas a temperatura de almacenamiento de 4°C y por 5 semanas a temperatura de 25°C. Esta fruta puede ser utilizada para consumo directo, puede almacenarse a granel para su industrialización posterior o para ser usadas en productos de repostería, productos lácteos, etc.

La pulpa se envaso en bolsas plásticas con cierre hermético, y se procedió a etiquetar.

2.2.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PITAYA.

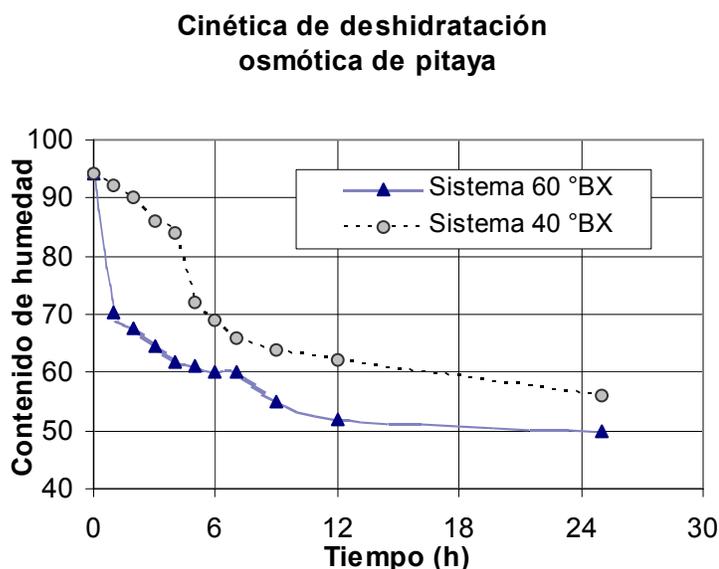


Figura 2.14. Cinética de deshidratación osmótica.

El producto fue empacado en bolsas plásticas para determinar su vida de anaquel, encontrando que presentan una vida útil de 6 días a temperatura de 25 °C y una vida útil con calidad del producto aceptable de 27 días a 4 °C en el sistema utilizado para la deshidratación de 60 °Bx. Una ventaja de éste tipo de procesamiento se centra en que es posible reconcentrar y reutilizar el jarabe si afectar las propiedades organolépticas de la fruta deshidratada, por lo que el jarabe obtenido puede servir como un concentrado que puede ser utilizado para conferir sabor a productos congelados (paletas y raspados).

Análisis microbiológico

Se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas apropiadas para cada uno de los productos elaborados de acuerdo a las normas establecidas en el anexo C.



Figura 2.15. Determinación del pH en muestras de pitaya

2.2.4. LA PITAYA (*Stenocereus griseus*), ALTERNATIVA PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTES ALIMENTICIOS DE ORIGEN NATURAL

Sin lugar a dudas, el color es uno de los atributos más importantes a considerar en cualquier alimento para lograr su aceptación por el consumidor. Este se relaciona de manera inmediata con el sabor y frescura del producto. Sin embargo, ante las restricciones impuestas por los organismos internacionales para regular el uso de colorantes de tipo sintético, renace la necesidad de usar colorantes de origen natural (Hayward,1992;Spears,1988). En este contexto, la búsqueda de productos ricos en betalaínas es una excelente alternativa que puede ayudar en el conocimiento y desarrollo de nuevas fuentes naturales de pigmentos.

Las betalaínas son pigmentos hidrosolubles con buenas características tecnológicas para ser utilizados en productos lácteos, bebidas, confitería y helados, ya que imparten coloraciones que van del rojo al amarillo. Además su uso está aprobado desde 1960 por la FDA y en México la Secretaría de Salud permite su aplicación en alimentos y cosméticos. En el

tubérculo del betabel se acumulan las betalaínas (colorantes naturales). Estos pigmentos son hidrosolubles, presentan una gama de tonalidades que van desde el rojo “betacianinas” al amarillo “betaxantinas” (Strack y col., 1993). La importancia biológica de estos compuestos es variada determinando que pueden presentar actividad antibacterial y antiviral, ser marcadores taxonómicos y fitogenéticos.

Identificación del pigmento betalaínico.

La identificación del pigmento betalaínico mayoritario se obtuvo mediante patrones obtenidos de las raíces de remolacha (*Beta vulgaris L.*), con la finalidad de compararlos con espectros de absorción visibles en un rango de 400-500 nm mediante espectrofotómetro, a un valor de pH 6.1 contra un blanco de agua destilada, previa identificación en cromatografía de capa fina.

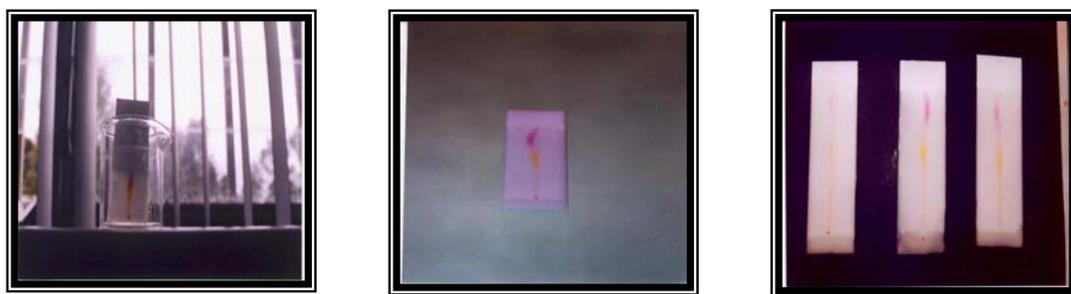


Figura 2.16. Placas de cromatografía en capa fina para la identificación del pigmento extraído de pulpa de pitaya

Con ayuda de la técnica de cromatografía en capa fina y en columna se pudo identificar el pigmento betalaínico presente en el fruto rojo.



Figura 2.17. Columnas de cromatografía para la identificación del pigmento extraído de pulpa de pitaya

Determinación del contenido de betalaínas en el producto.

El contenido de betalaínas se determinó midiendo la absorbancia a 537 nm a pH 6.1 y la concentración se calculó utilizando el coeficiente de extinción molar del pigmento mayoritario (betacianina: $E^{1\text{cm}} 1\%$: 1120 L/molcm (Sapers y Hornstein, 1979)

En la siguiente, se presentan los espectros visibles (en un rango de 400-580 nm), obtenidos del pigmento mayoritario purificado aislado de los frutos y el patrón de *B. Vulgaris*. Los dos espectros presentan valores de absorbancia máxima a 537 nm en un valor de pH=6.1 que coincide con el valor señalado por otros autores para la betacianina. La comparación espectral entre el patrón puro de betacianina obtenido a partir de frutos maduros de *B. Vulgaris* con el compuesto rojo extraído de los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*), los cuales evidencian definitivamente que se trata de estructuras químicas similares.

Las curvas presentan picos de absorbancia máxima a 537 nm, comportamiento típico de la betacianina. Se obtuvo la identificación del pigmento betalaínico mayoritario del fruto con una concentración de (0.05-0.08 g/l).

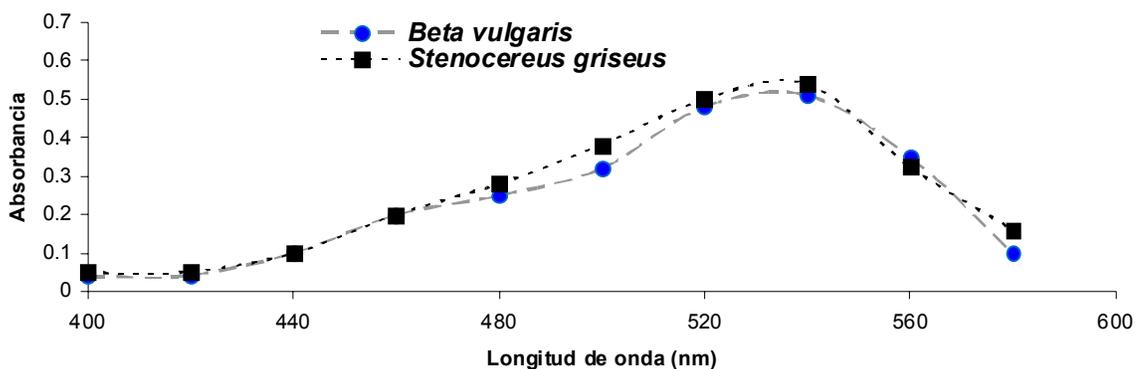


Figura 2.18. Espectros de absorción del patrón de betacianina purificado de raíces de *Beta vulgaris* y del pigmento mayoritario de frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*).

Los resultados presentados en este estudio evidencian que el obtener pigmento de pitaya sea utilizable en productos lácteos, lo que plantea una alternativa para industrializar la fruta que no se venda en fresco y permiten establecer el potencial de los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*).

2.2.5. OBTENCIÓN DE PITAYA LIOFILIZADA

Objetivo

Determinar la factibilidad de aplicar la liofilización como una alternativa de procesamiento de pitaya.

Justificación

Una alternativa para la mejor conservación y almacenamiento de pitaya por mayor tiempo es la deshidratación por liofilización investigaciones realizadas al respecto, han demostrado que los productos deshidratados por esta técnica son estables y pueden ser almacenados a temperatura ambiente por periodos prolongados, manteniendo la integridad de sus propiedades organolépticas, microbiológicas y nutricionales. La pitaya como la mayoría de las frutas posee cualidades nutritivas importantes, que aunado a su frescura, atractivo color, sabor y olor tan característicos, hacen de este un fruto preferido para consumirlo en temporada de cosecha sin embargo debido a su corta vida poscosecha a temperatura ambiente y su alta susceptibilidad al deterioro por microorganismos, es necesaria la búsqueda de opciones para su procesamiento.

Materiales y métodos

Pitayas limpias fueron seleccionadas, lavadas, peladas y cortadas a una madurez adecuada, el equipo, liofilizador Marca Labconco de Gabinete, con congelador con un rango de temperatura de 0 a -42 °C, rebanadora calibrada.

Metodología

Los ejemplares frescos fueron desespinaados, cortados y acomodados en charolas, con congelado a -40 °C por 24 horas y en cámaras de liofilizado a -40 °C, cerrado y aplicación de vacío a una presión menor de 100 Pascales, posteriormente se efectuó la liofilización entre 20 y 40 °C por 40 horas, para posteriormente envasado en bolsas.

El diseño experimental

Siendo el objetivo determinar la cinética de liofilización el tiempo óptimo para obtener un producto liofilizado, en los experimentos se consideraron los siguientes niveles, presión de operación, y área de liofilización. Siendo la variable de respuesta el tiempo de liofilización del fruto.

Resultados

Se corrieron las muestras en base al diseño experimental encontrándose que a una presión de 100 pascales, una temperatura de placas calentadas a 30 °C, se obtuvo un tiempo menor de liofilización de pitaya en el estado de madurez estudiado, mismo que fue de 11 horas. En

la siguiente figura se observa la cinética de liofilización donde se obtuvo un menor tiempo de secado.

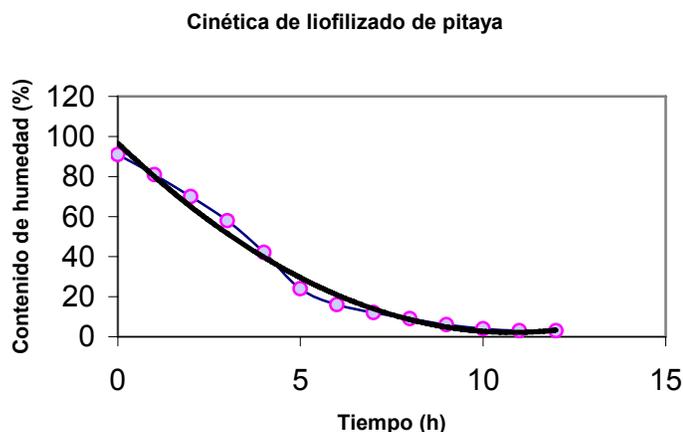


Figura 2.19. Curva de secado por liofilización de pitaya.

Los resultados obtenidos en este trabajo, servirán de base para encontrar las condiciones óptimas de liofilización de otras variedades de pitaya y como un método de conservación de pitaya. Los productos obtenidos en esta investigación presentan un amplio mercado en Estados Unidos y Europa, razón por la cual se cree que esta técnica podría ser una opción de conservación de esta fruta.

Las características obtenidas de pitaya deshidratada mediante liofilización le otorgan a estos productos ventajas importantes en los mercados nacionales e internacionales dado que el fruto liofilizado resulta menos perecedero y se facilita en mayor grado su distribución y almacenamiento, y podría venderse en mejores condiciones cuando el producto tenga abastecimiento limitado al no ser época de cosecha.

Un contenido bajo de humedad en el producto liofilizado es indispensable para la conservación de este, pues con altos porcentajes de humedad residual el metabolismo propio del producto continuaría llevándose a cabo, teniendo por consecuencia efectos negativos en los atributos sensoriales del producto, además de reacciones que acelerarían la reacción de este.

Envasado

El envasado es una parte integrante del proceso de elaboración: Cumple dos misiones importantes que son: anunciar el producto y protegerlo adecuadamente para que se conserve durante un periodo de tiempo determinado. Los principales agentes de alteración de los alimentos durante su almacenamiento son:

1. Fuerzas mecánicas (de impacto, vibración, compresión o abrasión).
2. Condiciones ambientales, que pueden provocar transformaciones químicas y físicas (luz ultravioleta, humedad, oxígeno, fluctuaciones de temperatura)
3. Contaminación (por microorganismos, insectos o tierra)

4. Manipulación de envases, violación de cierres y hurtos de contenido y adulteración
El envase debe ser estético y agradable; su forma y tamaño deben ser funcionales; debe ser cómodo; servir, si es posible, para distribuir el contenido y debe ser fácil reutilización o eliminación. Debe además cumplir con toda la reglamentación vigente sobre etiquetado. El envase constituye una barrera entre el alimento y el medio ambiente, que se opone a la transmisión de la luz, el calor, la humedad, los gases, y la eventual contaminación por microorganismos o insectos.

Luz: Aquellos envases que deben mostrar el contenido, deberán permitir el paso de la luz, pero aquellos alimentos susceptibles de alteración deben impedirla.

Calor: La capacidad aislante del envase depende de su conductividad térmica y de su reflectividad. Los materiales con baja conductividad térmica aíslan el calor transmitido por conducción y los materiales reflectantes del transmitido por radiación.

Vapor de agua y gases: Las velocidades de transferencia de oxígeno y vapor de agua de los materiales de envasado son factores de gran importancia para el control de la vida útil de los alimentos deshidratados, de los grasos y de los contienen componentes oxidables. La permeabilidad de un envase depende, tanto de la película que lo constituye como del gas o vapor en cuestión.

Microorganismos: Los materiales de envasado intactos impiden el paso de los microorganismos. Sin embargo, los cierres y costuras constituyen siempre un riesgo potencial de contaminación (los envases cuya boca se ha cerrado por plegado, grapado o por torsión, no pueden considerarse envases realmente herméticos). Las principales causas de contaminación microbiana de los alimentos adecuadamente procesados son:

- Aspiración de agua o aire a través de poros al formarse el vacío en el espacio de cabeza, durante el enfriamiento.
- Contaminación de los cierres termosellados con producto
- Inadecuada colocación de las tapas
- Defectos en el material de envasado (arrugas, rasgaduras)

Resistencia mecánica: La capacidad de los envases para proteger al alimento contra posibles daños mecánicos se mide por:

- Fuerza de impacto (fuerza que es preciso ejercer para penetrar el material).

2.2.6. PELÍCULAS FLEXIBLES PROPUESTAS PARA EL ENVASADO DE LOS PRODUCTOS REALIZADOS.

Se entiende por envase flexible todo envase confeccionado a partir de un material que no es rígido. No obstante el término “película flexible” suele aplicarse exclusivamente a materiales fibrosos de grosor inferior a 0.25mm. Las características generales de las películas flexibles son las siguientes:

- Su costo es relativamente bajo
- Son bastantes impermeables al oxígeno, al vapor de agua y a los gases
- Se pueden termo sellar
- Puede emplearse en las cadenas de llenado a gran velocidad
- Mantienen su resistencia tanto en condiciones húmedas como secas
- Pueden imprimirse fácilmente

- Se manejan con facilidad y resultan muy cómodas tanto para el fabricante, como para el detallista o consumidor.
- Son muy ligeras
- Se adaptan a la forma del contenido, lo que ahorra espacio de almacenamiento y transporte

Los empaques propuestos presentan

- Resistencia mecánica a la tracción
- Resistencia mecánica a la perforación
- Resistencia mecánica a bajas temperaturas
- Barrera
- Sellabilidad
- Imprimibilidad
- Versatilidad de fabricación
- Durabilidad
- Costo

3. INDUSTRIALIZACIÓN

El diseño de una planta de procesamiento de alimentos a partir de una fruta llamada pitaya que se produce en la Mixteca poblana y que es un proyecto ambicioso que requiere de una gran inversión, además de la participación de muchos especialistas para llevar un correcto desarrollo de esta. El trabajo desarrollado hasta ahora, se ha avocado al diseño de los equipos de proceso de elaboración de los productos que se pretenden elaborar.

Primeramente se diseñarán los equipos de operaciones unitarias que se requerirán en cada una de las líneas de producción en base en conocimientos del diseño de éstos que prevalecen actualmente apegados a la normatividad con respecto a los sistemas de seguridad que deben llevar los equipos para poder operar correctamente. El diseño se realizará mediante el conocimiento de la demanda del mercado y dejando una capacidad extra para futuras expansiones de la empresa.

Para poder diseñar correctamente los equipos, se requiere hacer pruebas físicas, principalmente densidad, viscosidad y capacidad calorífica a nivel laboratorio de la materia prima y producto dentro de cada uno de los procesos en cada uno de los niveles de este mismo.

Gracias al estudio mas detallado sobre la ingeniería de detalle se integran todos los conocimientos necesarios para desarrollar todo el sistema de producción que requiere la planta incluyendo todos los equipos, líneas de proceso, válvulas, bombas, pero primero se debe desarrollar una distribución óptima del equipo de producción dentro de la planta que permita en un momento dado hacerle modificaciones por expansiones futuras.

Además se concretará el diseño con todos los balances de materia, energía, costos de operación que presentará esta nueva planta de proceso, así como determinar el costo de todos los equipos que se pretenden adquirir.

De las pitayas se puede procesar la pulpa y extraer colorantes. La pulpa es susceptible de someterse a procesos de congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, proceso térmico y preservación química, para los cuales existe tecnología casera, artesanal o industrial.

La pulpa sin semilla puede concentrarse para disminuir su contenido de agua, y por lo tanto, su volumen.

Los concentrados de pulpa, a su vez pueden someterse a otros procesos, como el de la congelación o liofilización. También es posible deshidratar o secar la pulpa para convertirla en polvo. La pulpa así mismo, puede utilizarse como sustrato de fermentación en la preparación de vinos.

Los distintos productos obtenidos a través de los procedimientos anteriormente señalados puede destinarse a varios fines: preparación de refrescos, jarabes, mermeladas, ates,

helados, yogures, ensaladas de pulpa congelada, gelatinas, licores, etc. En los procesos de industrialización antes señalados la cáscara de la fruta se desecharía, pero es factible plantear su utilización de pectina y esta a su vez se podría destinar para la elaboración de mermelada y ate de pitaya.

3.1. PRODUCCIÓN

La superficie establecida con pitaya varia de 0.25 a 1.0 ha por productor. En el estrato bajo existe mayor diversidad de tipos en la parcela, siendo la mas común la “Amarilla”: en el estrato alto la diversidad es menor predominando la “Roja de Tepeyahualco”. Ambos materiales producen gran cantidad de frutos, de sabor muy dulce y con buena firmeza, lo que les permite una mayor vida poscosecha.

El peso medio del fruto es de 150 g para la amarilla y 115 g para la Roja de Tepeyahualco. La distancia entre plantas e hileras mas común es de 2*2 m (2,500 plantas/ha) y hasta 2*6 m (833 plantas/ha). En el estrato alto realizan prácticas de conservación de suelo y agua, y siembra de cultivos anuales hasta en los primeros cinco años de desarrollo de la plantación para el control de la maleza.

Los rendimientos en el estrato bajo son de 1.5 a 2.0 ton/ha y en el alto de 2.0 3.0 ton/ha. Las principales prácticas de manejo en el primer año son: limpia trazo apertura de cepas, abonado orgánico y deshierbe. Del segundo año en adelante estas se reducen a un deshierbe anual y un deshierbe cada dos años de malezas perennes. Algunos productores realizan el “cajeteo” en cada planta para aprovechar el agua de lluvia y la fertilización orgánica a base de estiércol de ganado.

La poda solo se realiza cuando la planta alcanza una altura que dificulta la cosecha de las frutas o las ramas se rozan entre si, aprovechando las fracciones de esquejes de 50 a 120 cm de longitud para nuevas plantaciones: los esquejes tienen un valor de \$10.00 a \$20.00 por pieza dependiendo de su longitud y el tipo de pitaya. El control fitosanitario no se realiza, no obstante que en el estrato bajo el barrenador del tallo y fruto puede causar hasta 30 % de daño y en estrato alto los tallos pueden presentar daños por manchas negras que algunos productores llaman “viruela del pitayo”.

3.2. ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el cuadro 3.1, se presentan los datos estadísticos relacionados con la producción de pitaya de los principales estados productores a nivel nacional .

Cuadro 3.1. Anuario estadístico de la producción agrícola 2003

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
JALISCO	96.00	77.00	583.00	7.571	6,000.00	3,498,000.00
MICHOACAN	25.50	25.50	153.00	6.000	9,882.35	1,512,000.00
NAYARIT	6.50	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
OAXACA	771.00	771.00	814.54	1.056	6,500.00	5,294,510.00
PUEBLA	76.00	76.00	397.00	5.224	5,997.48	2,381,000.00
TOTAL	975.00	949.50	1,947.54	2.051	6,513.61	12,685,510.00
Región Centro	76.00	76.00	397.00	5.224	5,997.48	2,381,000.00
Región Centro Occidente	128.00	102.50	736.00	7.180	6,807.07	5,010,000.00
Región Sureste	771.00	771.00	814.54	1.056	6,500.00	5,294,510.00

FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

3.3. ESTUDIO DE MERCADO.

Análisis de la Oferta

La pitaya, es el fruto de una cactácea que se ha consumido en América por generaciones. Tiene una amplia demanda en el mercado internacional y se le considera una fruta exótica de sabor característico dulce y gran contenido de agua. Crece en forma silvestre en 20 estados de la república, aunque solo se cultiva con fines comerciales en varias regiones de Tabasco, en la península de Yucatán y en la Mixteca poblana.

Los problemas de estacionalidad limitan su presencia constante en el mercado. En Yucatán, que tiene la mayor superficie, la cosecha se hace intermitentemente, mientras que la fruta de Puebla, que es la que ha logrado posicionarse en el extranjero, se obtiene en plantaciones de traspatio.

El gran potencial de este cultivo podrá explotarse íntegramente con la incorporación de sistemas de riego, la aplicación de reguladores de crecimiento para adelantar o retrasar la floración y la maduración de los frutos, la prolongación de la vida de anaquel del producto,

y el establecimiento de normas y controles de calidad que le permitan competir con los establecidos en países como Israel.

Los programas de investigación, el establecimiento de huertos fenológicos y de reproducción de selecciones, contribuirán a reducir las deficiencias en la temporalidad; el desarrollo de técnicas de manejo postcosecha tendrán un papel fundamental y harán posible entrar al mercado internacional con un producto de alta calidad y competitividad.

Como la mayoría de los productos no tradicionales, es una fruta muy apreciada por los productores de las poblaciones donde se cultiva o se encuentra en forma silvestre. Esto debería servir de base para fomentar al mismo tiempo, el consumo interno a través de estrategias de publicidad y mercadotecnia.

La alta rentabilidad de la pitaya permite el financiamiento de proyectos para incrementar y mejorar su producción así como el tratamiento postcosecha y el desarrollo de su posicionamiento comercial.

Las características de la pitaya, su diversidad de colores, su adaptabilidad a los diversos climas, su creciente demanda en el mercado internacional, su rentabilidad y la necesidad de encontrar un producto sustituto a los cultivos tradicionales de escaso margen de utilidad, hacen de este fruto una excelente opción para el desarrollo de la sociedad rural mexicana que habita en las zonas de producción marginal

Demanda regional e internacional

La demanda de las pitayas es importante y creciente en los mercados regionales de las zonas en que se producen, y su aceptación es cada vez mayor en el mercado internacional, en donde ya son reconocidas como una exquisita y exótica fruta tropical.

Variedad de usos y potencial agroindustrial.

Las distintas partes de las pitayas (plantas, tallos, cáscara, flores, frutos) y las variadas formas de uso (alimenticio, ornamental, medicinal), así como la posibilidad de ampliarlas mediante procedimientos de industrialización, permitiría ofertar mayor cantidad de productos, tener disponibilidad de algunos de ellos durante todo el año, mantener en operación permanente los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle mayor valor al producto agrícola, todo lo cual debería redundar en mayores beneficios para los productores y las zonas de cultivo.

La fruta es el producto mas demandado, ya sea para consumirse como tal o para ser utilizada en distintas preparaciones. Se puede comer fresca o se puede enfriar o congelar; también suele cortarse en trozos a los que se le agrega sal y jugo de limón. Igualmente se puede mezclar con otras frutas de temporada o en conserva.

En forma casera la pulpa se puede utilizar para preparar jarabes y helados. Los brotes de pitaya tienen propiedades alimenticias similares a la de los cladodios tiernos del nopal (*Opuntia sp.*), que en algunas regiones de México son componente tradicional e importante de la dieta. De acuerdo con análisis realizados a brotes y tallos maduros de pitaya roja de pulpa blanca los carbohidratos son mayores en los tallos maduros, pero los brotes tienen más proteínas.

En general su contenido de humedad, grasas y proteínas es parecido al de otras verduras comunes. Su valor energético es elevado (superior, por ejemplo, al de la zanahoria y la lechuga), la vitamina A es reducida, las vitaminas B1, B2 y C están casi ausentes, tienen baja cantidad de potasio, la presencia del fósforo es casi nula y su contenido de hierro es más elevado que en la mayoría de las verduras.

Se han hecho ensayos en la preparación de diversas sopas, ensaladas guisos y postres, obteniéndose resultados bastante satisfactorios en cuanto a su sabor y aceptación por parte de los productores y sus familias. Los tallos también tienen un alto valor potencial como forraje para el ganado mayor (Ovino, Bovino, caprino, etc.) y también es bien aceptado por pollos o patos.

Industrialización.

De todas las pitayas se puede procesar la pulpa y extraer los colorantes y pectinas contenidos en la cáscara y, en algunos tipos, también en la pulpa.

La pulpa de pitaya es susceptible de someterse a procesos de congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, procesamiento térmico y preservación química, para los cuales existe tecnología disponible ya sea en forma casera, artesanal o industrial, previa prueba y adecuación de los procedimientos generales a las particularidades de las pitayas.

Cuadro 3.2 Usos de las pitayas a nivel industrial

PARTES	USOS	INDUSTRIALIZACION
Planta	Ornamental cercos vivos	
Tallos	Alimentación humana Alimentación animal Medicinal Cosmetológico	Guisos Forrajes Medicamentos Shampoo y jabones
Flores	Ornamental Medicinal Cosmetológico	Medicamentos esencias
Frutos	Ornamental Alimentación humana Alimentación animal Medicinal Industrial	Pulpa congelada Jugos Jarabes Licores Salsas Liofilizados Forrajes Medicamentos Colorantes
Cáscara	Industrial	Colorantes pectinas

Dependiendo de los usos específicos, existe la posibilidad de separar las semillas. En Nicaragua se aplica actualmente el proceso de extracción y congelamiento de la pulpa de pitaya.

La pulpa sin semilla puede concentrarse para disminuir su contenido de agua y, por tanto, su volumen, en rangos del 10 al 30% de sólidos solubles, lo que significa la disminución del volumen hasta un tercio del original. Los concentrados de pulpa a su vez, pueden someterse a otros procesos, como el de la congelación o liofilización. También es posible deshidratar o secar la pulpa para convertirla en polvo.

La pulpa, asimismo, puede utilizarse como sustrato de fermentación en la preparación de vinos y vinagres.

Los distintos productos obtenidos a través de los procedimientos anteriormente señalados pueden destinarse a varios fines: preparación de refrescos, jarabes, mermeladas, helados, yogurt, ensaladas de pulpa congelada, gelatinas, licores, vinagres, etc.

Es posible conservar la pulpa por medios químicos combinados con tratamiento térmico, y de esta manera almacenarla envasada, sin necesidad de congelación, lo cual permitiría disponer del producto fuera de los periodos de cosecha. De manera análoga, la fruta completa, porciones de la misma o la pulpa pueden someterse a tratamiento térmico para su envasado en latas o frascos, formas en las que también podrían canalizarse al mercado.

En los procesos de industrialización antes señalados la cáscara de la fruta generalmente se desecharía, pero es factible plantear su utilización para la obtención de colorantes, alimento de ganado o abono. Los pigmentos contenidos en la cáscara de la pitaya se pueden extraer para su utilización en la industria alimenticia, donde cada vez se están revalorizando los colorantes naturales. La misma cáscara tiene fuerte contenido de pectinas, que pueden obtenerse para destinarlas a la industria alimenticia o bien para su empleo en la elaboración de mermeladas de pitaya.

Producción en Huertos Familiares.

La producción actual es obtenida en huertos familiares, en superficies pequeñas, totalmente dispersas, con niveles de productividad sumamente bajos, con presentación y calidades muy diversas y con severos problemas fitosanitarios. Se estima que en todo el país existen 100 ha cultivadas en estas condiciones, superficie en la que se obtienen aproximadamente 300 toneladas al año, que equivalen a 3 toneladas por hectárea. La mitad de la superficie y del volumen de la producción corresponden a la península de Yucatán, donde los huertos de varias comunidades de la que fuera la zona henequenera del estado de Yucatán están especializados en su cultivo. Le siguen en importancia el estado de Tabasco, principalmente en la zona de la Chontalpa; el estado de Puebla, en las zonas de la cañada, el Valle de Tehuacan y la Mixteca; el estado de Oaxaca, en la zona de la cañada, y el estado de Jalisco, en las localidades de Autlán y Sayula.

Las pitayas constituyen un elemento más de los diversificados huertos familiares, aunque en varias localidades de Yucatán, Tabasco, Puebla y Oaxaca algunos huertos familiares se han especializado en su producción, por lo que son su componente principal. La cantidad de plantas en cada huerto es sumamente variable, pero en los huertos especializados puede haber hasta 50 plantas, que en su desarrollo en bardas o árboles llegan a cubrir extensas áreas.

Los sistemas de soporte utilizados para las pitayas en esta forma tradicional de producción son dos: 1) tutores inertes, constituidos por bardas de piedra (llamadas albarradas en la península de Yucatán), tabique o adobe, y cercas de madera o de carrizo, y 2) tutores vivos, principalmente en plantas tales como el chacah o palo mulato (*Bursera simaruba*), jabin (*piscidia piscipula*), cocoíte (*Gliricidia sepium*), mezquite (*Prosopis spp*), aunque también pitaya (*stenocereus sp.*), tsalam (*Lysiloma latisilicua*), guaje (*Leucaena sp.*) y varias plantas más, que incluyen frutales diversos de los huertos familiares: ciricote (*Cordia dodecandra*), ciruela o jocote (*Spondias spp.*), saramuyo (*Annona squamosa*) y naranja (*Citrus sinensis*). El establecimiento de las plantas se realiza mediante la utilización de tallos de pitaya o pitaya largos y ramificados, que son atados a los tutores vivos o fijados a los tutores inertes. Los cuidados que se les proporciona a las plantas son mínimos, si bien en los últimos años, como consecuencia de las acciones realizadas para el impulso del cultivo y en respuesta a la creciente importancia comercial de las frutas, se ha manifestado una clara tendencia a regular el crecimiento de los tutores y a controlar las plagas y enfermedades de las pitayas. Los problemas fitosanitarios se presentan principalmente en la península de Yucatán; tienen su causa fundamental en una chinche (*Leptoglossus spp.*) que chupa tanto los tallos como las flores y frutos y que favorecen la formación de fungosis y bacteriosis.

La cosecha es una actividad difícil de realizar, sobre todo en los sistemas de cultivo con tutores vivos, pues en ocasiones los frutos están hasta a 6m de altura, según el hábito de crecimiento de los tutores y de acuerdo a la característica de que las pitayas solo producen frutos en las ramas que están totalmente expuestas a la luz solar, precisamente arriba de la copa de los árboles. Además, para fines de su comercialización los frutos no deben golpearse. En razón de estas consideraciones, existen dos modalidades de cosecha: en una los productores o los compradores se tienen que subir, con alto riesgo a cortar los frutos hasta donde estén y, en la otra, se le adapta un aditamento cortador a una vara larga, y al desprender el fruto de la planta, antes de su llegada al suelo, éste es recibido en una manta sostenida por dos personas.

No obstante el establecimiento de plantaciones especializadas, es fundamental formular acciones para el mejoramiento de la producción de los huertos familiares, sobre todo para su manejo técnico, pues es indudable que seguirán desempeñando un papel importante en el abastecimiento de la demanda local y regional de las pitayas.

Rentabilidad

La rentabilidad económica del cultivo de pitayas depende de los costos de las plantas, su establecimiento, mantenimiento y cosecha, que a su vez varían según el sistema de cultivo, el manejo proporcionado y la disponibilidad de fuerza de trabajo e insumos. Para fines ilustrativos se utilizan datos correspondientes a las plantaciones establecidas en Yucatán, con la utilización de tutores vivos como estructuras de soporte. La base de los cálculos es una hectárea, pero debe tenerse presente que los costos por unidad disminuyen hasta cierto límite a medida que la superficie considerada es mayor.

El establecimiento de la plantación y su manejo durante dos años, hasta la obtención de la primera cosecha, tiene un costo total de \$24000, de los cuales \$3000 corresponden a la producción de plantas, \$6000 al establecimiento, \$5000 al mantenimiento durante el primer año y \$10000 al mantenimiento y cosecha durante el segundo año. Los costos de mantenimiento y cosecha aumentan hasta su estabilización en el quinto año.

De acuerdo con los rendimientos ya indicados y a un precio de \$10000/ton, los ingresos por venta de fruta serían de \$15000, \$30000, \$60000 y \$100000, al segundo, tercero, cuarto y quinto año de la plantación, respectivamente.

El análisis elemental de la relación costo-beneficio indica que la inversión prácticamente se recupera en el tercer año, que en el cuarto años se inicia la obtención de utilidades y que a partir del quinto año estas se hacen realmente importantes (ver el cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Rentabilidad del cultivo de pitayas en Mexico (pesos)

AÑO	EGRESOS	INGRESOS	SALDO
1	14000	0	-14000
2	10000	15000	-9000
3	20000	30000	1000
4	40000	60000	21000
5	40000	100000	81000

No se consideran los ingresos por la venta de los productos del tutor utilizado y de los otros cultivos con los que se asocia durante los dos primeros años, los cuales pueden contribuir a la pronta recuperación de la inversión, aunque tampoco se incluyen costos financieros, gastos de administración y el valor de la tierra.

Comercialización

La comercialización de las pitayas mexicanas se realiza principalmente en los mercados locales y regionales de las pocas zonas productoras del país, una parte se canaliza a los mercados de algunas ciudades importantes y una mínima cantidad se dirige a la

exportación. De acuerdo con el destino de la producción son las características que deben tener las frutas al momento de la cosecha, así como sus formas de empaque.

Toda la pitaya que se comercializaba antes de 1999, aproximadamente 300 ton, provenía de los huertos familiares. A partir de 1999 inició la producción en las plantaciones especializadas, que se estima que en los próximos años arrojarán 2600 ton/año y su concurrencia al mercado indudablemente modificará los actuales sistemas de comercialización, pues la red de pequeños acopiadores desaparecerá ante la presencia de los grupos de productores en el mercado regional. Si bien una mayor producción tendría efectos en la disminución de los precios, al ser mas accesible la fruta también repercutiría en la ampliación de la demanda, de manera tal que aunque los ingresos por unidad disminuyan las entradas por la venta de mayores volúmenes aportarían importantes ganancias.

La producción de pitayas tiene estrecha relación con las zonas en las que se consume y en las que, se realiza el proceso de comercialización. Como ya se ha señalado, destacan varios estados del sureste y los estados Puebla, Oaxaca y Jalisco. La escasa producción que se obtiene actualmente no alcanza a satisfacer la demanda del producto, y muchos consumidores se quedan sin cubrir sus necesidades de pitaya, ya sea porque no encuentran la fruta en el mercado o porque los precios son muy elevados, como consecuencia de la escasez del producto y de la fuerte demanda. En consecuencia, los mercados regionales tienen capacidad para captar una cantidad mayor a la producción generada actualmente.

La producción se comercializa a pequeña escala en las mismas comunidades productoras. En el caso de las localidades que en años recientes se especializaron en la producción de pitayas en sus huertos familiares, se dan dos vías de comercialización: en la primera, el productor se encarga directamente de la venta de su cosecha, ya sea en las carreteras y en los mercados o centros de acopio; en la segunda, los intermediarios acuden a los poblados productores para adquirir la producción, misma que trasladan en cajas de madera (“huacales”) a los mercados o centros de acopio. El segundo mecanismo es el que tiene mayor importancia y es el que ha dado lugar a la formación de una extensa red de intermediarios, generalmente formada por productores de la misma región.

En los centros de acopio, entre los que destacan Tehuacan (en Puebla), el producto es adquirido por los intermediarios de frutas y verduras que lo llevan a los mercados o supermercados, incluso de ciudades importantes de las mismas regiones. En estos últimos sitios la fruta es adquirida directamente por los consumidores finales.

Los esquemas de intermediación, del productor al consumidor final, incrementan considerablemente el primer precio vigente en las comunidades productoras: de \$1 a \$3 por fruta en las comunidades, puede alcanzar en los mercados o supermercados de las ciudades el precio de \$5 a \$8 pesos por fruta y de \$26 a \$56 el kg de fruta, respectivamente, de acuerdo a cotizaciones de 2006.

La producción de exportación resulta de la selección que se hace de toda la pitaya acopiada, de tal manera que no hay un sistema exclusivo ni precios especiales, aunque en

los periodos de escasez de fruta en la zona principal (la Cañada) suele pagarse precios atractivos para captar la producción de la Mixteca, o bien para completar el embarque se adquiere fruta de otros acopiadores a precios que ya incluyen su margen de ganancias.

Cuadro 3.4. Sistema de producción anual de pitaya

REGIÓN	TEMPORADA DE PRODUCCIÓN	VOLUMEN TON/AÑO
MIXTECA	Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre	2500

Variedades de pitaya.

REGIÓN	VARIEDAD
MIXTECA	Dichi-cuaha, jarro, Espina Amarilla, Espina negra, Señora, Melón, Borrega, Guinda, Blanca, Amarilla, Rosa

Aspectos técnicos.

PESO	EMPAQUE NACIONAL
Desde 0.43 lbs a 0.87 lbs	Caja de madera cubierta con hierba fresca (50 lb).

Comercio internacional

Colombia sigue siendo el principal proveedor de pitaya amarilla a nivel mundial. Es difícil establecer con precisión el tamaño del mercado, ya que para fines estadísticos la pitaya se agrupa con otras frutas exóticas y tropicales en una misma posición arancelaria.

Mercados internacionales

En muchos mercados se ha detectado un estancamiento del consumo per cápita de frutas, principalmente relacionado con el consumo de las frutas tradicionales, mientras que la demanda por frutas tropicales y exóticas registra un gran dinamismo.

Los principales atributos de la pitaya amarilla son, para los encuestados, el sabor, el aspecto externo, el carácter exótico y las propiedades laxantes, mientras que los aspectos negativos son el contenido de semillas, la estacionalidad de la oferta y el precio.

Por último, cabe mencionar que algunos de estos importadores también importan pitaya roja de Vietnam, Israel y Ecuador y afirmaron que este producto no es un sustituto de la pitaya amarilla pues se diferencia de ésta tanto por su apariencia externa como por el sabor; asimismo, afirmaron que no existe otra fruta en el mercado que pueda considerarse sustituto de la pitaya amarilla.

El mercado de Estados Unidos

No existe actualmente un mercado para la pitaya amarilla en Estados Unidos ya que no es admitida por restricciones de carácter fitosanitario; sin embargo, teniendo en cuenta el auge

de las frutas tropicales y exóticas en este mercado en los últimos años, es de esperarse que una vez superadas las actuales limitaciones, la pitaya podría tener un mercado interesante en este país, si se realizan, además, campañas de promoción, como se ha identificado en los otros mercados.

El mercado canadiense

Canadá tiene actualmente uno de los consumos per cápita de frutas y verduras frescas más alto a nivel mundial (223 Kg. /año), un alto nivel de ingreso y un creciente consumo de frutas tropicales. De acuerdo con el estudio realizado por la firma Labrecque Marketing Inc. de Toronto para Proexport, en 1995, los consumidores canadienses no conocen la pitaya y, por ende, no saben consumirla; además, los comerciantes tienen poco conocimiento sobre el manejo adecuado de este producto. A pesar de lo anterior, esta firma concluyó que frutas como la pitaya podrían convertirse en productos de consumo habitual en Canadá si se promocionan y mercadean agresivamente.

La afluencia de los consumidores canadienses, así como las corrientes de inmigración de los últimos años que se han visto concentradas en población de origen asiático con altos niveles de ingreso y de educación, quienes por su mismo origen están más inclinados al consumo de una variada gama de frutas tropicales y exóticas, permite suponer que la pitaya puede tener un potencial interesante de mercado en Canadá

3.4. ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA)

3.4.1 FORTALEZAS

- ❖ Adaptabilidad a condiciones limitativas de precipitación pluvial y suelos degradados con pendiente.
- ❖ Amplia diversidad genética y superficie potencial para explotarse.
- ❖ Larga vida productiva de las plantaciones.
- ❖ Inexistencia de países competidores en el mercado mundial.
- ❖ Amplia rentabilidad.
- ❖ Producción natural con bajo uso de insumos.
- ❖ Producción en época de baja competencia con otras frutas de temporada.

3.4.2. DEBILIDADES

- ❖ Plantaciones a nivel de traspatio con un manejo deficiente.
- ❖ Escaso apoyo a la investigación, validación y transferencia de tecnología.

- ❖ Escasez de material vegetativo certificado para nuevas plantaciones.
- ❖ Fruta perecedera y escasa tecnología poscosecha e industrialización.
- ❖ Alto costo de establecimiento y largo plazo para la obtención de ingresos. Falta de organización de los productores.
- ❖ Desconocimiento y falta de promoción de las bondades del cultivo por productores y consumidores.

3.4.3. OPORTUNIDADES

- ❖ Mercado regional y nacional insatisfecho de fruta fresca.
- ❖ Diversificación de frutos y producción en áreas marginales.
- ❖ Patrimonio heredable a las futuras generaciones.
- ❖ Exclusividad para venta del producto.
- ❖ Promoción del cultivo.
- ❖ Bajos costos de producción sostenible.
- ❖ Aprovechar ventanas de oferta.

3.4.4. AMENAZAS

- ❖ Prioridad para apoyar otros cultivos en aspectos de investigación.
- ❖ Poco interés de fuentes financieras para desarrollar el cultivo.
- ❖ Desprotección fitosanitaria debido al desconocimiento de patógenos.
- ❖ Poco interés por el cultivo debido a tiempo para obtener ingresos.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DEL ESTUDIO DE MERCADO.

La existencia de importantes recursos fitogenéticos de pitayas le confiere enorme potencial al cultivo de esta promisoriosa planta en México, pues se cuenta con una variabilidad que posibilita ofertar frutas con distintas características o bien obtener variedades con las cualidades definidas por los consumidores o requeridas en los procesos de industrialización. La gran adaptabilidad de las pitayas a distintas condiciones ambientales facilita que su cultivo se pueda establecer en varias regiones del país. Además, las pitayas son susceptibles de incorporarse a programas regionales de diversificación productiva y agroindustrial o bien considerarse como opción en zonas con limitaciones para otros cultivos.

En la región Mixteca de Puebla, regiones en las que adquiere buen desarrollo a pesar de las bajas precipitaciones y la baja fertilidad de los suelos, se vislumbran perspectivas para su cultivo y están en marcha y están en marcha proyectos para el establecimiento de plantaciones comerciales.

Los proyectos para la promoción del cultivo ejecutados hasta la fecha no se han realizado sobre bases sólidas que permitan su éxito y que realmente conviertan a esta interesante planta en una alternativa productiva y económica para el país. En consecuencia, es

conveniente evaluar la experiencia ya generada y, antes de seguir impulsando el establecimiento de nuevas plantaciones de manera análoga a las actuales, plantear la consolidación de las ya existentes, la validación y perfeccionamiento de la propuesta tecnológica, la formación de técnicos especialistas en el cultivo y la capacitación plena de los productores.

Sigue siendo fundamental la dotación de infraestructura eléctrica e hidráulica a aquellos proyectos viables que carezcan de ella, para que cuenten con eficaces sistemas de riego. Por otra parte, es importante plantear acciones para el mejoramiento de la producción de los huertos familiares, sobre todo para su manejo técnico, pues es indudable que seguirán jugando un papel importante en el abastecimiento de la demanda local y regional de pitayas.

La demanda de las frutas es importante y creciente dentro de los mercados regionales y su aceptación es cada vez mayor en el mercado internacional, en donde ya son reconocidas como una exquisita y exótica fruta tropical, estos mercados deben consolidarse y ampliarse mediante la obtención de frutas con las calidades demandadas y la organización de sistemas de comercialización más eficientes. Sin embargo, es aún más importante y urgente la promoción de las frutas en el mercado nacional, donde en buena medida aún son desconocidas. Del buen diseño y de la aplicación de las estrategias de promoción dependerá el incremento considerable de la demanda de pitayas, dada la gran magnitud del mercado nacional, de la misma manera que se rebasarían los limitados mercados regionales y se evitaría la dependencia del mercado internacional.

Para el mercado internacional existen empresas exportadoras mexicanas que están interesadas en acopiar las frutas obtenidas de las distintas zonas de México, fungiendo como intermediarios entre los productores y los consumidores, pero también algunos grupos de productores han establecido contacto directo con empresas importadoras de otros países e incluso han avanzado en la negociación de contratos de comercialización.

Para la exportación, sin embargo, falta solucionar el problema de la marcada estacionalidad de la producción, lo cual en parte podría lograrse con la dotación de sistemas de riego y el óptimo manejo nutricional y sanitario de las plantaciones. Pero adicionalmente pueden promoverse investigaciones que mediante la aplicación de reguladores de crecimiento busquen adelantar o retrasar la floración, la formación y la maduración de los frutos, así como su conservación

De acuerdo con las consideraciones anteriores, la perspectiva para México no está en el mercado internacional –que sin lugar a dudas es importante y debe buscarse participar crecientemente en él–, sino en la ampliación de su mercado interno, para lo cual se requiere de la promoción, mediante diversos medios de comunicación, de la fruta en los grandes centros de consumo, de tal manera que se cree el mercado nacional de pitayas.

A partir de la variedad de usos de las pitayas (alimenticio, medicinal, etc.) deben probarse y aplicarse las variadas opciones de industrialización, pues son de vital importancia para el avance y consolidación de los procesos de producción de pitayas, toda vez que permiten

ofertar varios productos, tener disponibilidad durante todo el año, mantener en operación los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle mayor valor al producto agrícola, lo que debe redundar en mayores beneficios para los productores y mayor desarrollo para las zonas de cultivo.

En tal sentido es urgente la formulación de proyectos para industrialización de las pitayas, que pueden ser parte de proyectos amplios que tengan su base en el apoyo y empaque y cuyo producto final sea principalmente la pulpa congelada, o bien proyectos de industrialización a pequeña escala de productos finales tales como mermeladas, gelatinas, jugos y jarabes. Incluso, son posibles ambas vertientes en un solo proyecto, con proyecciones a corto, mediano y largo plazo.

4. ESTUDIO TÉCNICO DE INDUSTRIALIZACIÓN

4.1. Estudio técnico y escalamiento

Pruebas fisicoquímicas de la materia prima y los productos.

Este estudio no puede ser aplicado sin el auxilio de pruebas fisicoquímicas de cada uno de los productos elaborados mediante pruebas de laboratorio. Los principales parámetros que se requieren medir son la densidad (ρ), viscosidad (μ) y la capacidad calorífica (C_p) de cada uno de los productos ya sea la materia prima en su fase inicial como procesada en parte intermedia y final.

Densidad de líquidos.

Para medir este parámetro se debe saber las condiciones de presión y temperatura a la que está sometida la prueba. El análisis requiere de una balanza digital que soporte las muestras (las cuales no sobrepasan de los 500grs generalmente) así como de recipientes con indicador de volumen. Se coloca el recipiente en la balanza y se coloca en ceros a esta mediante un mecanismo que resta el peso del recipiente y solo comienza a medir en el momento en que se empieza a agregar el producto o la materia prima dentro del mismo. Después de haberse agregado lo que se desea, se verifica el nivel del líquido y mediante la fórmula $\rho=m/V$ se obtiene la densidad de la muestra que se tenía.

Viscosidad de líquidos.

Esta prueba se realiza mediante el empleo de un equipo especializado llamado viscosímetro que consta de una agujas acopladas a un pequeño motor de velocidad conocida, el cual se calibra para sumergir las agujas en la muestra y medir la velocidad de giro, obviamente la resistencia que opone el fluido para que la aguja gire a la velocidad a la que fue calibrada hace que su velocidad de giro se reduzca. Finalmente el equipo compara la velocidad dentro del fluido con alguna velocidad de referencia, cada velocidad esta emparentada con una escala de viscosidad la cual tiene un rango de 0-1200 cps. Por último, se arroja un valor de viscosidad medido en centipoises cps.

Capacidad calorífica.

Para medir este parámetro se realizó un experimento que puede ser aplicado en estos casos en los que no se cuenta con un equipo especial para medir dicho valor.

1. Se mide el flujo de gas LP que es con el que cuenta el laboratorio de ingeniería de alimentos, esto se logra colocando un globo pequeño que se adapte correctamente en la boquilla del gas sin permitir fugas. Se mide el diámetro y la longitud del globo en un periodo de tiempo Por lo tanto, $Q=V/t=(3.1416/6)*D^2*L/t$.
2. Con la fórmula de la densidad se cambia de flujo volumétrico a flujo másico. ($\rho_{gas LP}=2.046 \text{ kg/m}^3$).

3. Se mide el tiempo que tarda 1 kg del fluido en elevar 1°C su temperatura.
 Fórmula: $C_p = (w'(\text{kg/s}) * t(\text{s}) * P_{m_{\text{gas LP}}}(11500 \text{ kcal/kg})) / (m(\text{kg}) * DT(^{\circ}\text{C}))$

El resultado promedio de esta prueba con agua fue de $C_p = 4.24 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, pero como ya se sabe su valor real es de $1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, por lo tanto, cualquier prueba debe ser relacionada mediante una regla de tres con la del agua para poder conocer el valor de C_p real para cada muestra.

Pruebas físicas de la pitaya.

Primeramente se muestra un análisis del peso de la fruta, el peso de la cáscara y por supuesto lo más importante que es el peso de la pulpa, todo esto con el fin de encontrar los pesos promedios de cada uno de ellos en las frutas.

Cuadro 4.1. Pesos de algunas muestras de pitaya

Parámetro/ # muestra	1	2	3	4	5
a. Peso neto (grs)	128.4	81.7	109.8	87.6	83.7
b. Peso cáscara (grs)	31.1	16.6	30.4	24.4	27.3
c. Peso cáscara/peso neto*100 (%)	24.22	20.32	27.68	27.85	32.61
d. Peso pulpa (100 – c_i) (%)	75.78	79.68	72.32	72.15	67.39

El promedio del porcentaje de la cáscara resultó del 26.54%.

El promedio del porcentaje de la pulpa resultó del 73.46%.

Con estos datos ya podemos visualizar el contenido de agua dentro de la pulpa de pitaya así como de los sólidos. El valor promedio de humedad de la pitaya es de 84% por lo tanto, multiplicando este valor por el promedio del porcentaje de pulpa de pitaya en un fruto obtenemos cada uno de los valores requeridos.

Pulpa triturada con semillas.

El análisis de este tipo de muestra para conocer cada uno de los parámetros requeridos resultó de la siguiente manera:

Viscosidad= μ =325 cps. P=1.114 kg/lit.

Capacidad calorífica

Prueba del globo: $\varnothing = 3.5 \text{ cm}$. $L = 4.5 \text{ cm}$. Tiempo de prueba = 6 seg.
 $A = (3.1416/6) * (3.5 \text{ cm})^2 = 6.4141 \text{ cm}^2$. $V = A * L = 6.4141 \text{ cm}^2 * 4.5 \text{ cm} = 28.86 \text{ cm}^3 = 28.86 \text{ ml}$.

$Q=V/t=28.86 \text{ ml}/6 \text{ s}=4.8105 \text{ ml/s}=0.00481 \text{ lt/s}$. $w=Q \cdot \rho_{\text{gas LP}}=(0.00481 \text{ lt/s})(2.046 \text{ gr/lt})=9.842 \times 10^{-3}=9.842 \times 10^{-6} \text{ kg/s}$. Finalmente realizamos la prueba de C_p con una muestra de 222.8 gr y checamos que en un tiempo de 60 segundos se incrementa la temperatura en 13°C a partir de la temperatura ambiente.

$$C_p = \frac{(9.842 \times 10^{-6} \text{ kg/s})(60 \text{ seg})(11500 \text{ kcal/kg})}{(0.2228 \text{ kg})(13^\circ\text{C})} = 2.34 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Sabemos que esta misma prueba con agua muestra un valor de 4.24 kcal/kg*°C pero que la capacidad calorífica del agua es 1 kcal/kg*°C por lo tanto, mediante una regla de tres simple obtenemos la C_p real de la muestra. Este valor es igual a **$C_p=0.5518 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$** .

Solución de aditivos

Esta prueba se utiliza para conocer cuales son las condiciones del transporte de aditivos cuando sean enviados a cada uno de los procesos. Esta solución de aditivos se preparará al 14.3% para tener un valor constante para poder utilizar las propiedades fisicoquímicas de esta solución y no tener que realizar pruebas de más. Los aditivos que se tomaron en cuenta para esta prueba son:

Ácido cítrico 12.3 gr
Benzoato de sodio 6.365 gr
Sorbato de potasio 6.365 gr

La cantidad de agua que se requiere para esta solución se obtiene de la siguiente manera:
 $25.03 \text{ gr aditivos} \cdot 85.7 \% \text{ agua} / 14.3 \% \text{ aditivos} = 150 \text{ gr de agua}$.

Viscosidad= $\mu=17 \text{ cps}$. $P=0.9412 \text{ kg/lt}$. $C_p=1.1719 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$.

Pulpa de pitaya triturada sin semillas

El análisis de este tipo de muestra para conocer cada uno de los parámetros requeridos resultó de la siguiente manera:

Viscosidad= $\mu=28 \text{ cps}$. $P=0.9426 \text{ kg/lt}$. $C_p=0.7723 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$. $\text{pH}=4.02$.

Preparación de la azúcar en solución

Se requiere preparar una solución al 25% de agua con azúcar, primeramente se utilizará 200 gr ó ml de agua, por lo tanto: $200 \text{ gr agua} \cdot 25 \% \text{ azúcar} / 75 \% \text{ agua} = 66.66 \text{ gr de azúcar}$ se requieren, agitamos durante 2 minutos para disolver el azúcar en el agua. Finalmente los resultados finales de esta muestra a temperatura ambiente son:

Viscosidad= $\mu=4.5 \text{ cps}$. $P=1.035 \text{ kg/lt}$. $C_p=0.9215 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

4.2. Obtención de licor de pitaya a nivel laboratorio y planta piloto.

La fermentación se realizó a temperatura ambiente y duró 3 días aproximadamente. Los ingredientes que se utilizaron para realizar este procedimiento son:

Cáscara de pitaya	129.8 gr
Fruta triturada con semillas	111.4 gr
Agua	649 gr
Azúcar	45.7 gr

El peso total del mosto de fermentación es de 935.9 gr, Al termino del tercer día se detuvo la fermentación retirando la cáscara así como la pulpa y semillas contenidas en este mediante el empleo de un colador. Finalmente se contrató un análisis de colorimetría el cual muestra todos los orgánicos presentes dentro del mosto de fermentación, el cual nos proporcionará la ruta para separar este tipo de impurezas presentes en el alcohol. Para medir la concentración de alcohol se requiere de un alcoholímetro el cual arroja el porcentaje de alcohol contenido en la muestra.

El porcentaje de alcohol para esta primera prueba medido mediante el alcoholímetro fue de 4% y el análisis de colorimetría presentó los siguientes compuestos orgánicos presentes en la muestra: aldehído acético (0.5%), metanol (0.3%), etanol (4%), agua (94%) y ácido acético (1.2%).

Finalmente podemos predecir una posible ruta de separación de estos componentes gracias al conocimiento de las temperaturas de ebullición de cada uno de ellos.

Cuadro 4.2. Temperaturas de ebullición de orgánicos presentes en una muestra de alcohol

Compuesto	Concentración (%)	Temperatura de eb. (°C)
1. Aldehído acético	0.5	20.2
2. Metanol	0.3	64.7
3. Alcohol etílico (etanol)	4	78.4
4. Agua	94	100
5. Acido acético	1.2	118.1

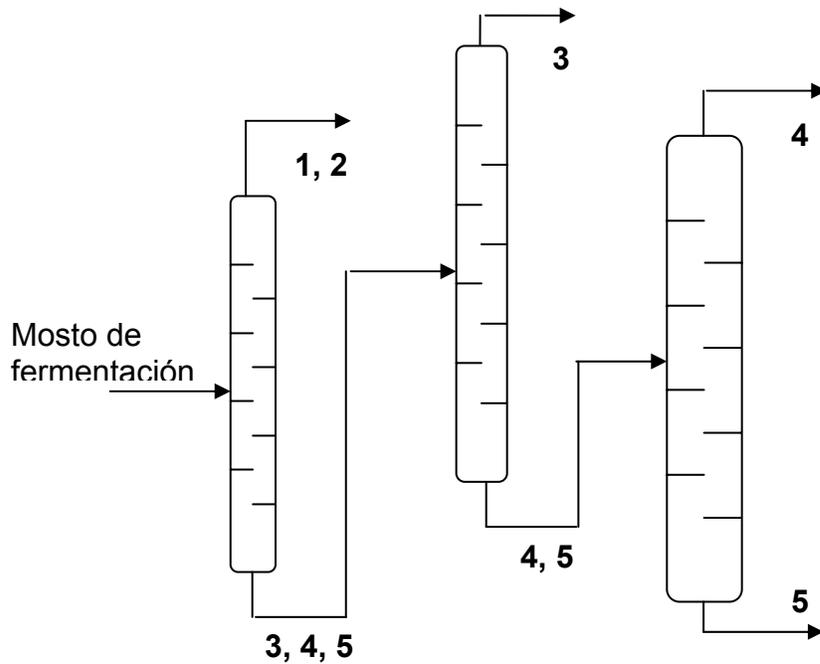


Figura 4.1. Obtención de la mermelada de pitaya a nivel laboratorio y planta piloto.

La literatura nos menciona que se deben agregar 55 partes de azúcar por cada 45 partes de fruta triturada, o también endulzar mediante el método del refractómetro el cual va midiendo los grados Brix o la cantidad de sólidos disueltos en la muestra, que en este caso es endulzar hasta alcanzar un valor de 53 °Brix. Por lo tanto, para nuestro experimento se tomaron los siguientes ingredientes:

- 166.6 gr de fruta triturada sin semillas.
- 125 gr de agua.
- 649.6 gr de vapor.
- 203.62 gr de azúcar.
- 1.77 gr de ácido cítrico.
- 0.89 gr de sorbato de potasio.
- 0.89 gr de benzoato de sodio.
- 5.4 gr de pectina.

Concentrando la mezcla hasta un 77% se obtiene una cantidad de mezcla de 288.44. grs. La temperatura de ebullición de la mezcla fue de 93°C, el tiempo de evaporación duró 45 minutos, el calentamiento fue con gas LP. Las cantidades finales fueron:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 26.656 gr fruta triturada sólida. | P final=0.87 kg/lt. |
| 203.62 gr de azúcar. | U final=997 cps |
| 1.77 gr de ácido cítrico. | T final=70°C. |

0.89 gr de sorbato de potasio.
 0.89 gr de benzoato de sodio.
 5.4 gr de pectina.
 49.22 gr de agua.

El producto final resultó contar con un aspecto rojo gelatinoso el cual era el esperado, así como un sabor agradable al paladar por lo que estas pruebas son importantísimas para diseñar todos los equipos referentes a este proceso.

4.3. Obtención de yogurt de pitaya a nivel laboratorio y planta piloto..

Como ya se ha mencionado el yogurt se produce a partir de la fermentación leche mediante la inoculación de cultivos lácticos llamados *bulgaruss* mediante ciertas condiciones de presión y temperatura. A nivel laboratorio requerimos las propiedades fisicoquímicas de la leche por lo que es lo primero que se menciona. Los ingredientes para preparar el yogurt de pitaya son:

35.5 gr de fruta triturada sin semillas o pulpa de pitaya
 567.62 gr de leche semidescremada.
 2.84 gr de cultivos lácticos (*bulgaruss*).
 248.3 gr de solución agua-azúcar al 25%.
 1.5 gr de aditivos. (0.2 ácido cítrico, 0.1 benzoato, 0.1 sorbato y 1.1 pectina).

Primeramente las propiedades de la leche a temperatura ambiente son:

Viscosidad= μ =6 cps. P=0.987 kg/lit. Cp=0.7054 kcal/kg*°C.

Ya que tenemos producido el yogurt natural se procede a tomar una muestra pequeña para no complicar la medición. Utilizaremos un 20% de fruta y un 80% de yogurt para obtener un sabor muy agradable. Por lo tanto empleando 147.1 gr de yogurt obtenemos la cantidad de fruta triturada que se agregará al final (20%) el cual es 36.77 gr. Agregamos azúcar por el método del refractómetro, hasta obtener una concentración de sólidos disueltos de 32°Brix. Para llegar a este valor se requiere agregar 11.9 gr de azúcar. Finalmente los aditivos se agregan según la cantidad de azúcar. Para esta muestra se agregaron 0.024 gr de benzoato de sodio y 0.19 gr de ácido cítrico. El peso total de la muestra inicial es de 195.98 gr. Se procede a pasteurizarlo a 70-90°C durante 15 minutos, se deja reposar y se procede a realizar las pruebas físicas finales a la muestra final wf=194.1 gr

Viscosidad= μ =86 cps. P=1.049 kg/lit. Tp=66°C

Finalmente se procede a refrigerar la muestra.

4.4. Obtención del ate de pitaya a nivel laboratorio

Este proceso comienza con la adición de 141.39 gr de pulpa de pitaya sin semillas, por lo tanto para agregar la azúcar que endulzará al ate de pitaya realizamos la prueba del refractómetro para ajustar hasta 53°Brix, con esto la cantidad de azúcar y aditivos que se agregaron se muestra de la siguiente manera:

141.39 gr pulpa de pitaya sin semillas.
 152 gr de azúcar.
 0.3 gr de ácido cítrico
 0.15 gr de benzoato de sodio
 0.15 gr de sorbato de potasio.
 1.53 gr de pectina o espesante
 2.46 gr de pectina.

La cantidad inicial de esta mezcla es de $w_i=298.28$ gr. Primeramente vamos a evaporar esta mezcla hasta reducir $\frac{1}{4}$ de lo empezado. Recordar que el porcentaje de humedad en la fruta promedio es del 84% por lo tanto, en esta primera evaporación hay:

Inicialmente	Reducción de 30% de lo iniciado
118.77 gr de agua	83.139 gr de agua
22.63 gr de pulpa sólida	22.63 gr de pulpa sólida
152 gr de azúcar	152 gr de azúcar
298.28 gr totales	262.66 gr totales

Esta primera evaporación duró 25 minutos y la propiedades físicas quedan de la siguiente manera: **$P=1.205$ kg/lt. $C_p=0.79$ kcal/kg*°C.**

Subsecuentemente se agregan los aditivos y se procede a realizar la segunda evaporación pero esta no finalizará hasta no obtener una mezcla viscosa, en el laboratorio esta dura alrededor de 20 minutos, las cantidades finales que quedan son las siguientes:

gr de agua, 22.63 gr de pulpa sólida, 152 gr de azúcar, 0.3 gr de ácido cítrico, 0.15 gr de sorbato de potasio, 0.15 gr de benzoato de sodio, 1.53 gr de pectina o agente espesante y 2.46 gr de pectina, por lo tanto la cantidad final queda $w_f=216.22$ gr por lo tanto, se obtiene que la reducción de esta segunda evaporación fue de 17.7%. Después de un reposo de 10 minutos se procedió a medir las propiedades físicas del ate de pitaya a una $T=78^\circ\text{C}$, estas resultaron ser:

Viscosidad= $\mu=1050$ cps. $P=1.83$ kg/lt.

4.5. Obtención del jugo de pitaya a nivel laboratorio y planta piloto.

Primeramente se conoce la cantidad de pulpa de pitaya sin semillas con la que se trabajará (146.8 gr), vamos a ajustar el contenido de azúcar mediante la prueba del refractómetro hasta un valor de 30°Brix, la cantidad de azúcar que se requiere es de 86.4 gr, los conservadores como ya se mencionó se adicionan según la cantidad de azúcar que se ocupa, en este caso se ocuparán 0.173 gr de benzoato de sodio y 0.3 gr de ácido cítrico para estabilizar el pH en 3.5. La pulpa triturada sin semillas se somete a evaporación durante 10 minutos para eliminar las bacterias y obviamente se evapora una parte del agua (2%) quedando concentrada la mezcla con un valor de masa de $w_2=163.1$ gr por lo tanto las propiedades físicas del producto en esta parte del proceso son:

Viscosidad= $\mu=18$ cps. P=1.109 kg/lt. pH=3.52

Después de un reposo de 25 min la temperatura esta en $T=43.9^\circ\text{C}$ se mezclan el azúcar y los aditivos a la fruta así como agua purificada (60gr) y se le realizan nuevamente sus pruebas físicas quedando finalmente de la siguiente manera:

Viscosidad= $\mu=14$ cps. P=1.058 kg/lt. pH=3.57

5. INGENIERÍA BÁSICA

5.1. Producción de alcohol de pitaya.

Mediante a una serie de experimentos se determinó utilizar los siguientes ingredientes para la mejor obtención del licor dentro de un equipo de fermentación, estos son: 1) Cáscara de Pitaya, 2) Fruta triturada de Pitaya con semillas, 3) Solución de agua con azúcar y por último, 4) Levadura.

Como ya se mencionó anteriormente un lote de producción de pitaya se representa con 500 kg de fruta y experimentalmente se conoce que el porcentaje promedio de la cáscara en la fruta es del 26.54%. Por lo tanto las cantidades de los ingredientes son los siguientes:

- Cáscara de pitaya= $500\text{kg/lote} \times 0.2654 = 132.7 \text{ kg/lote}$
- Fruta triturada con semillas= 100 kg/lote
- Cantidad de azúcar requerida= $(65\% \text{azúcar} / 35\% \text{fruta trit}) \times 100 \text{ kg/lote}$ fruta trit= 185.714 kg/lote
Cantidad de agua para sol al 25%= $(75\% \text{agua} / 25\% \text{azúcar}) \times 185.714 \text{ kg/lote}$
azúcar= 557.14 kg/lote agua
Sol agua-azúcar al 25%= 742.86 kg/lote
- Levadura (el 3% del azúcar)= $185.714 \text{ kg/lote} \times 0.03 = 5.5714 \text{ kg/lote}$

La cantidad total de esta mezcla inicial, también llamada comúnmente mosto de fermentación es de $w_i = 981.1314 \text{ kg/lote}$.

Esperando unas pruebas mediante alcoholímetro para observar la concentración de alcohol y algunas pruebas de colorimetría para observar todos los componentes orgánicos presentes en la muestra de alcohol que se va a destilar, podremos establecer la ruta de separación que seguirán todos los componentes.

Los primeros resultados arrojados mediante este tipo de pruebas para una muestra con la mezcla mostrada son:

Cuadro 5.1. Estudio de los orgánicos presentes en la muestra de la mezcla mostrada así como la concentración de etanol

Componente	Fórmula	Porcentaje en la mezcla
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	8%
Aldehído acético	CH_3CHO	0.5%
Metanol	CH_3OH	0.3%
Ácido acético	CH_3COOH	1.2%
Agua	H_2O	90%

Estas pruebas se van a estar intentado optimizar para tener la ruta idónea de producción, por ello, para darle un enfoque optimista a este estudio se utilizará una conversión del 35% del alcohol quedando los componentes en el siguiente orden.

Cuadro 5.2. Resultados esperados de las pruebas de colorimetría y del contenido de alcohol

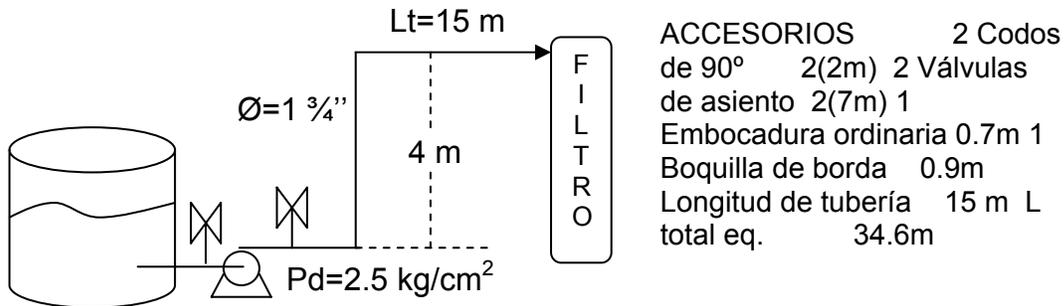
Clave	Componente	Fórmula	% en la mezcla	Temp. Eb (°C)
1	Aldehído acético	CH ₃ CHO	0.5	20.2
2	Metanol	CH ₃ OH	0.3	64.7
3	Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	35	78.4
4	Agua	H ₂ O	63	96
5	Ácido acético	CH ₃ COOH	1.2	118.1

Continuando con los cálculos suponemos que purgamos en el tanque de fermentación 160 kg/ lote que corresponde a la cáscara, semillas y un poco de sólidos de la fruta triturada. También que 6 kg/lote de semillas se quedan en el filtro principal.

TA-201 Tanque de fermentación .

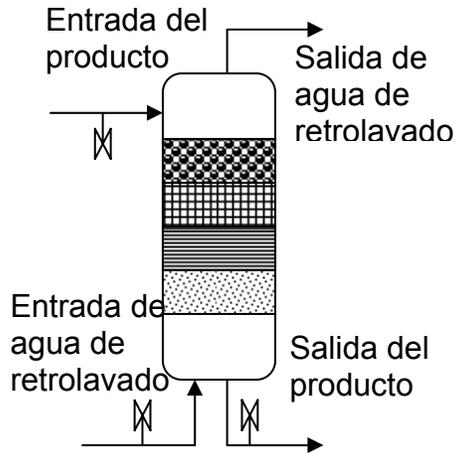
$p_{\text{fruta.trit}}=942.6 \text{ kg/m}^3$ $p_{\text{sol agua-azúcar25\%}}= 1035 \text{ kg/m}^3$
 $X_{\text{fruta trit}}=0.1178$ $X_{\text{sol agua-azúcar25\%}}=0.8755$
 $p_m=(942.6 \text{ kg/m}^3)(0.1178)+(1035 \text{ kg/m}^3)(0.8755)=1017 \text{ kg/m}^3$
 $w'=981.1314 \text{ kg/lote}$
 1 lote se llena en 9 minutos
 $Q=w/p_m=0.10719 \text{ m}^3/\text{min}$
 $T \text{ bombeo}=40^\circ\text{C}$.

BA-201 Bomba de trasiego del mosto para filtración.



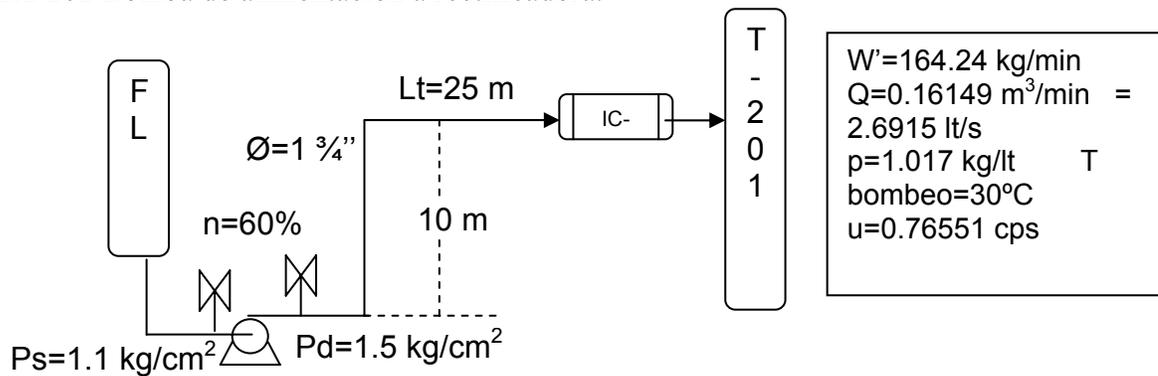
$w'=821.2 \text{ kg/lote}$
 1 lote se bombea en 5 min aproximadamente
 $p_m=1017 \text{ kg/m}^3$
 $\mu=0.76551 \text{ cps}$.
 Por lo tanto, $w'=164.24 \text{ kg/min}=2.7373 \text{ kg/s}$.
 $Q=w'/p_m=2.6915 \text{ lt/s}$

FL-202 A/B Filtro principal para el mosto de fermentación.



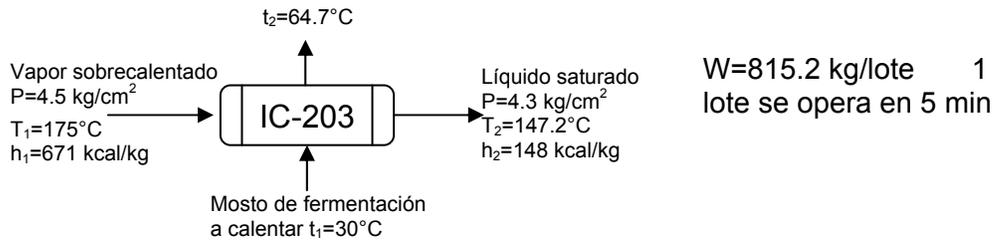
W=821.2 kg/lote. Emplearemos el flujo de la bomba $w_b=164.24$ kg/min $p=1017$ kg/m³
 $Q=w_b/p=0.16149$ m³/min

BA-202 Bomba de alimentación a rectificadora.

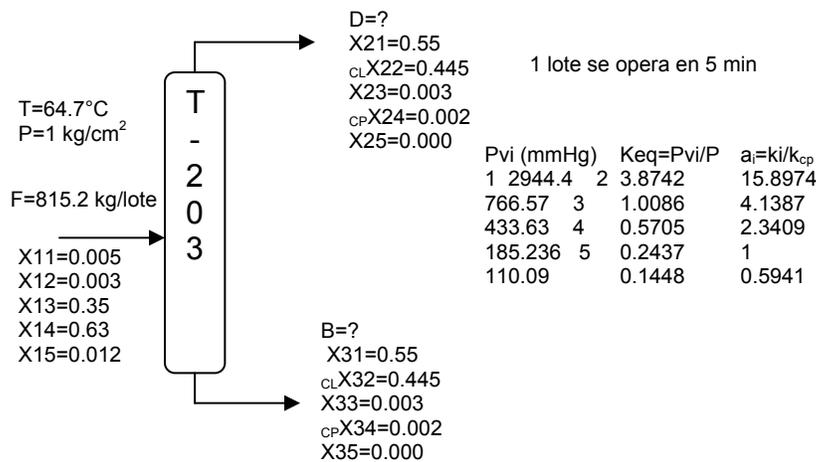


- | | |
|---------------------|---------|
| ACCESORIOS | 2 |
| Codos de 90° | 2(2m) 2 |
| Válvulas de asiento | 2(7m) 4 |
| Empalmes de 180° | 4(5m) 1 |
| Boquilla de borda | 1.8m |
| Longitud de tubería | 25 m L |
| total eq. | 64.8m |

IC-203 Precalentador de la mezcla para destilación



T-203 Torre de separación de acetaldehído y metanol



Según las concentraciones deseadas en el destilado nuestra cantidad de destilado será de $D=1.05$ kg/min, por lo tanto $B=161.99$ kg/min.

La fracción de vaporización será de $D/F=0.00644$

Sup. $D \cdot X_{dCP} = (1.05 \text{ kg/min}) \cdot 0.002 = 0.0021 \text{ kg/min}$

De: $FX_{fCP} = DX_{dCP} + BX_{bCP}$

$102.7152 \text{ kg/min} = 0.0021 \text{ kg/min} + BX_{bCP}$

$BX_{bCP} = 102.7131 \text{ kg/min}$

La primera suposición sera: $DX_{dCP}/BX_{bCP} = 0.000020445$

Número mínimo de etapas viene dado por: $N_m = \log((DX_d/BX_b)_{CL} \cdot (BX_b/DX_d)_{CP}) / \log a_{CP}$

$N_m^{\text{reales}} = \log((0.217658/0.27146) \cdot (102.5097/0.0021)) / \log$

$(4.1387) = 4.5926/0.6168 = 7.4458 = 8$ etapas mínimas.

La ecuación que predice el comportamiento de la torre es:

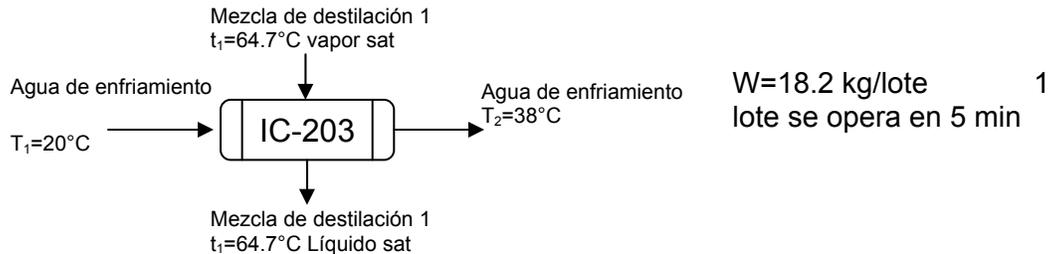
$(DX_d/FX_f -$

$DX_d)_i = a_i^{N_m} (DX_d/BX_b)_{CP}$

$DX_d_i / FX_f - DX_d_i = a_i^8 \cdot (0.0021/102.5097)$

$DX_d_i = a_i^8 (0.00002048) (FX_f - DX_d_i)$

$DXd_i = 0.00002048 a_i^8 * FXf_i - 0.00002048 a_i^8 * DXd_i$
 $DXd_i + 0.00002048 a_i^8 * DXd_i = 0.00002048 a_i^8 * FXf_i$
 $DXd_i(1 + 0.00002048 a_i^8) = 0.00002048 a_i^8 * FXf_i$
 $DXd_i = 0.00002048 a_i^8 / (1 + 0.00002048 a_i^8) * FXf_i$ Esta es la ecuación de la T-203
IC-204 Condensador de la torre T-203

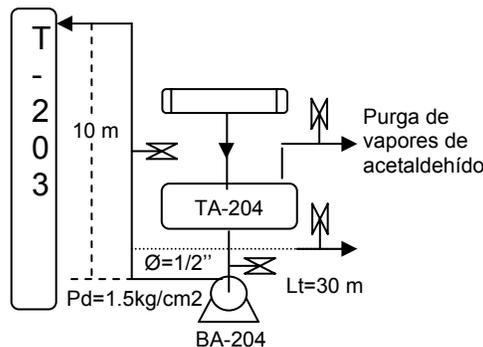


TA-204 Tanque acumulador de condensado de la torre T-203

$W=18.2 \text{ kg/lote}$ 1 lote se opera en 5 min. $T=64.7^\circ\text{C}$
 En esta mezcla están presentes los componentes:
 (1) acetaldehído, (2) metanol, (3) etanol y (4) agua con sus concentraciones respectivas 0.5658, 0.2171, 0.2155, 0.0014.
 $P_1=718.23\text{kg/m}^3$, $P_2=749.57\text{kg/m}^3$, $P_3=748.6\text{kg/m}^3$, $P_4=984.13\text{kg/m}^3$.
 Por lo tanto, la densidad media de la mezcla será:
 $P_m=(718.23\text{kg/m}^3)(0.5658)+(749.57\text{kg/m}^3)(0.2171)+(748.6\text{kg/m}^3)(0.2155)$
 $+ (984.13\text{kg/m}^3)(0.0014) = 731.8 \text{ kg/m}^3$.
 $W=3.64 \text{ kg/min}$ por lo tanto, $Q=w/p_m=0.004974 \text{ m}^3/\text{min}$.

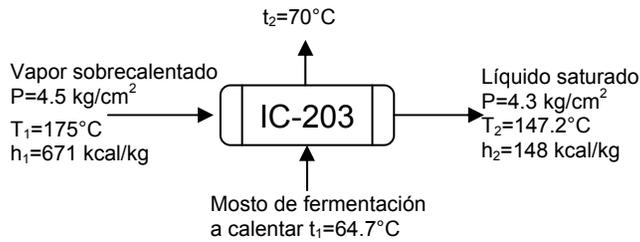
BA-204 Bomba de reflujo de la torre T-203.

Esta bomba trabaja con (1) acetaldehído, (2) metanol, (3) etanol y (4) agua. $W_m=18.2 \text{ kg/lote}$ 1 lote se opera en 5 min. $T=64.7^\circ\text{C}$ $P_m=731.8\text{kg/m}^3$ $Q=w/p_m=0.004974 \text{ m}^3/\text{min}$.
 $u=0.277 \text{ cps}$.



- ACCESORIOS** 2
 Codos de 90° 2(2m) 3
 Válvulas de asiento 3(7m) 1
 Embocadura ordinaria 0.6m 1
 Boquilla de borda 0.8m
 Longitud de tubería 30 m L
 total eq. 56.4m

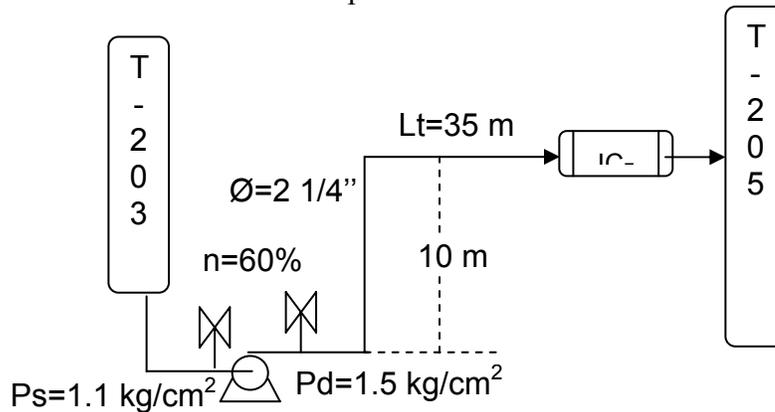
IC-204' Reboiler de la torre T-203



W=826.2185 kg/lote
1 lote se opera en 5 min

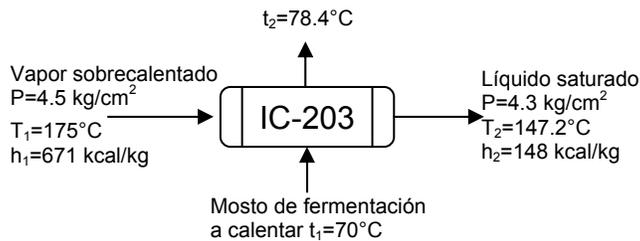
BA-205 Bomba de alimentación a torre T-205.

Esta bomba trabaja con (2) metanol, (3) etanol, (4) agua y (5) ácido acético.
Wm=808.0145 kg/lote 1 lote se opera en 5 min T=64.7°C P_m=900.024kg/m³ Q=w/p_m=0.17955 m³/min. u=0.277 cps.



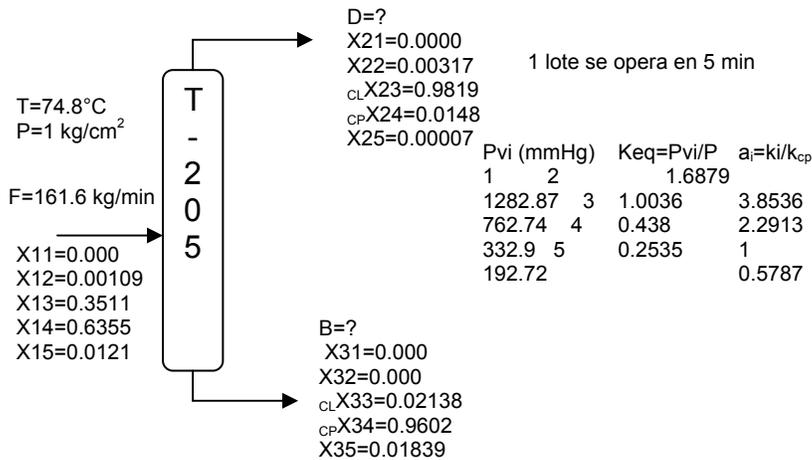
- | | |
|---------------------|---------|
| ACCESORIOS | 2 |
| Codos de 90° | 2(2m) 2 |
| Válvulas de asiento | 2(7m) 1 |
| Emboadura ordinaria | 1.1m 1 |
| Boquilla de borda | 1.3m |
| Longitud de tubería | 35 m L |
| total eq. | 55.4m |

IC-205 Precalentador de la T-205.



W=808.0145 kg/lote
1 lote se opera en 5 min

T-205 Torre de concentración de alcohol.



Según las concentraciones deseadas en el destilado nuestra cantidad de destilado será de D=55.4716 kg/min, por lo tanto B=106.097 kg/min.

La fracción de vaporización será de D/F=0.3432

Sup. $D \cdot X_{dCP} = (55.4716 \text{ kg/min}) \cdot 0.0148 = 0.8216 \text{ kg/min}$

De: $FXf_{CP} = DXd_{CP} + BXb_{CP}$ $102.6986 \text{ kg/min} = 0.8216 \text{ kg/min} + BXb_{CP}$

$BXb_{CP} = 101.877 \text{ kg/min}$

La primera suposición sera: $DXd_{CP}/BXb_{CP} = 0.0080646$

Número mínimo de etapas viene dado por: $N_m = \log((DXd/BXb)_{CL} \cdot (BXb/DXd)_{CP}) / \log a_{CP}$

$N_m^{\text{reales}} = \log((54.47/2.2687) \cdot (101.877/0.8216)) / \log(2.2913) = 3.4737/36 = 9.65 = 10$ etapas mínimas.

La ecuación que predice el comportamiento de la torre es: (DXd/FXf-

$$DXd_i = a_i^{N_m} (DXd/BXb)_{CP}$$

$$DXd_i / FXf_i - DXd_i = a_i^{10} \cdot (0.8216 / 101.877)$$

$$DXd_i = a_i^{10} (0.0080646) (FXf_i - DXd_i)$$

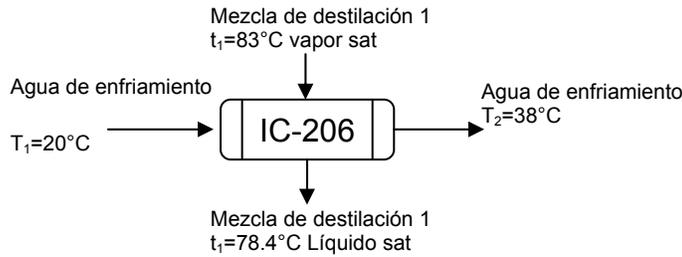
$$DXd_i = 0.0080646 a_i^{10} \cdot FXf_i - 0.0080646 a_i^{10} \cdot DXd_i$$

$$DXd_i + 0.0080646 a_i^{10} \cdot DXd_i = 0.0080646 a_i^{10} \cdot FXf_i$$

$$DXd_i (1 + 0.0080646 a_i^{10}) = 0.0080646 a_i^{10} \cdot FXf_i$$

$$DXd_i = 0.0080646 a_i^{10} / (1 + 0.0080646 a_i^{10}) \cdot FXf_i \quad \text{Esta es la ecuación de la T-205}$$

IC-206 Condensador de la torre T-205



W=1224.13 kg/lote 1
 lote se opera en 15 min

TA-206 Tanque acumulador de condensado de la torre T-205

W=1224.13 kg/lote 1 lote se opera en 15 min. T=78.4°C

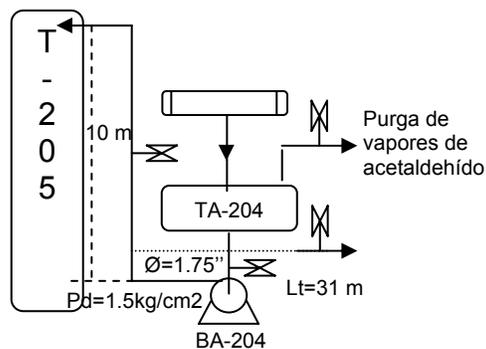
En esta mezcla están presentes los componentes: (2) metanol, (3) etanol, y (4) agua con sus concentraciones respectivas 0.003143, 0.98129, 0.01466.

$P_2=734.716\text{kg/m}^3$, $P_3=734.7\text{kg/m}^3$, $P_4=980.1\text{kg/m}^3$. Por lo tanto, la densidad media de la mezcla será: $P_m=(734.716\text{kg/m}^3)(0.003143)+(734.7\text{kg/m}^3)(0.98129)+(980.1\text{kg/m}^3)(0.01466)= 737.63 \text{ kg/m}^3$.

W=81.6 kg/min, por lo tanto, $Q=w/p_m=0.1106 \text{ m}^3/\text{min}$.

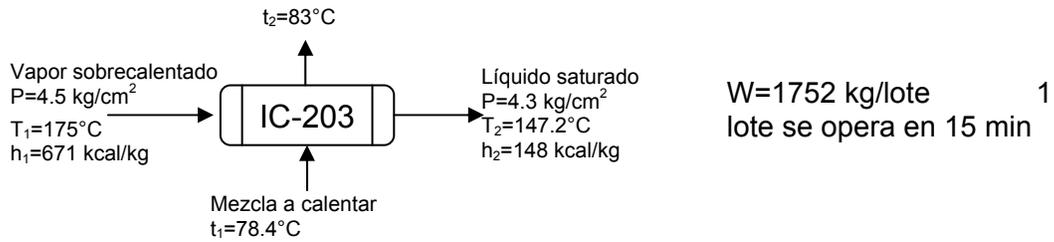
BA-206 Bomba de reflujo de la torre T-205.

W=1224.13 kg/lote 1 lote se opera en 15 min. T=78.4°C $P_m=737.63\text{kg/m}^3$ $Q=w/p_m=0.1106 \text{ m}^3/\text{min}$. $u=0.264 \text{ cps}$.



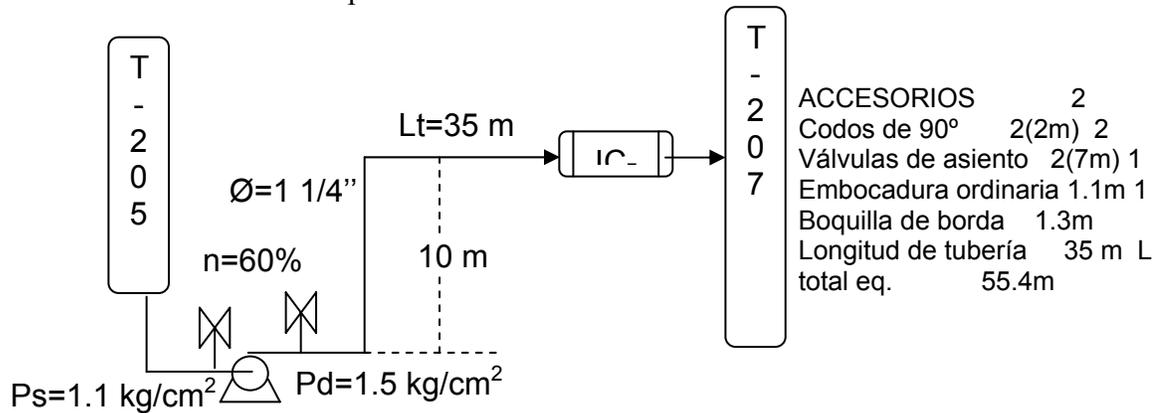
ACCESORIOS	2
Codos de 90°	2(2m) 3
Válvulas de asiento	3(7m) 1
Embocadura ordinaria	0.6m 1
Boquilla de borda	0.8m
Longitud de tubería	31 m L
total eq.	57.4m

IC-206' Reboiler de la torre T-205

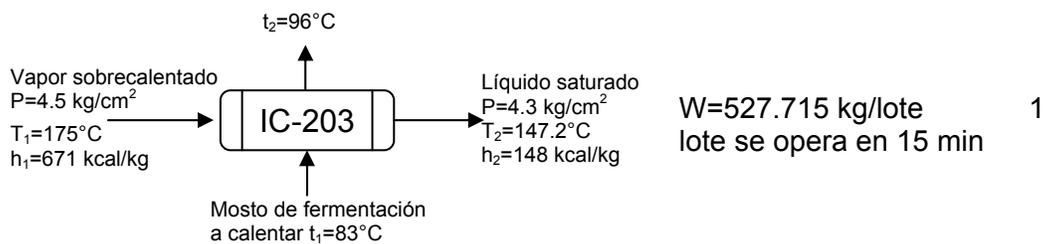


BA-207 Bomba de alimentación a torre T-207.

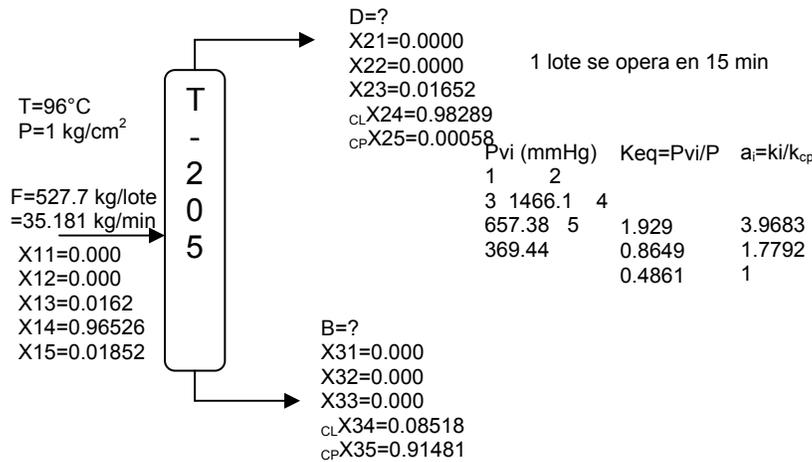
$W=527.715 \text{ kg/lote}$ 1 lote se opera en 15 min $T=78.4^\circ\text{C}$ $P_m=974.73 \text{ kg/m}^3$ $Q=w/p_m=0.03609 \text{ m}^3/\text{min}$. $u=0.264 \text{ cps}$.



IC-207 Precalentador de la T-207.



T-207 Torre de separación de agua.



Según las concentraciones deseadas en el destilado nuestra cantidad de destilado será de $D=34.4899$ kg/min, por lo tanto $B=0.69036$ kg/min.

La fracción de vaporización será de $D/F=0.980356$

Sup. $D \cdot X_{dCP} = (34.4899 \text{ kg/min}) \cdot 0.00058 = 0.02 \text{ kg/min}$

De: $FXf_{CP} = DXd_{CP} + BXb_{CP}$ $0.65155 \text{ kg/min} = 0.02 \text{ kg/min} + BXb_{CP}$

$BXb_{CP} = 0.63155 \text{ kg/min}$

La primera suposición sera: $DXd_{CP}/BXb_{CP} = 0.03166$

Número mínimo de etapas viene dado por: $N_m = \log((DXd/BXb)_{CL} \cdot (BXb/DXd)_{CP}) / \log a_{CP}$

$N_m^{\text{reales}} = \log((33.9/0.05881) \cdot (0.63155/0.02)) / \log(1.7792) = 4.2623/0.2502 = 17.03 = 17$

etapas mínimas.

La ecuación que predice el comportamiento de la torre es:

$$(DXd/FXf -$$

$$DXd)_i = a_i^{N_m} (DXd/BXb)_{CP}$$

$$DXd_i / FXf_i - DXd_i = a_i^{17} \cdot (0.02 / 0.63155)$$

$$DXd_i = a_i^{17} (0.03166) (FXf_i - DXd_i)$$

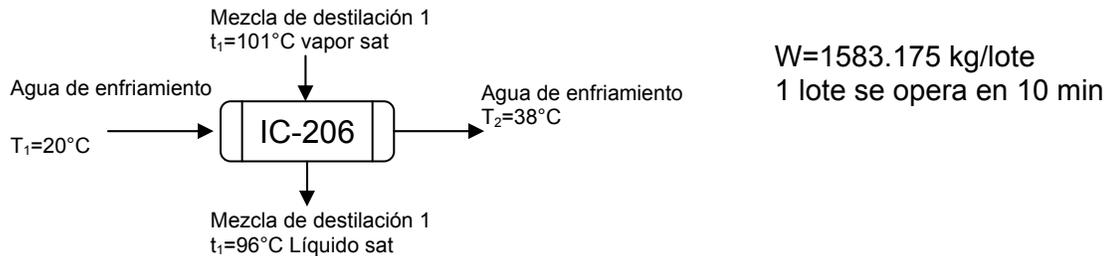
$$DXd_i = 0.03166 a_i^{17} \cdot FXf_i - 0.03166 a_i^{17} \cdot DXd_i$$

$$DXd_i + 0.03166 a_i^{17} \cdot DXd_i = 0.03166 a_i^{17} \cdot FXf_i$$

$$DXd_i (1 + 0.03166 a_i^{17}) = 0.03166 a_i^{17} \cdot FXf_i$$

$$DXd_i = 0.03166 a_i^{17} / (1 + 0.03166 a_i^{17}) \cdot FXf_i \quad \text{Esta es la ecuación de la T-207}$$

IC-208 Condensador de la torre T-207



TA-208 Tanque acumulador de condensado de la torre T-207

W=1583.175 kg/lote 1 lote se opera en 10 min. T=96°C

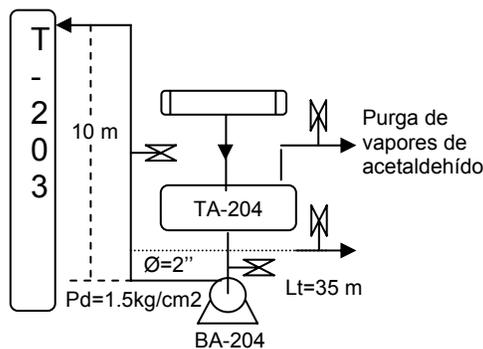
En esta mezcla están presentes los componentes: (3) etanol, (4) agua y (5) ácido acético con sus concentraciones respectivas 0.016536, 0.98288, 0.00058.

$P_3=715.886\text{kg/m}^3$, $P_4=974.71\text{kg/m}^3$, $P_5=965.3\text{kg/m}^3$. Por lo tanto, la densidad media de la mezcla será: $P_m=(715.886\text{kg/m}^3)(0.016536)+(974.71\text{kg/m}^3)(0.98288)+(965.3\text{kg/m}^3)(0.00058)= 970.42 \text{ kg/m}^3$.

W=158.3175 kg/min, por lo tanto, $Q=w/p_m=0.16314 \text{ m}^3/\text{min}$.

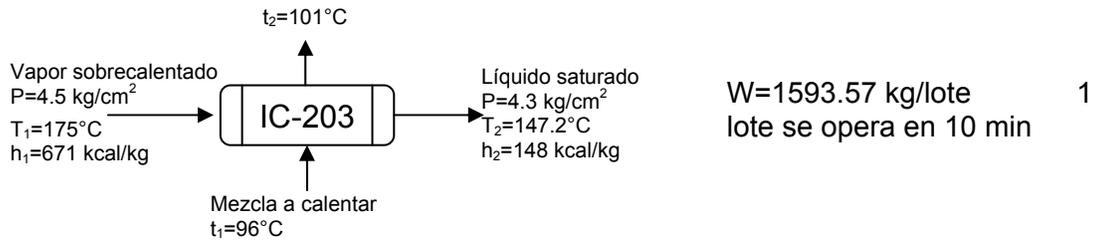
BA-208 Bomba de reflujo de la torre T-207.

W=1583.175 kg/lote 1 lote se opera en 10 min. T=96°C $P_m=970.42\text{kg/m}^3$ $Q=w/p_m=0.16314 \text{ m}^3/\text{min}$. $u=0.1972 \text{ cps}$.



ACCESORIOS	2
Codos de 90°	2(2m) 3
Válvulas de asiento	3(7m) 1
Embocadura ordinaria	0.6m 1
Boquilla de borda	0.8m
Longitud de tubería	35 m L
total eq.	61.4m

IC-208' Reboiler de la torre T-207



TA-210 Tanque de almacenamiento de etanol producido al 96% de pureza.

Debido a que vamos a comercializar un licor (280.13 kg/lote) al 17% de concentración requerimos de la adición de agua (1367.7 kg/lote), así como de esencias de fruta (10 kg/lote) para darle un sabor aún más agradable.

$W_t=1657.83 \text{ kg/lote}$. $T=78.4^\circ\text{C}$. $P_{m1}=738.3 \text{ kg/m}^3$.

$P_a=998.3 \text{ kg/m}^3$. $P_{\text{esencias}}=942.6 \text{ kg/m}^3$.

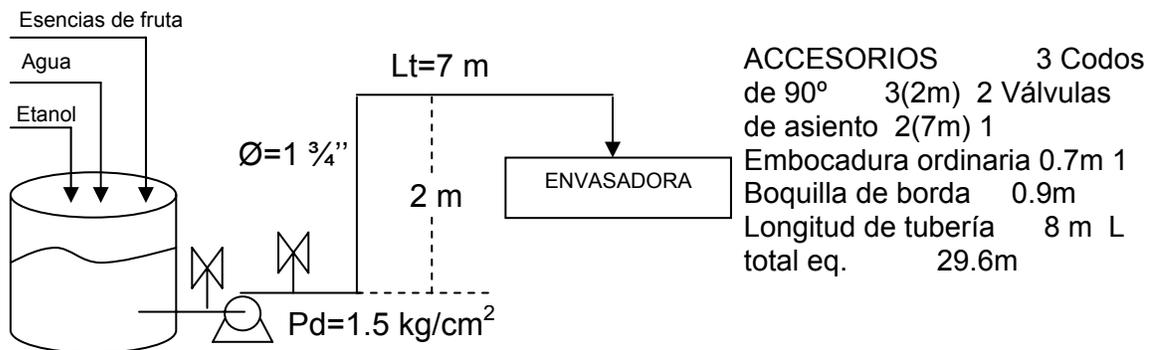
Por ello, la densidad de trabajo se representa de la siguiente forma:

$P_t=(738.3\text{kg/m}^3)(0.1689)+(998.3\text{kg/m}^3)(0.8249)+(942.6\text{kg/m}^3)(0.00603)=953.88 \text{ kg/m}^3$.

Recordar que un lote se llena en 15 min.

Por lo tanto, $Q=w/P_m=0.11586 \text{ m}^3/\text{min}$.

BA-210 Bomba de trasiego de licor de pitaya a envasadora.



$W=1657.83 \text{ kg/lote} * 1 \text{ lote}/15 \text{ min}=110.522 \text{ kg/min}$. $T=30^\circ\text{C}$. $P_m=738.3 \text{ kg/m}^3$.

Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.1497 \text{ m}^3/\text{min}=2.495 \text{ lt/seg}$. $U=1.0537 \text{ cps}$.

Finalmente la producción final por cada lote será de **1433.83 lt/lote**, se espera que se venda el producto en botellas de $\frac{3}{4}$ lt, por lo tanto, esto representa una producción de **1911 botellas** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$20/botella, por lo tanto las ganancias serán de; $\$20/\text{botella} * 1911 \text{ botellas/lote} = \mathbf{\$38220/\text{lote}}$, suponemos que se procesan 8 lotes diarios. Finalmente las ganancias por día serán de: $\$38220/\text{lote} * 8 \text{ lote/día} = \mathbf{\$305760/\text{día}}$. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá $\$305760/\text{día} * 30 \text{ días/1 mes} = \mathbf{\$9,1728,00.00/\text{mes}}$.

5.2. Producción de mermelada de pitaya.

Este estudio comienza con la adquisición de la materia prima a procesar (200 kg/lote) y la adición de 150 kg/lote de agua para poder ser transportada (bombeada) a la zona de procesamiento de mermelada. También se hace llegar vapor a esta fruta triturada en solución al 50% aproximadamente para escaldarla y poder eliminar los microbios que puedan estar presentes en la fruta. El cálculo para ver la cantidad de vapor necesaria para este procedimiento es muy simple y se realiza de la siguiente manera:

$$W_{\text{fruta trit en sol}} = 350 \text{ kg/lote} \quad T_i = 20^\circ\text{C} \quad T_d = 100^\circ\text{C} \quad Q = w * C_p * DT.$$

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{rech}} \quad \text{Sup } C_p = 1 \text{ kcal/kg} * ^\circ\text{C}.$$

$$Q_a = (350 \text{ kg/lote})(1 \text{ kcal/kg} * ^\circ\text{C})(100 - 20)^\circ\text{C} = 28000 \text{ kcal/lote}$$

$$W_{\text{vap}} = 28000 \text{ kcal/lote} / ((671 - 148) \text{ kcal/kg}) =$$

$$53.537 \text{ kg/lote de vapor} * 1 \text{ lote/10 min} = \mathbf{5.35 \text{ kg/min}}.$$

A la mezcla escaldada se le agrega finalmente los aditivos los cuales son: pectina como agente coagulante, una mínima cantidad de sorbato de potasio y benzoato de sodio como conservadores, ácido cítrico para estabilizar el pH a 3.5 para cumplir con las normatividades de fabricación y finalmente hay que agregar el azúcar o endulcorante para darle un sabor óptimo a la mermelada. El flujo de estos aditivos es bombeado en solución con agua (35 kg/lote) al 12.5% hacia el tanque principal de mezcla o tanque de escalde.

El flujo total de la mezcla será igual a:

$$W_m = (200_{\text{fruta trit}} + 200_{\text{agua de fruta}} + 150_{\text{agua}} + 779.727_{\text{vapor}} + 35_{\text{aditivos}}) \text{ kg/lote} = 1364.7 \text{ kg/lote}$$

Esta cantidad inicial de pitaya triturada al 14.65% tenemos que concentrarla hasta un 70% en el evaporador.

Como ya se mencionó anteriormente la planta estará ubicada cerca de la ciudad de Tehuacan Puebla debido a que es uno de los principales centros de acopio de la pitaya en la zona de Mixteca poblana y oaxaqueña, por lo tanto todos los parámetros que se requieran se tomarán a partir de las condiciones promedio en esta zona del país, cuyos datos son:

$$P_{\text{atm}} = 628 \text{ mmHg}$$

$$T_{\text{eb}} = 94.8^\circ\text{C}$$

$$f_a = 542.2 \text{ kcal/kg}$$

$$C_p \text{ sup} = 0.85 \text{ kcal/kg} * ^\circ\text{C}.$$

También se tomará en cuenta las condiciones del vapor de calefacción que ocuparemos el cual sera de baja presión ($P=4.5 \text{ kg/cm}^2$) sobrecalentado con una temperatura de 175°C , una temperatura de condensación de 147.2°C y un calor latente de vaporización $f_v=507 \text{ kcal/kg}$.

Finalmente el diseño de los evaporadores no se puede concretar si no se cuenta con un coeficiente de transferencia de calor validado experimentalmente para determinar las áreas específicas de transferencia de calor. Debido a que este estudio es preliminar este coeficiente se supondrá en un valor de $500 \text{ kcal/hr}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para todos los evaporadores que vayan a ser evaluados dentro de la planta.

Dimensionamiento de los equipos.

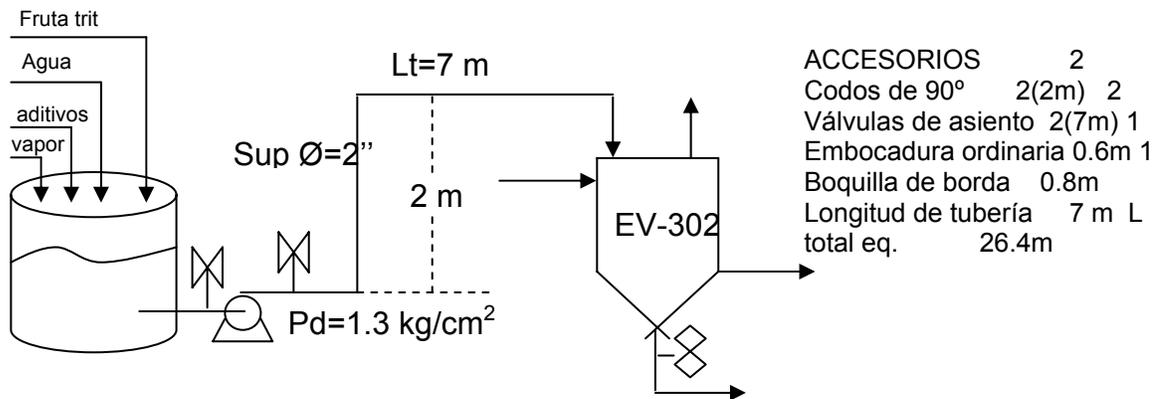
TA-301 Tanque de mezcla inicial o tanque de escalde.

$W=1364.7 \text{ kg/lote}$. $T=70^\circ$. $P_m=1200 \text{ kg/m}^3$.

Suponemos que un lote se llena en 3 min.

$W_m=454.9 \text{ kg/min}$, por lo tanto, $Q=W_m/P_m=0.37908 \text{ m}^3/\text{min}$.

BA-301. Bomba de trasiego de mezcla inicial al evaporador.

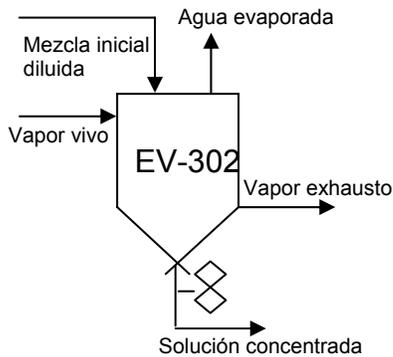


$W=1364.7 \text{ kg/lote} \cdot 1 \text{ lote}/10 \text{ min}=136.47 \text{ kg/min}$. $T=70^\circ\text{C}$. $P_m=1200 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.1137 \text{ m}^3/\text{min}=1.8954 \text{ lt/seg}$. Sup $u=15 \text{ cps}$.

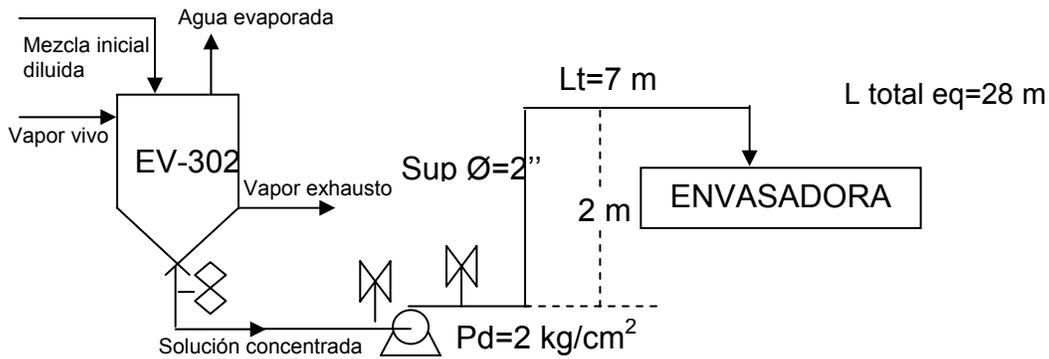
EV-302 Evaporador principal de mermelada de pitaya.

$W_i=1364.7$ kg/lote.

El tanque está enchaquetado para que el vapor circule.



BA-302 Bomba de trasiego de mermelada a la envasadora.



$W=285.612$ kg/lote*1 lote/5 min= 57.1224 kg/min. $T=70^\circ\text{C}$. $P_m=1400$ kg/m³. Por lo tanto:
 $Q=w/P_m=0.0408$ m³/min= 0.68 lt/seg. Sup $u=180$ cps.

Finalmente la producción final por cada lote será de **285 kg/lote**, se espera que se venda el producto en envases de $\frac{1}{2}$ kg, por lo tanto, esto representa una producción de **570 envases** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$9/envase, por lo tanto las ganancias serán de; \$9/envase*570 envases/lote=**\$5130/lote**, suponemos que se procesan 5 lotes diarios. Finalmente las ganancias por día serán de: \$5130/lote*5 lote/día=**\$25650/día**. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá \$25650/día*30 días/1 mes=**\$769500.00/mes**.

5.3. Producción de yogurt de pitaya.

En este proceso se ocuparán 100 kg de pitaya triturada para adicionar al final, esto representará el 5% de la mezcla total. Para el 100% se estará hablando de una producción total de 2000 kg de yogurt de pitaya. El azúcar representará un consumo de 200 kg (10% de la mezcla total) y llegará diluida en agua al proceso así como los aditivos. El yogurt natural se producirá a partir de 1600 kg/lote de leche que se pretende procesar y de la zona de recepción y pesado de la materia prima se enviará directamente al evaporador-fermentador donde se realizará el yogurt natural.

Se deja la leche en el recipiente enchaquetado (evaporador), el cual se mantiene a una temperatura de entre 43-52°C por un tiempo de 1-3 hr aproximadamente (fermentación de la leche) y se agregará cultivos lácticos (*Bulgarus*) para favorecer dicha fermentación. Finalmente se deja enfriar con el objetivo de conservar las propiedades de la mermelada de fruta que se le agregará al final al yogurt natural previamente procesado.

Para la preparación del yogurt natural, primero tomaremos en cuenta la cantidad de vapor necesario para mantener las condiciones de temperatura adecuadas para favorecer la fermentación. $C_p \text{ leche} = 0.95 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. $T_i = 18^\circ\text{C}$. $T_d = 52^\circ\text{C}$. 1 lote durará 3 horas de calentamiento aproximadamente. Por lo tanto, la cantidad de calor requerida para el calentamiento será de :

$$Q = (1600 \text{ kg/lote})(0.95 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C})(52 - 18)^\circ\text{C} = 51680 \text{ kcal/lote} \cdot 1 \text{ lote/3 hr} = 17226.66 \text{ kcal/hr}$$

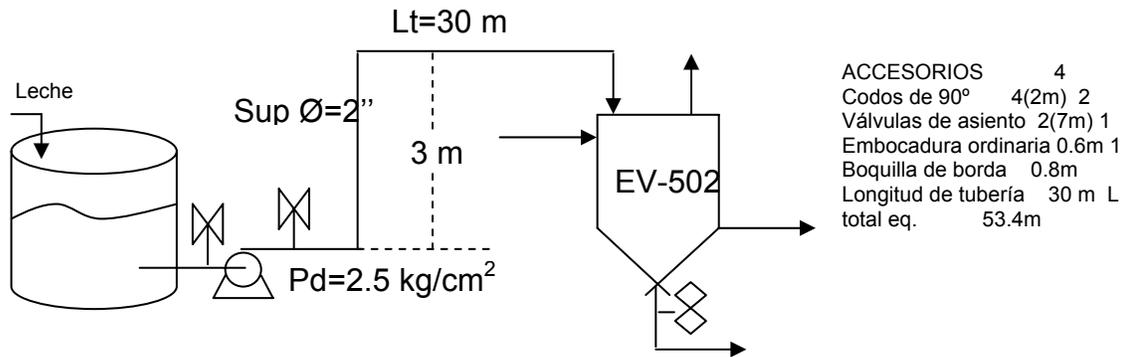
La cantidad de vapor requerido para dicho calentamiento será:

$$W_{\text{vap}} = 17226.66 \text{ kcal/hr} / (0.4725 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} * (175 - 135)^\circ\text{C}) = 911.47 \text{ kg/hr}$$

Después de este calentamiento se deja reposar la leche de 24 – 26 hr para fermentarla agregando previamente los cultivos lácticos para favorecer dicho proceso.

BA-501 Bomba de trasiego de leche al evaporador-fermentador principal.

$W=1600$ kg/lote $P=1.001$ kg/lt. 1 lote se bombea en 5 min aproximadamente. Por lo tanto, $Q=w/p=5.33$ lt/s.



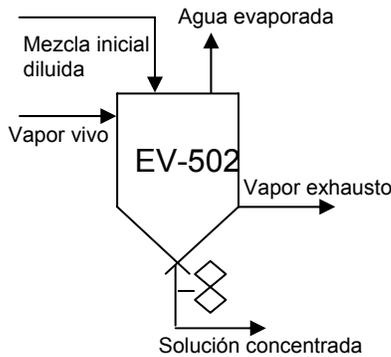
EV-502 Tanque enchaquetado. Evaporador para el yogurt.

Primero se establece el consumo de vapor que se requiere para calentar la leche y provocar la fermentación mas rápidamente. Suponemos un $C_{p\text{leche}}=0.95$ kcal/kg°C. $T_i=18^\circ\text{C}$, $T_d=52^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{req}}=(1600 \text{ kg/lote})(0.95 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(52-18)^\circ\text{C}= 51680 \text{ kcal/lote} \cdot 1 \text{ lote}/3 \text{ hr}=17226.66 \text{ kcal/hr}$$

$$W_{\text{vapor req}}=17226.66 \text{ kcal/hr}/(671 - 148)\text{kcal/kg}= 32.94 \text{ kg/hr}$$

Después de este breve calentamiento se deja reposar la leche de 24-26 hrs para fermentarla. Posteriormente se comienza con el proceso de producción del yogurt agregando la fruta en solución, el azúcar igualmente en solución y los aditivos. Suponemos un $C_{p\text{mezcla}}=1.015$ kcal/kg°C. y que un lote de evaporación durará 1 hr. Se sabe que la pulpa sólida en la pitaya representa el 51% de la fruta, por lo tanto se requiere que la mezcla inicial al 1.99% se concentre hasta un valor de 2.69%.



W=2560 kg/lote
 evaporación durará 60 min
 1 lote de llenado del tanque es igual a 1 min.

Para un análisis mas completo realizaremos un cálculo para predecir la densidad del yogurt producido de pitaya.

Cuadro 5.3. Análisis de los componentes del yogurt de pitaya para predecir su densidad

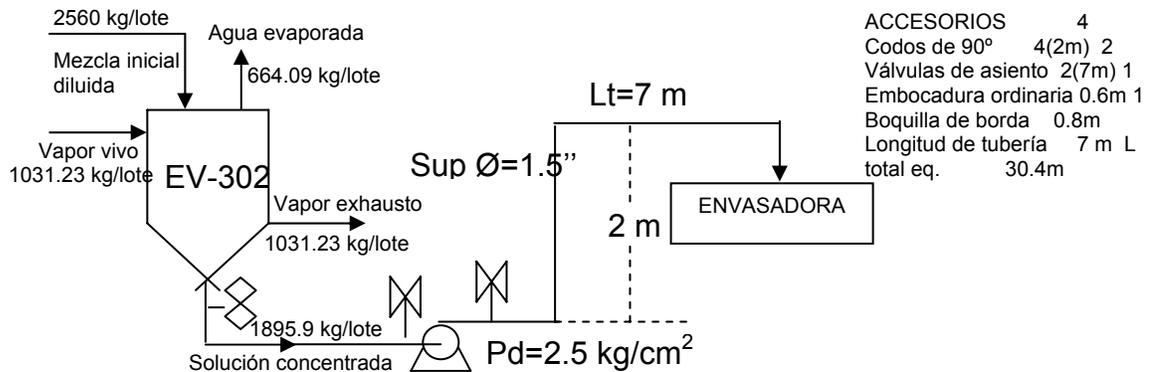
Componente	Fracción masa	Densidad (kg/lt)
Pitaya en solución	0.0269	1.15
Azúcar en solución	0.1055	1.03
Aditivos en solución	0.0105	1.00012
Yogurt natural	0.8439	1.20
Agua	0.0131	1

Por lo tanto, la densidad de la mezcla queda de la siguiente manera:

$$P_m = (0.0269 * 1.15 \text{ kg/lt}) + (0.1055 * 1.03 \text{ kg/lt}) + (0.0105 * 1.00012 \text{ kg/lt}) + (0.8439 * 1.20 \text{ kg/lt}) + (0.0131 * 1 \text{ kg/lt}) = 1.17588 \text{ kg/lt} = 1175.88 \text{ kg/m}^3$$

BA-502 Bomba de trasiego de yogurt a envasadora.

W=1895.91 kg/lote $P_m=1.17588 \text{ kg/lt}$. 1 lote se bombea en 5 min aproximadamente. Por lo tanto, $Q=w/p=5.3744 \text{ lt/s}$. $T_b=70^\circ\text{C}$.



La producción como ya se ha visto es de 1895.91 kg/lote, sin embargo, debido a el efecto de la densidad la producción que se va a vender en botes de 1 lt representa la cantidad de $Q=w/p_m=1612.33$ lt/lote. Con esto, se producen **1612 envases** de 1 lt de yogurt de pitaya, debido al proceso se procesa únicamente 1 lote diario, por lo que las ganancias por lote tomando en cuenta un valor de \$15/lt serán de: $1612 \text{ envases/lote} * \$15/\text{envase} = \$24180/\text{lote} * 1 \text{ lote/día} = \$24180/\text{día} * 30 \text{ días/mes} = \$725400/\text{mes}$.

5.4. Producción de ate de pitaya.

Este proceso comienza evaporando una mezcla de pitaya triturada en solución y agua con azúcar hasta obtener $\frac{3}{4}$ de lo iniciado, después de esta reducción, se agrega en este mismo evaporador una solución de pectina así como una solución de aditivos y se procede a seguir evaporando el agua de la mezcla hasta obtener una pasta viscosa, esto sucede después de 2 horas de operación.

EV-402 Evaporador principal del proceso de los ates de pitaya.

Primer paso

Primeramente se va a reducir un 65% de lo iniciado. Se comienza haciendo llegar una solución de pitaya triturada empleando 100 kg de fruta/lote y 50 kg de agua/lote así como 31 kg/lote de una solución de agua con azúcar al 9.67%. Inicialmente se tiene una mezcla de 181 kg/lote en donde la pitaya sólida representa el 28.17%. Los cálculos se continúan como sigue:

$W_i=181$ kg/lote, por lo tanto, $W_{\text{agua evap}}=(181 \text{ kg/lote})(0.65)=117.65$ kg/lote. Esta primera evaporación arrojará una solución concentrada de $W_f=(181 - 117.65)\text{kg/lote}=63.35$ kg/lote, mediante este procedimiento se requiere contar con:

51 kg de sólidos de pitaya, 3 kg de azúcar y 9.35 kg de agua. Por ello, la concentración final de este primer paso que se desea obtener es igual a 80.5%.

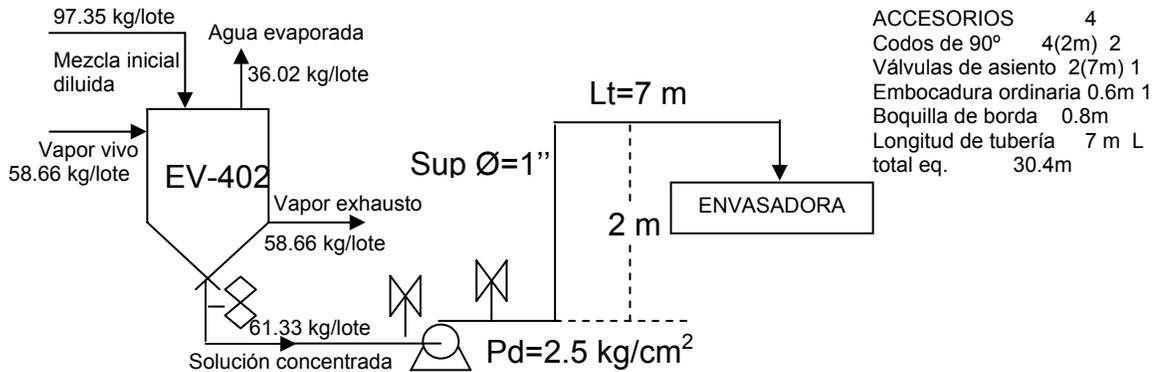
Segundo paso.

Este paso concluirá cuando se obtenga una pasta viscosa, aproximadamente como ya se mencionó esto concluirá en el transcurso de 2 hr. A la solución concentrada del primer paso (63.35 kg/lote) se le agrega una solución de pectina al 13.85% (32.5 kg/lote) así como 1.5 kg/lote de aditivos entre los que destacan la pectina para gelatinizar correctamente el producto así como los conservadores como el benzoato de sodio y el sorbato de potasio. Por lo tanto, la mezcla inicial es igual a $W_m=97.35$ kg/lote, esto representa una concentración inicial de pitaya sólida de 52.38%, se pretende reducir un 37% del agua presente, por ello, la cantidad de agua evaporada es $W_{\text{agua evap}}=(97.35 \text{ kg/lote})(0.37)=36.02$ kg/lote. Esta segunda evaporación arrojará una solución concentrada de $W_f=(97.35 - 36.02)\text{kg/lote}=61.33$ kg/lote, mediante este procedimiento se requiere contar con:

51 kg de sólidos de pitaya, 3 kg de azúcar, 1.5 kg de aditivos, 4.5kg de pectina y 1.33 kg de agua. Por ello, la concentración final de este segundo paso que se desea obtener es igual a 83.15%.

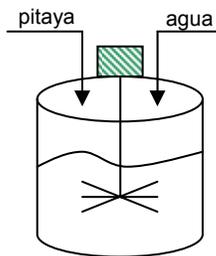
BA-402 Bomba de trasiego de pasta viscosa (ate de pitaya) hacia envasadora.

$W=61.33$ kg/lote. La temperatura de bombeo que es adecuada para el trasiego es de 70°C . Suponemos que la densidad del producto es de $\rho=1.9$ kg/lit. Suponemos que un lote se bombea en 2 minutos. Igualmente se supone un diámetro de tubería de 1". Por lo tanto, el caudal que va a manejar la bomba durante un periodo de 2 minutos es de:
 $Q=w/\rho=0.2689$ lt/s.



Tanques de almacenamiento y distribución de materia prima.

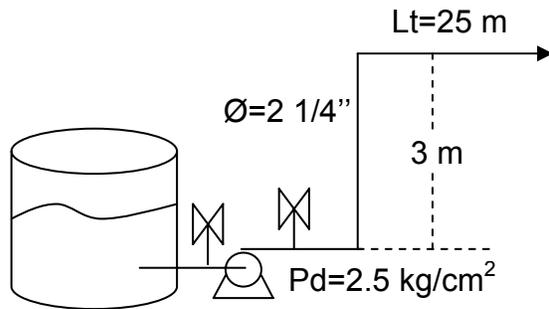
TA-101 Tanque de trituración de pitaya.



$W_{\text{max}}=(2500_{\text{fruta en sol } 51\%} + 1000_{\text{agua}})\text{kg/lote}=3500$ kg/lote
 $\text{sup } \rho_m=1.1$ kg/lit. 1 lote se llena en 20 min
 $Q=w/\rho_m=2.6515$ lt/s. Este tanque cuenta con un motor de alta potencia para mover un mecanismo de trituración.

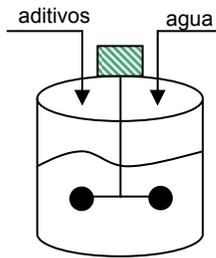
BA-101 Bomba de trasiego de pitaya triturada a diferentes líneas de producción.

$W=3500$ kg/lote. $P=1.1$ kg/lt. 1 lote se bombea en 20 min aproximadamente. Por lo tanto, $Q=w/p=2.6515$ lt/s. $T_b=20^\circ\text{C}$.



ACCESORIOS 3 Codos de 90° 3(2m) 2 Válvulas de asiento 2(7m) 1 Embocadura ordinaria 0.7m 1 Boquilla de borda 0.9m Longitud de tubería 25 m L total eq. 46.6m

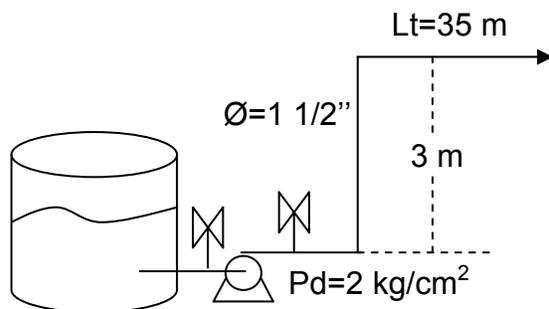
TA-102 Tanque de preparación de aditivos.



$W_{\max}=(50_{\text{aditivos}}+300_{\text{agua}})\text{kg/lote}=350$ kg/lote \sup
 $p_m=1.02$ kg/lt. 1 lote se llena en 2 min $Q=w/p_m=2.8594$ lt/s.
 Este tanque cuenta con un motor de baja potencia que acciona un mecanismo de agitación.

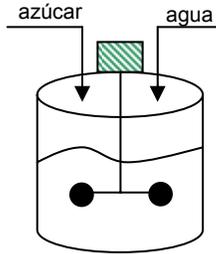
BA-102 Bomba de trasiego de aditivos en solución al 14.3% a diferentes líneas de producción.

$W=350$ kg/lote. $P=1.02$ kg/lt. 1 lote se bombea en 5 min aproximadamente. Por lo tanto, $Q=w/p=1.1438$ lt/s. $T_b=20^\circ\text{C}$.



ACCESORIOS 3 Codos de 90° 3(2m) 2 Válvulas de asiento 2(7m) 1 Embocadura ordinaria 0.7m 1 Boquilla de borda 0.9m Longitud de tubería 25 m L total eq. 56.6m

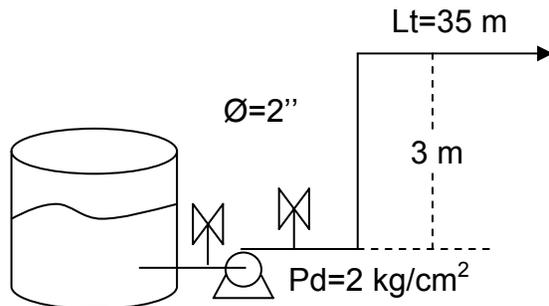
TA-103 Tanque de preparación de azúcar o endulcorante.



$W_{max} = (400_{azúcar} + 1500_{agua}) \text{ kg/lote} = 1900 \text{ kg/lote}$ sup
 $\rho_m = 1.05 \text{ kg/lit.}$ 1 lote se llena en 14 min
 $Q = w/\rho_m = 2.1542 \text{ lt/s.}$ Este tanque
 cuenta con un motor de baja potencia que acciona un
 mecanismo de agitación.

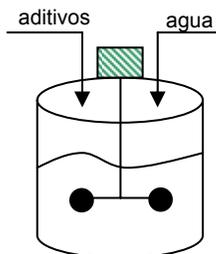
BA-103 Bomba de trasiego de azúcar en solución al 21% a diferentes líneas de producción.

$W = 1900 \text{ kg/lote.}$ $P = 1.05 \text{ kg/lit.}$ 1 lote se bombea en 14 min aproximadamente. Por lo tanto,
 $Q = w/\rho = 2.1542 \text{ lt/s.}$ $T_b = 20^\circ\text{C.}$



ACCESORIOS 3 Codos
 de 90° 3(2m) 2 Válvulas
 de asiento 2(7m) 1
 Embocadura ordinaria 0.7m 1
 Boquilla de borda 0.9m
 Longitud de tubería 25 m L
 total eq. 56.6m

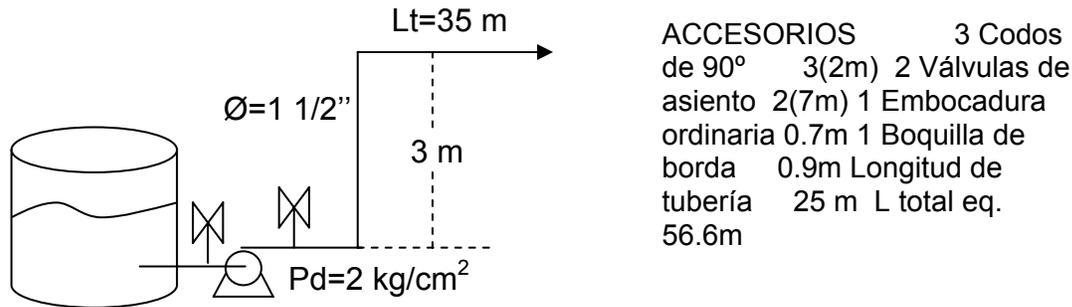
TA-104 Tanque de preparación de pectina



$W_{max} = (50_{pectina} + 200_{agua}) \text{ kg/lote} = 250 \text{ kg/lote}$ sup
 $\rho_m = 1.03 \text{ kg/lit.}$ 1 lote se llena en 1.5 min
 $Q = w/\rho_m = 2.6968 \text{ lt/s.}$ Este tanque
 cuenta con un motor de baja potencia que acciona un
 mecanismo de agitación.

BA-104 Bomba de trasiego de pectina en solución al 20% a diferentes líneas de producción.

W=250 kg/lote. P=1.03 kg/lt. 1 lote se bombea en 2 min aproximadamente. Por lo tanto, Q=w/p=2.0226 lt/s. Tb=20°C.



5.5. Estudio técnico de un proceso de elaboración de mermelada de pitaya.

Este proceso comprende 200 kg/lote de fruta triturada en solución al 86% de humedad. Según la forma de obtención en laboratorio de este producto se produce a grandes escalas como se había propuesto en un principio en el estudio preliminar.

Primeramente se analiza la materia prima que en este caso es la fruta triturada sin semillas, son 200 kg/lote lo que representa que 200kg/lote*0.86=172 kg de agua y 28 kg de sólidos de fruta, las propiedades físicas son: **Viscosidad=μ=28 cps. P=0.9426 kg/lt. Cp=0.7723 kcal/kg*°C.**

También se requiere analizar la cantidad de azúcar que se agregará al proceso así como su dilución en agua, esto se muestra a continuación:

200 kg fruta/lote*45 %azúcar/55% fruta=**163.63 kg azúcar/lote** pero tiene que diluirse en agua para formar una solución al 25% por lo tanto,

163.63 kg azúcar/lote*75 %agua/25% azúcar=**490.9 kg agua/lote** sabemos que las propiedades físicas son: **Viscosidad=μ=4.5 cps. P=1.035 kg/lt. Cp=0.9215 kcal/kg*°C.**

Por lo tanto, la sol agua con azúcar será de **654.54 kg sol agua-azúcar/lote.**

Igualmente se conoce la cantidad de aditivos que deben ser mezclados con la fruta y el azúcar. Recordar que estos se agregan como un porcentaje del azúcar o endulcorante. Se prepara una solución al 10%.

- Ácido cítrico (0.2%) 0.32726 kg.
- Benzoato de Sodio (0.1%) 0.1636 kg.
- Sorbato de potasio (0.1%) 0.1636 kg.
- Pectina (2.0%) 3.2726 kg.
- Total 3.92712 kg aditivos/lote

Cantidad de agua requerida para la sol: $3.927 \text{ kg aditivos/lote} \cdot 90\% \text{ agua} / 10\% \text{ aditivos} = 35.344 \text{ kg agua/lote}$, por lo tanto la solución al 10% de aditivos será de **39.2712 kg/lote**. Y sus propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=16 \text{ cps}$. $P=0.96 \text{ kg/lt}$. $C_p=1.1719 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$.**

La mezcla que llena el tanque TA-301 es igual a: $(200 + 654.54 + 39.27) \text{ kg/lote} = \mathbf{893.81 \text{ kg/lote}}$, en donde respectivamente representan 22.37%, 73.23%, 4.39%. Por ello, el $C_{p_{\text{mezcla}}} = (0.7723 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(0.2237) + (0.9215 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(0.7323) + (1.1719 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(0.0439) = \mathbf{0.899 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}$. Este valor se obtiene porque se requiere encontrar el calor requerido para calentar o escaldar la mezcla mediante la inyección de vapor directamente al tanque mediante un serpentín de vapor, dicha mezcla se debe calentar desde $T_a=20^\circ\text{C}$ hasta $T_{eb}=96^\circ\text{C}$, por lo tanto, el calor requerido se obtiene de:
 $Q = (893.81 \text{ kg/lote})(0.899 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(96 - 20)^\circ\text{C} = 61068.67 \text{ kcal/lote}$, así pues, la cantidad de vapor requerido para este calentamiento viene dado por el siguiente análisis:

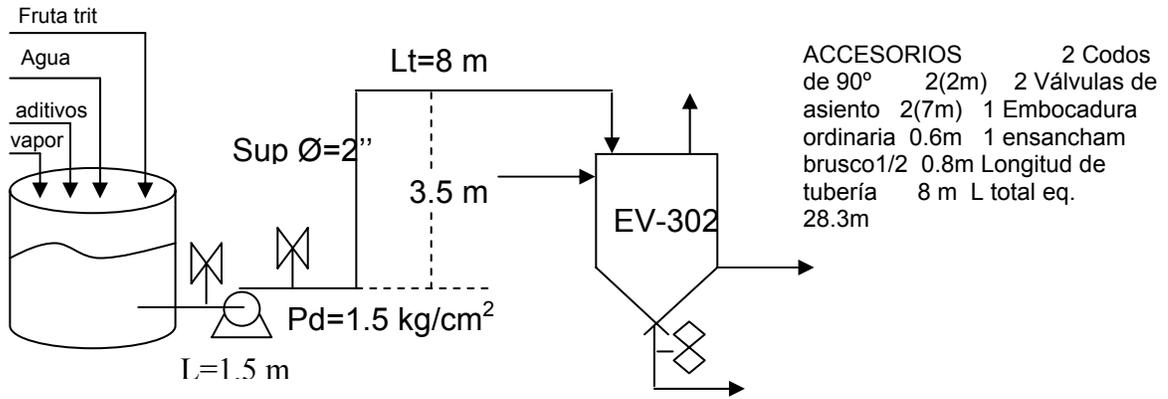
Condiciones del vapor de baja presión sobrecalentado a $T=175^\circ\text{C}$ y $P=4.5 \text{ kg/cm}^2$, sumaremos el calor sensible del vapor con el calor latente ya que se va a mezclar con la materia prima quedando con las condiciones de esta a $T=96^\circ\text{C}$, esto se muestra a continuación: $Dh_{\text{sens}}=654.7 \text{ kcal/kg}$ y $Dh_{\text{lat}}=671 \text{ kcal/kg}$, por lo tanto el calor total brindado por el vapor es de **$Dh_v=1324.7 \text{ kcal/kg}$** , igualmente el calor del vapor en la mezcla líquida a 96°C es igual **$Dh_l=95.01 \text{ kcal/kg}$** tomando en cuenta que ya es líquido saturado. Finalmente la cantidad de vapor requerido para escaldar la mezcla es igual a:
 $W_{\text{vap}} = 61.068.67 \text{ kcal/lote} / (1325.7 - 95.01) \text{ kcal/kg} = \mathbf{46.8 \text{ kg/lote}}$ vapor para escalde.

Dimensionamiento de los equipos.

TA-301 Tanque de mezcla inicial o tanque de escalde.

$W = (893.81 + 46.8) \text{ kg/lote} = 940.617 \text{ kg/lote}$. $T=70^\circ$. $P_m=960.66 \text{ kg/m}^3$. 1 lote se llena en 10 min. $W_m=94.06 \text{ kg/min}$, por lo tanto, $Q=W_m/P_m=0.0979 \text{ m}^3/\text{min}$. Suponemos $t_{\text{res}}=9$ y $L/D=3$ para sobredimensionar correctamente el equipo.

BA-301. Bomba de trasiego de mezcla inicial al evaporador.

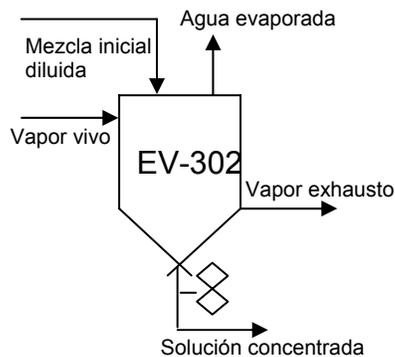


$W=940.617 \text{ kg/lote} * 1 \text{ lote} / 6 \text{ min} = 156.77 \text{ kg/min}$. $T=70^\circ\text{C}$. $P_m=960.66 \text{ kg/m}^3$.

Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.1632 \text{ m}^3/\text{min}=2.72 \text{ lt/seg}$. $u=10.08 \text{ cps}$.

EV-302 Evaporador principal de mermelada de pitaya.

$W_i=940.617 \text{ kg/lote}$.El tanque está enchaquetado para que el vapor circule.

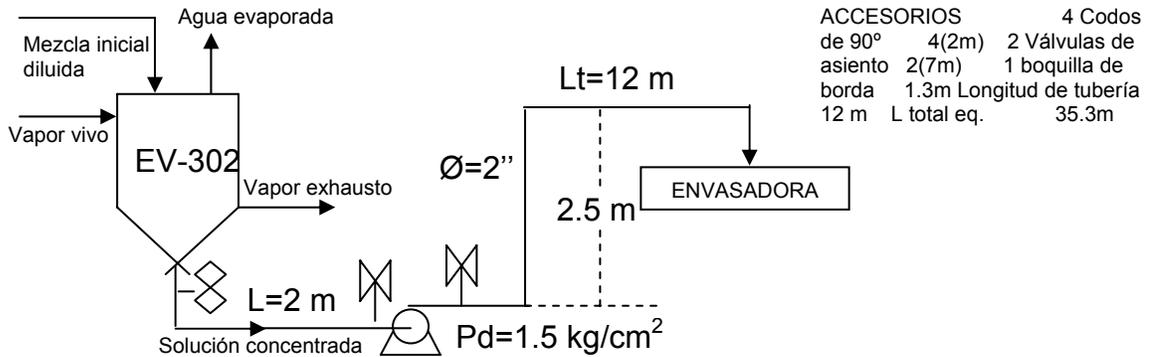


Sólidos requeridos 28
kg sólidos de fruta
163.63 kg de azúcar
0.1636 kg de benzoato Na
0.1636 kg de sorbato de K
3.2726 kg pectina
0.32726 kg ácido cítrico
195.557 kg/lote sólidos necesarios

La concentración inicial de sólidos es de 20.79%, reduciremos hasta en un 76% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (940.617 - 195.557) \text{ kg/lote} = 745.059 \text{ kg/lote} * 0.76 = 566.245 \text{ kg/lote}$ de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(745.059 - 566.245) \text{ kg/lote} = 178.814 \text{ kg/lote}$ y la cantidad de sólidos que requerimos es 195.557 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es igual a **374.37 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 52.23%.

Para conocer la capacidad calorífica con la que trabajará el evaporador hacemos la siguiente operación; $C_p m=0.899 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ y $C_p v=0.47 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, evaluando tomando en cuenta las composiciones en la mezcla hacemos lo siguiente:
 $C_p m t=(0.899 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.9502)+(0.47 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.0497)=\mathbf{0.8775 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}}$.

BA-302 Bomba de trasiego de mermelada a la envasadora.



$W=374.415 \text{ kg/lote} \cdot 1 \text{ lote}/2.5 \text{ min}=149.766 \text{ kg/min}$. $T=70^{\circ}\text{C}$. $P_m=870 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto:
 $Q=w/P_m=0.1721 \text{ m}^3/\text{min}=2.869 \text{ lt/seg}$. $\mu=997 \text{ cps}$.

Finalmente la producción final por cada lote será de **374 kg/lote**, se espera que se venda el producto en envases de ½ kg, por lo tanto, esto representa una producción de **748 envases** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$9/envase, por lo tanto las ganancias serán de; $\$9/\text{envase} \cdot 748 \text{ envases/lote}=\mathbf{\$6732/\text{lote}}$, suponemos que se procesan 5 lotes diarios. Finalmente las ganancias por día serán de: $\$6732/\text{lote} \cdot 5 \text{ lote/día}=\mathbf{\$33660/\text{día}}$. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá $\$33660/\text{día} \cdot 30 \text{ días}/1 \text{ mes}=\mathbf{\$1,009,800.00/\text{mes}}$.

5.6. Estudio técnico de un proceso de elaboración de yogurt de pitaya

En este proceso utilizaremos un 20% de fruta y un 80% de yogurt natural. Como vamos a emplear 100 kg/lote de pitaya triturada sin semillas la cantidad de yogurt que se requiere procesar será de $100 \text{ kg/lote fruta} \cdot 80\% \text{ yogurt}/20\% \text{ fruta}=400 \text{ kg/lote}$ de yogurt, el cual se prepara a partir de 400 kg/lote de leche semidescremada y 1% (4 kg/lote) de productos lácticos. Para hacer yogurt natural se requiere calentar la leche en un recipiente cerrado a 52°C durante 6 horas aproximadamente. Por otro lado, la fruta que se mezclará con el yogurt se concentra en otro evaporador para eliminar bacterias e impurezas y se mezclan hasta el final del proceso.

Regresando al proceso de producción de yogurt natural, se conoce las propiedades físicas de la leche, las cuales son: $u=6 \text{ cps}$, $p=0.987 \text{ kg/lt}$ y $C_p=0.7054 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, y se sabe que

se calentará a esta desde $T_i=20^\circ\text{C}$ hasta $T_d=52^\circ\text{C}$, por lo tanto, el calor requerido para este efecto de calentamiento será de:

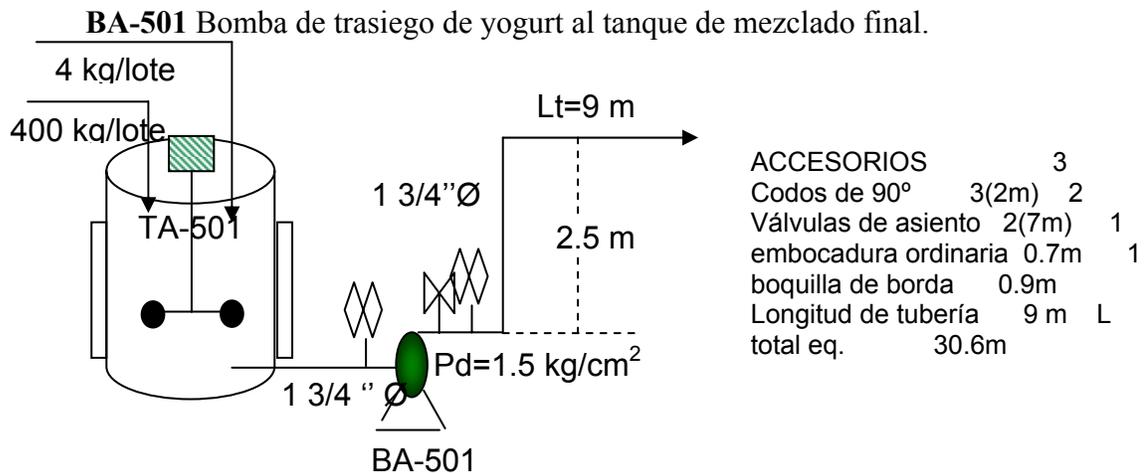
$Q=(404 \text{ kg/lote})(0.7054 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(52 - 20)^\circ\text{C}=9119.41 \text{ kcal/lote}$, así pues, la cantidad de vapor requerido para este calentamiento viene dado por el siguiente análisis:

Condiciones del vapor a $T=175^\circ\text{C}$ y $P=4.5 \text{ kg/cm}^2$ $h_1=671 \text{ kcal/kg}$ y las de condensación del vapor a esta misma presión $T_c=147.2^\circ\text{C}$ $h_2=148 \text{ kcal/kg}$

$W_{\text{vap}}=9119.41 \text{ kcal/lote}/(671-148)\text{kcal/kg}=17.4367\text{kg/lote} \cdot 1 \text{ lote}/6 \text{ hrs} \cdot 1\text{hr}/60 \text{ min}=0.02149 \text{ kg/min}$.

TA-501 Tanque enchaquetado para fermentación de la leche.

$W=404 \text{ kg/lote}$. $T=52^\circ\text{C}$. $P_m=987 \text{ kg/m}^3$. 1 lote se llena en 5 min. $W_m=80.8 \text{ kg/min}$, por lo tanto, $Q=W_m/P_m=0.08186 \text{ m}^3/\text{min}$. Suponemos $t_{\text{res}}=6$ y $L/D=3$ para sobredimensionar correctamente el equipo. El tanque debe contar con chaqueta de vapor de 0.5 cm de espesor con 1.8m de altura.



$W=404 \text{ kg/lote} \cdot 1 \text{ lote}/3.5 \text{ min}=115.43 \text{ kg/min}$. $T=20^\circ\text{C}$. $P_m=980.6 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.1177 \text{ m}^3/\text{min}=1.9618 \text{ lt/seg}$. $u=960 \text{ cps}$.

EV-502 Evaporador principal de fruta triturada.

Este proceso comprende 200 kg/lote de fruta triturada en solución al 86% de humedad. Según la forma de obtención en laboratorio de este producto presenta un nuevo diseño de proceso en comparación con el que se había indicado en el estudio preliminar.

Primeramente se analiza la materia prima que en este caso es la fruta triturada sin semillas, son 200 kg/lote lo que representa que $200\text{kg/lote} \cdot 0.86 = 172$ kg de agua y 28 kg de sólidos de fruta, las propiedades físicas de la fruta triturada son: **Viscosidad= $\mu=28$ cps. $P=0.9426$ kcal/kg*°C. $C_p=0.7723$ kcal/kg*°C.**

También se requiere analizar la cantidad de azúcar que se agregará al proceso así como su dilución en agua, esto se muestra a continuación:

200 kg fruta/lote*49 %azúcar/51% fruta=**192.16 kg azúcar/lote** pero tiene que diluirse en agua para formar una solución al 25% por lo tanto,
 192.16 kg azúcar/lote*75 %agua/25% azúcar=**576.47 kg agua/lote** sabemos que las propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=4.5$ cps. $P=1.035$ kg/lt. $C_p=0.9215$ kcal/kg*°C.**
 Por lo tanto, la sol agua con azúcar será de **768.63 kg sol agua-azúcar/lote**.

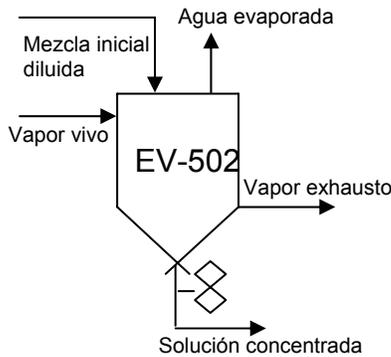
Igualmente se conoce la cantidad de aditivos que deben ser mezclados con la fruta y el azúcar. Recordar que estos se agregan como un porcentaje del azúcar o endulcorante. Se prepara una solución al 10%.

Ácido cítrico	(0.2%) 0.3843 kg.
Benzoato de Sodio	(0.1%) 0.1921 kg.
Sorbato de potasio	(0.1%) 0.1921 kg.
Total	0.7686 kg aditivos/lote

Cantidad de agua requerida para la sol: 0.7686 kg aditivos/lote*90 %agua/10%aditivos= 6.9176 kg agua/lote, por lo tanto la solución al 10% de aditivos será de **7.6862 kg/lote**. Y sus propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=16$ cps. $P=0.96$ kg/lt. $C_p=1.1719$ kcal/kg*°C.**

La mezcla que llena el tanque TA-301 es igual a: $(200 + 768.63 + 7.6862)\text{kg/lote} = \mathbf{976.3135}$ **kg/lote**, en donde respectivamente representan 20.48%, 78.72%, 0.787%. Por ello, el $C_{p\text{mezcla}} = (0.7723 \text{ kcal/kg*°C})(0.2048) + (0.9215 \text{ kcal/kg*°C})(0.787) + (1.1719 \text{ kcal/kg*°C})(0.00787) = \mathbf{0.8928}$ **kcal/kg*°C.**

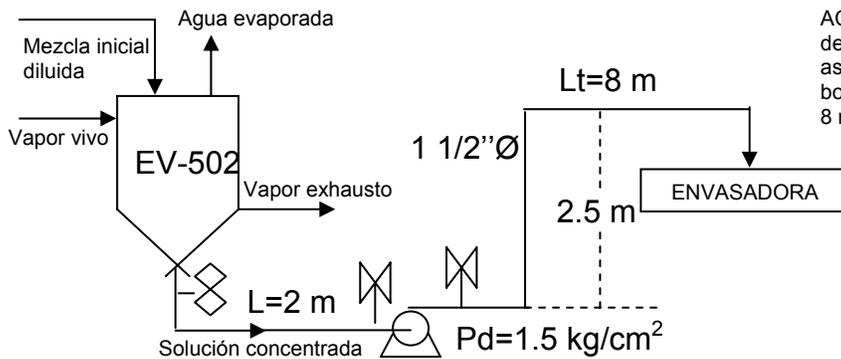
$W_i = 976.3135$ kg/lote .El tanque está enchaquetado para que el vapor circule.



Sólidos requeridos 28
 kg sólidos de fruta
 192.16 kg de azúcar
 0.1921 kg de benzoato Na
 0.1921 kg de sorbato de K
 0.3843 kg ácido cítrico
 220.925 kg/lote sólidos
 necesarios

La concentración inicial de sólidos es de 22.63%, reduciremos hasta en un 75% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (976.3135 - 220.9253) \text{ kg/lote} = 755.38 \text{ kg/lote} * 0.76 = 566.541 \text{ kg/lote}$ de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(755.38 - 566.541) \text{ kg/lote} = 188.847 \text{ kg/lote}$ y la cantidad de sólidos que requerimos es 220.925 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es igual a **409.77 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 53.91%. La evaporación durará 90 minutos.

BA-502 Bomba de trasiego de yogurt a la envasadora.



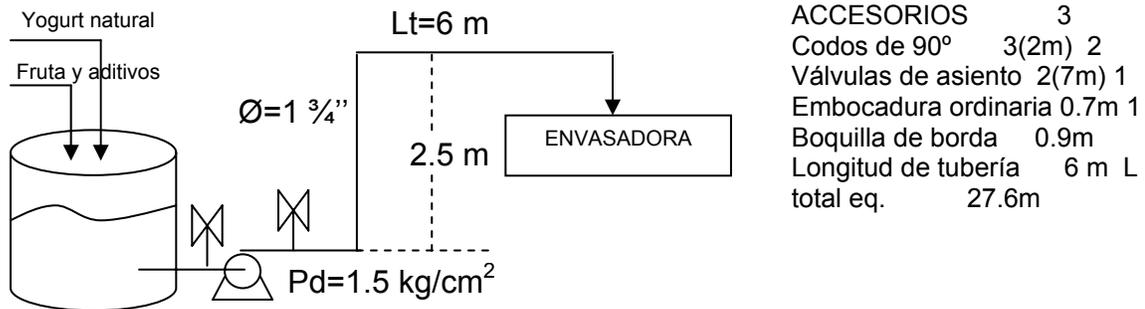
ACCESORIOS 4 Codos
 de 90° 4(2m) 2 Válvulas de
 asiento 2(7m) 1 boquilla de
 borda 0.9m Longitud de tubería
 8 m L total eq. 30.9 m

$W = 409.8 \text{ kg/lote} * 1 \text{ lote} / 3.6 \text{ min} = 113.834 \text{ kg/min}$. $T = 70^\circ\text{C}$. $P_m = 1430 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto:
 $Q = w / P_m = 0.0796 \text{ m}^3/\text{min} = 1.3267 \text{ lt/seg}$. $u = 903 \text{ cps}$.

TA-502 Tanque de mezcla del producto final.

$W=(404 + 409.8039)\text{kg/lote}=813.8\text{kg/lote}$. $T=52^{\circ}\text{C}$. $P_m=1049 \text{ kg/m}^3$. 1 lote se llena en 7 min. $W_m=116.257 \text{ kg/min}$, por lo tanto, $Q=W_m/P_m=0.1108 \text{ m}^3/\text{min}$. Suponemos $t_{res}=6$ y $L/D=3$ para sobredimensionar correctamente el equipo.

BA-503 Bomba de trasiego de yogurt a la envasadora.



$W=813.8 \text{ kg/lote} * 1 \text{ lote}/7 \text{ min}=116.257 \text{ kg/min}$. $T=50^{\circ}\text{C}$. $P_m=1049 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.1108 \text{ m}^3/\text{min}=1.8466 \text{ lt/seg}$. $u=86 \text{ cps}$.

Finalmente la producción final por cada lote será de **775 lt/lote**, se espera que se venda el producto en envases de 1 lt, por lo tanto, esto representa una producción de **775 envases** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$15/envase, por lo tanto las ganancias serán de; $\$15/\text{envase} * 775 \text{ envases/lote} = \mathbf{\$11625/lote}$, suponemos que se procesa 1 lote diario. Finalmente las ganancias por día serán de: $\$11625/\text{lote} * 1 \text{ lote/día} = \mathbf{\$11625/día}$. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá $\$11625/\text{día} * 30 \text{ días}/1 \text{ mes} = \mathbf{\$348,750.00/mes}$.

5.7. Estudio técnico de un proceso de elaboración de ate de pitaya

Este proceso abarca una producción de 100 kg/lote de pitaya triturada sin semillas al 86% de humedad. Según la forma de obtención en laboratorio de este producto se produce a grandes escalas como se había propuesto en un principio en el estudio preliminar.

Primeramente se analiza la materia prima que en este caso es la fruta triturada sin semillas, son 100 kg/lote lo que representa que $100\text{kg/lote} * 0.86 = 86 \text{ kg}$ de agua y 14 kg de sólidos de fruta, las propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=28 \text{ cps}$** . **$P=0.9426 \text{ kg/lt}$** . **$C_p=0.7723 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$** .

También se requiere analizar la cantidad de azúcar que se agregará al proceso así como su dilución en agua, esto se muestra a continuación:

100 kg fruta/lote*45 %azúcar/55% fruta=**81.81 kg azúcar/lote** pero tiene que diluirse en agua para formar una solución al 25%.

Por lo tanto,

81.81 kg azúcar/lote*75 %agua/25% azúcar=**245.45 kg agua/lote** sabemos que las propiedades físicas son: **Viscosidad= μ =4.5 cps. P=1.035 kg/lt. Cp=0.9215 kcal/kg*°C.**

Por lo tanto, la sol agua con azúcar será de **327.27 kg sol agua-azúcar/lote.**

Igualmente se conoce la cantidad de aditivos que deben ser mezclados con la fruta y el azúcar. Recordar que estos se agregan como un porcentaje del azúcar o endulcorante. Se prepara una solución al 10%.

Ácido cítrico	(0.2%) 0.1636 kg.
Benzoato de Sodio	(0.1%) 0.0818 kg.
Sorbato de potasio	(0.1%) 0.0818 kg.
Pectina	(1.0%) 0.8181 kg.
Total	1.1453 kg aditivos/lote

Cantidad de agua requerida para la sol: 1.1453 kg aditivos/lote*90 %agua/10%aditivos=10.307 kg agua/lote, por lo tanto la solución al 10% de aditivos será de **11.453 kg/lote**. Y sus propiedades físicas son: **Viscosidad= μ =16 cps. P=0.96 kg/lt. Cp=1.1719 kcal/kg*°C.** Cabe mencionar que los aditivos se inyectan en el segundo paso de evaporación y no requiere bomba para enviarla al evaporador.

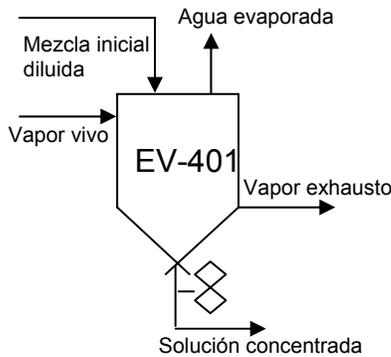
También se requiere la adición de pectina que igualmente entra al proceso como un porcentaje del azúcar o endulcorante, en este caso es el 2.5% correspondiendole 2.0452 kg de pectina que se debe de introducir en el segundo paso de evaporación.

La mezcla que llena al tanque EV-401 es igual a: $(100 + 327.27)\text{kg/lote} = \mathbf{427.27\text{ kg/lote}}$, en donde respectivamente representan 23.4%, 76.59%. Por ello, el $C_{p\text{mezcla}} = (0.7723\text{ kcal/kg*°C})(0.234) + (0.9215\text{ kcal/kg*°C})(0.7659) = \mathbf{0.8865\text{ kcal/kg*°C}}$. y la $p_{\text{mezcla}} = (0.9426\text{ kg/lt})(0.234) + (1.035\text{ kg/lt})(0.7659) = \mathbf{1.013\text{ kg/lt}}$.

EV-401 Evaporador principal del ate.

1er paso. $W_i=427.27$ kg/lote. 1 lote se llena en 5 minutos. $W_i=85.454$ kg/min. Por lo tanto, $Q=w/p=84.334$ lt/min= 0.08436 m³/min. Suponemos $t_{res}=7$ y $L/D=3$ para sobredimensionar correctamente el equipo.

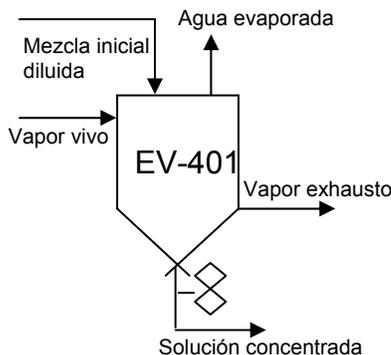
El tanque está enchaquetado para que el vapor circule.



Sólidos requeridos	14
kg sólidos de fruta	81.81
kg de azúcar	95.81
kg/lote sólidos necesarios	

La concentración inicial de sólidos es de 22.43%, reduciremos hasta en un 70% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (427.27 - 95.81)$ kg/lote = 331.46 kg/lote * 0.7 = 232.022 kg/lote de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(331.46 - 232.022)$ kg/lote = 99.438 kg lote y la cantidad de sólidos que requerimos es 95.81 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es gual a **195.248 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 49.07%. La evaporación durará 60 minutos.

2º paso. $W_i=225.103$ kg/lote.

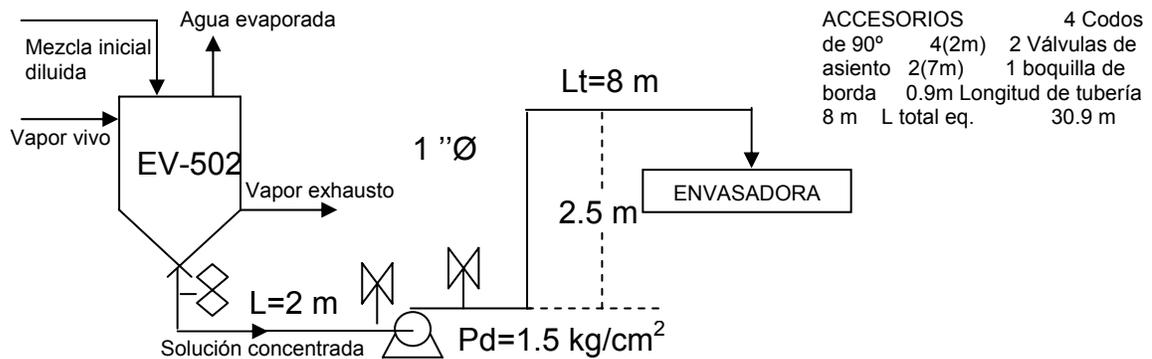


Sólidos requeridos	14
kg sólidos de fruta	81.81
kg de azúcar	1.1453 kg
de aditivos	2.0452 kg de
pectina	99 kg/lote
sólidos necesarios	

La concentración inicial de sólidos es de 43.98%, reduciremos hasta en un 80% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (225.103 - 99)$ kg/lote = 126.103

kg/lote*0.7=100.88 kg/lote de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(126.103-100.88)\text{kg/lote}=25.22\text{ kg lote}$ y la cantidad de sólidos que requerimos es 99 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es gual a **124.22 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 79.69%. La evaporación durará 25 minutos. Pero en esta parte el $C_{pm}=(0.8865\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.86738)+(0.1.1719\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.0508)+(0.989\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.0817)=\mathbf{0.90938\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}}$. $T_i=65^{\circ}\text{C}$, $T_{eb}=96^{\circ}\text{C}$.

BA-402 Bomba de trasiego de ate a la envasadora.



$W=124.2314\text{ kg/lote} * 1\text{ lote}/5\text{ min}=24.846\text{ kg/min}$. $T=70^{\circ}\text{C}$. $P_m=1830\text{ kg/m}^3$. Por lo tanto: $Q=w/P_m=0.01357\text{ m}^3/\text{min}=0.2263\text{ lt/seg}$. $u=1050\text{ cps}$.

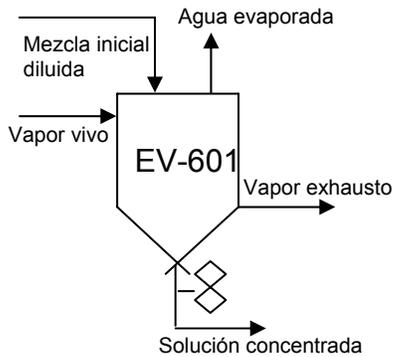
Finalmente la producción final por cada lote será de **124 kg/lote**, se espera que se venda el producto en envases de 1/2 kg, por lo tanto, esto representa una producción de **248 envases** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$10/envase, por lo tanto las ganancias serán de; $\$10/\text{envase} * 248\text{ envases/lote}=\mathbf{\$2480/\text{lote}}$, suponemos que se procesa 5 lotes diarios. Finalmente las ganancias por día serán de: $\$2480/\text{lote} * 5\text{ lote/día}=\mathbf{\$12400/\text{día}}$. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá $\$12400/\text{día} * 30\text{ días}/1\text{ mes}=\mathbf{\$372,000.00/\text{mes}}$.

5.8. Estudio técnico de un proceso de elaboración de jugo de pitaya.

Para este proceso se emplean 200 kg/lote de pitaya triturada sin semillas.

EV-601 Evaporador principal del jugo de pitaya.

1er paso. Se calienta la fruta para eliminar bacterias por un lapso de 10 minutos reduciendo un 2% de lo iniciado. $W_i=200\text{ kg/lote}$. Las propiedades físicas que se utilizarán en esta parte serán las de la fruta: $u=28\text{ cps}$, $p=0.9786\text{ kg/lt}$ y $C_p=0.7723\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$.



Sólidos requeridos 28
 kg sólidos de fruta 28
 kg/lote sólidos necesarios

La concentración inicial de sólidos es de 14%, reduciremos hasta en un 2% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (200 - 28) \text{ kg/lote} = 172 \text{ kg/lote} * 0.02 = 3.44 \text{ kg/lote}$ de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(172 - 3.44) \text{ kg/lote} = 168.56 \text{ kg/lote}$ y la cantidad de sólidos que requerimos es 28 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es igual a **196.56 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 14.245%. La evaporación durará 10 minutos.

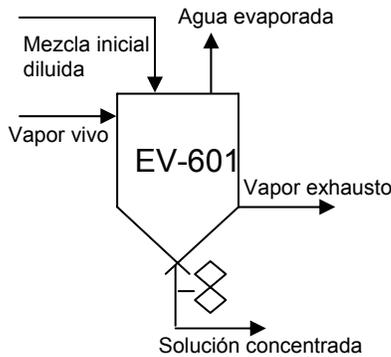
2º paso. Se requiere analizar la cantidad de azúcar que se agregará al proceso así como su dilución en agua, esto se muestra a continuación:

$200 \text{ kg fruta/lote} * 35 \% \text{ azúcar} / 65 \% \text{ fruta} = 107.69 \text{ kg azúcar/lote}$ pero tiene que diluirse en agua para formar una solución al 25% por lo tanto,
 $107.69 \text{ kg azúcar/lote} * 75 \% \text{ agua} / 25 \% \text{ azúcar} = 323.077 \text{ kg agua/lote}$ sabemos que las propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=4.5 \text{ cps}$. $P=1.035 \text{ kg/lt}$. $C_p=0.9215 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$.** Por lo tanto, la sol agua con azúcar será de **430.77 kg sol agua-azúcar/lote**.

Igualmente se conoce la cantidad de aditivos que deben ser mezclados con la fruta y el azúcar. Recordar que estos se agregan como un porcentaje del azúcar o endulcorante. Se prepara una solución al 10%.

Ácido cítrico (0.5%) 0.53845 kg.
 Benzoato de Sodio (0.1%) 0.1077 kg.
 Sorbato de potasio (0.1%) 0.1077 kg.
 Total 0.75383 kg aditivos/lote

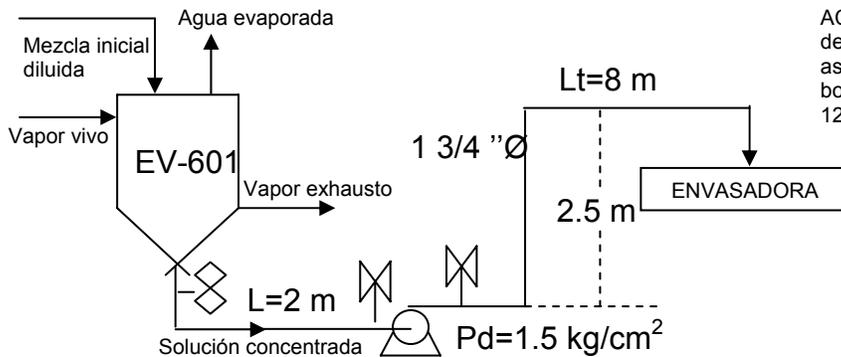
Cantidad de agua requerida para la sol: $0.75383 \text{ kg aditivos/lote} * 90 \% \text{ agua} / 10 \% \text{ aditivos} = 6.78447 \text{ kg agua/lote}$, por lo tanto la solución al 10% de aditivos será de **7.5383 kg/lote**. Y sus propiedades físicas son: **Viscosidad= $\mu=16 \text{ cps}$. $P=0.96 \text{ kg/lt}$. $C_p=1.1719 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$.** Cabe mencionar que los aditivos se inyectan en el segundo paso de evaporación y no requiere bomba para enviarlos al evaporador. Por lo tanto el $W = (196.56 + 430.77 + 7.5383) = 634.868 \text{ kg/lote}$



Sólidos requeridos 28 kg
 sólidos de fruta 107.69 kg
 de azúcar 0.53845 kg de
 ácido cítrico 0.1077 kg de
 sorbato de K 0.1077 kg de
 benzoato de Na
 136.4438 kg/lote sólidos
 necesarios

La concentración inicial de sólidos es de 21.49%, reduciremos hasta en un 70% de lo iniciado, por lo tanto $W_{mi} - W_s = W_{agua}$, $W_{agua} = (634.868 - 136.4438) \text{ kg/lote} = 498.424 \text{ kg/lote} * 0.7 = 348.896 \text{ kg/lote}$ de agua evaporada, por lo tanto, el agua restante es igual $(498.424 - 348.896) \text{ kg/lote} = 149.527 \text{ kg lote}$ y la cantidad de sólidos que requerimos es 136.4438 kg/lote, por ello, finalmente la mezcla concentrada final es igual a **285.74 kg/lote**, en donde la concentración final de sólidos es de 47.75%. La evaporación durará 70 minutos. Pero en esta parte el $C_{pm} = (0.7723 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.30997) + (0.9215 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.6793) + (1.1719 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C})(0.0107) = \mathbf{0.8779 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}}$. $T_i = 65^{\circ}\text{C}$, $T_b = 96^{\circ}\text{C}$.

BA-601 Bomba de trasiego de jugo a la envasadora.



ACCESORIOS 4 Codos de 90° 4(2m) 2 Válvulas de asiento 2(7m) 1 boquilla de borda 0.9m Longitud de tubería 12 m L total eq. 34.9 m

$W = 285.746 \text{ kg/lote} * 1 \text{ lote} / 2.5 \text{ min} = 114.2984 \text{ kg/min}$. $T = 70^{\circ}\text{C}$. $P_m = 998 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto: $Q = w / P_m = 0.11448 \text{ m}^3/\text{min} = 1.9088 \text{ lt/seg}$. $u = 17 \text{ cps}$.

Finalmente la producción final por cada lote será de **286 lt/lote**, se espera que se venda el producto en envases de 1/4 lt, por lo tanto, esto representa una producción de **1144 envases** por cada lote. Suponemos que venderemos el producto a \$5/envase, por lo tanto las

ganancias serán de: $\$5/\text{envase} \times 1144 \text{ envases}/\text{lote} = \$5720/\text{lote}$, suponemos que se procesa 8 lotes diarios. Finalmente las ganancias por día serán de: $\$5720/\text{lote} \times 8 \text{ lote}/\text{dia} = \$45760/\text{dia}$. Por lo tanto, mensualmente se obtendrá $\$45760/\text{dia} \times 30 \text{ dias}/1 \text{ mes} = \$2,745,600.00/\text{mes}$.



Figura 5.1. Proceso de la fabricación del licor de pitaya.

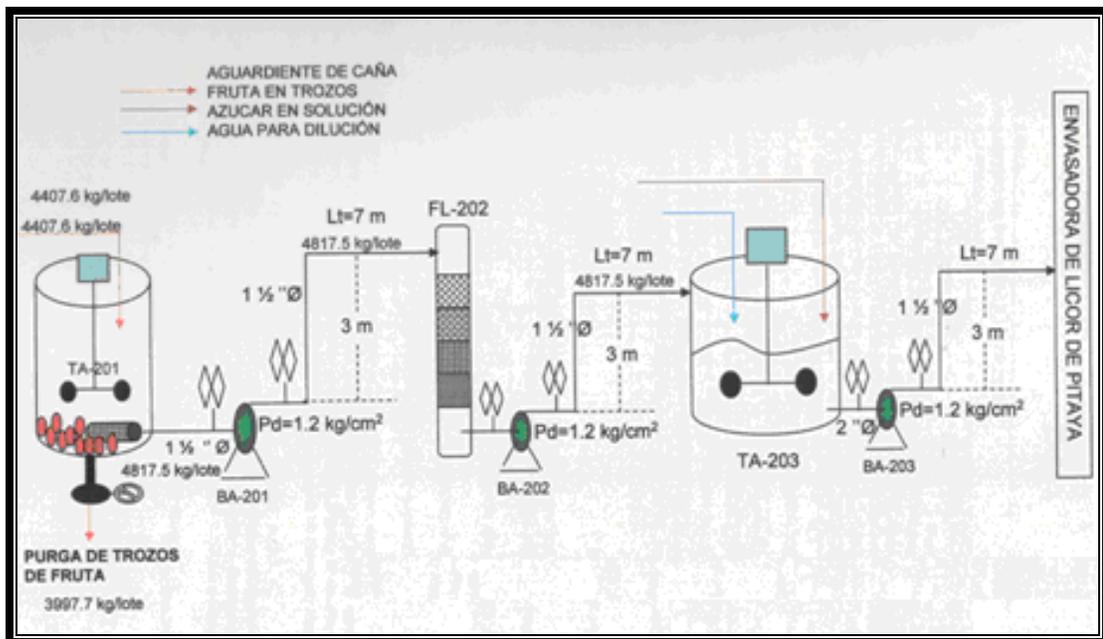


Figura 5.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de licor de pitaya

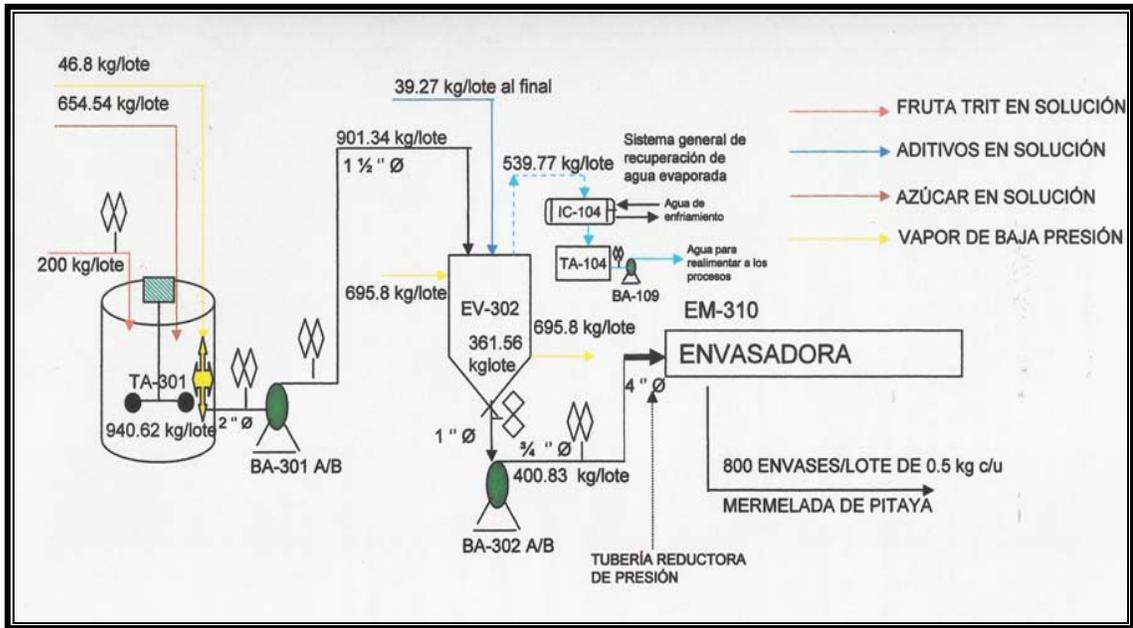


Figura 5.3. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mermelada de pitaya

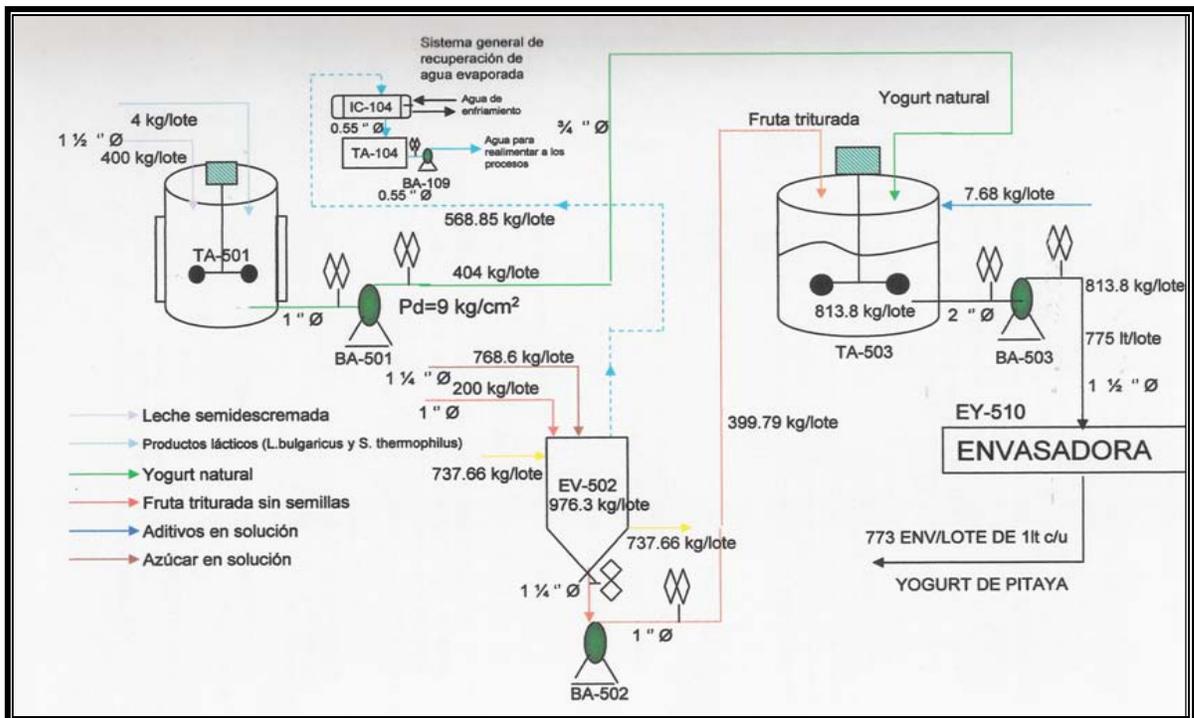


Figura 5.4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de yogurt de pitaya

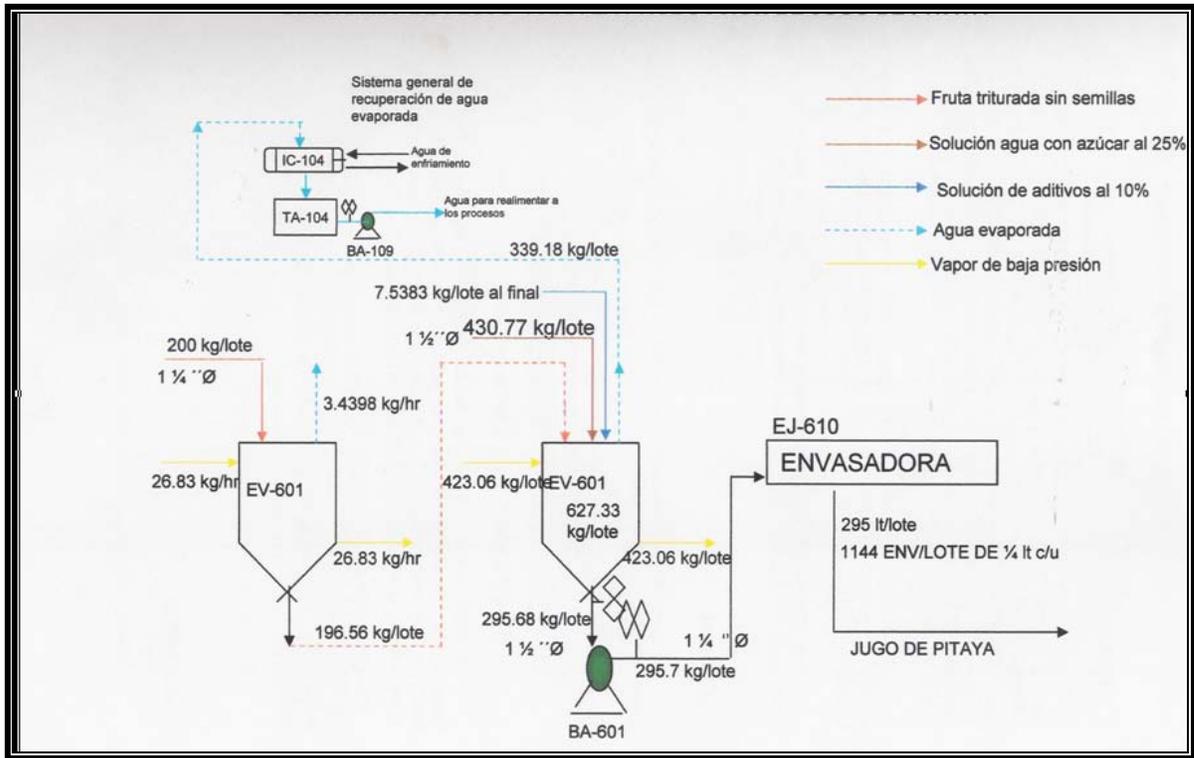


Figura 5.5. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de jugo de pitaya

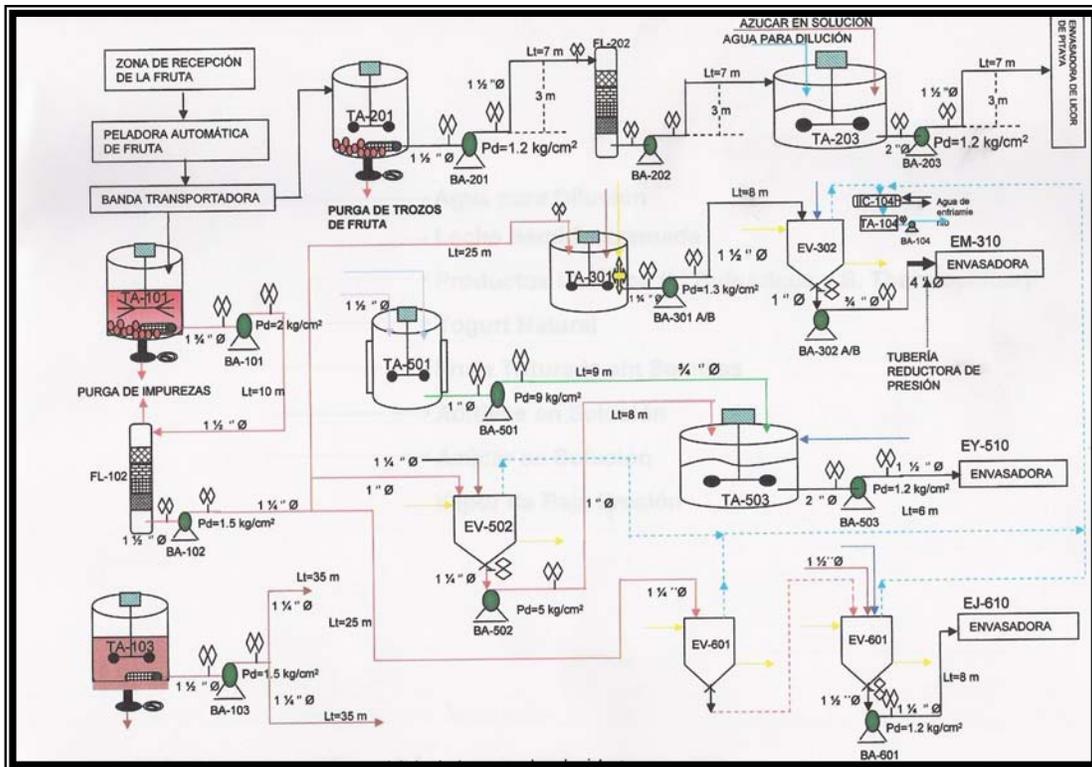


Figura 5.6. Diagrama de flujo general de planta procesadora de pitaya

5.9. Servicios auxiliares

Planta de tratamiento de aguas

Un análisis de toda el agua desmineralizada requerida para satisfacer todos los procesos en donde se requiera esta materia prima, dicho análisis se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 5.4. Consumo diario de agua desmineralizada en la planta ppp

Proceso	Consumo de agua (lt/lote)	# lotes/día	Consumo de agua (m ³ /día)
Alcohol. Agua para dilución azúcar	743	8	5.944
Alcohol. Agua para dism la concentración del mismo.	851	8	6.808
Mermelada. Agua mezcla inicial	350	5	1.750
Mermelada. Agua para sol aditivos	31	5	0.155
Ate. Agua mezcla inicial	50	5	0.250
Ate. Agua para sol azúcar	28	5	0.140
Ate. Agua para sol pectina	28	5	0.140
Yogurt. Agua para sol azúcar.	500	1	0.500
Yogurt. Agua para sol aditivos	140	1	0.140
Serv Aux. Agua para la caldera			51.33

Consumo diario de agua desmineralizada en la planta ppp.

El consumo normal de agua en la planta será de 67.157 m³/día, vamos a sobre diseñar en un 40% para dar un margen en caso de ampliación de la planta. Finalmente requerimos una planta de tratamiento de aguas con unidades catiónicas, aniónicas y de lecho mixto para una mejor calidad en el producto. Cotizando de manera independiente se obtiene un precio de **\$500,000** aproximadamente que nos ayuda para realizar la evaluación económica para verificar si existe factibilidad en el proyecto.

Caldera de vapor

El análisis del vapor requerido para abastecer los requerimientos de calentamiento de la planta se puede visualizar de una mejor manera en el Cuadro 4.5:

Cuadro 5.5. Consumo diario de vapor demandado por la planta procesadora de pitaya

Equipo	Consumo de vapor (kg/min)	Duración de 1 lote en min	Consumo de vapor (kg/lote)	# lotes/día	Consumo de vapor (kg/día)
IC-203	10.23	5	51.14	8	409.12
IC-204'	140.315	5	701.575	8	5612.6
IC-205	137.05	5	685.25	8	5482
IC-206'	121.78	15	1826.76	8	14614.08
IC-207	110.325	5	551.63	8	4413.04
IC-208'	74.72	10	747.2	8	5977.6
TA-301	5.35	10	53.537	5	267.68
EV-302	22.086	60	1325.15	5	6625.75
EV-402 1er paso	4.497	30	135	5	675
EV-402 2° paso	1.466	40	58.67	5	293.35
EV-502 1er paso	32.94	180	5929.2	1	5929.2
EV-502 2° paso	17.187	60	1031.23	1	1031.23

Sumando los consumos diarios de vapor podemos verificar la capacidad específica del generador de vapor que requerimos instalar en la planta para satisfacer los procesos de calentamiento. Este valor es igual a **51330.65 kg/día**, esto es igual a **2138.77 kg/hr**. Sobre diseñando en un 40% para dar un margen óptimo para incrementar la capacidad de la planta, dejamos la capacidad de la caldera en **3000 kg/hr**.

Torre de enfriamiento.

Igualmente los requerimientos de la torre de enfriamiento se pueden visualizar en el cuadro 4.6:

Cuadro 5.6. Consumo de agua de enfriamiento diario en la planta ppp

Equipo	Consumo de agua (lt/min)	Duración de 1 lote en min	Consumo de agua (lt/lote)	# lotes/día	Consumo de agua (m ³ /día)
IC-204	50.15	5	250.77	8	2.006
IC-206	1093.1	15	16396.61	8	131.18
IC-208	4748.48	10	47484.84	8	379.88

Consumo de agua de enfriamiento diario en la planta ppp.

Sumando los consumos diarios de agua de enfriamiento podemos verificar la capacidad específica de la torre de enfriamiento que requerimos instalar en la planta para satisfacer los procesos de enfriamiento. Este valor es igual a **513.066 m³/dia**, esto es igual a **21.38 m³/hr**. Sobrediseñando en un 40% obtenemos un valor de capacidad adecuado en caso de futuras ampliaciones de la planta, este valor final de la capacidad de la torre de enfriamiento es **30 m³/hr**.

6. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PITAYA

El valle de Tehuacan a demostrado que es una zona idónea para instalar la planta, debido a que es el mejor centro de acopio de la materia prima que se pretende procesar.

San Lorenzo Teotipilco, por las caractrísticas que se presentan a continuación, resulta ser una buena opción de construcción de la planta procesadora:

Por contar con mano de obra capacitada; buen nivel de escolaridad; una buena distribución de agua potable; facil acceso y abastecimiento de combustible (gas LP); rutas de distribución de los productos procesados.

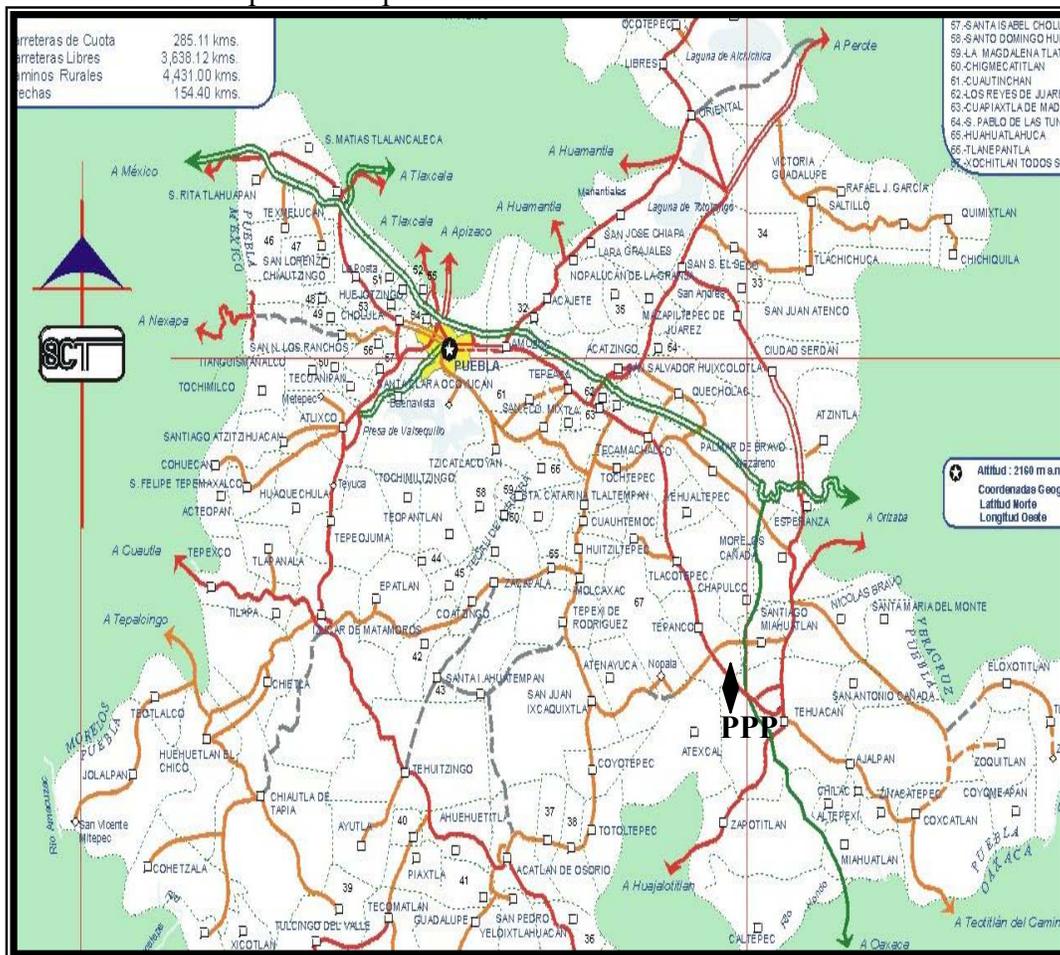


Figura 6.1. Mapa y ubicación en la zona de Puebla.5.2. Estudio de Factibilidad

Estudio de la localización de la planta.

Debido a todos los estudios de mercado referentes con la oferta y demanda de la pitaya en México, podemos seleccionar un lugar cercano con la ciudad de Tehuacan, Puebla., para instalar la planta. Uno de las principales ventajas para realizar dicha selección es que Tehuacan es el centro de acopio de pitaya más importante del país. También cuenta con la mano de obra capacitada para poder operar y dar mantenimiento a la planta procesadora de pitaya, esto debido a que se cuenta con un buen nivel de escolaridad en esa región. Así mismo, esta región cuenta con una buena distribución de agua potable por encontrarse rodeado de zonas montañosas donde las precipitaciones anuales son constantes.

CONCLUSIONES

Actualmente el cultivo de la pitaya es una de las mejores opciones económicas y productivas para la región Mixteca, aun en las condiciones limitativas de precipitación pluvial y suelo donde se desarrolla, e incluso el mínimo manejo que se le da a las plantaciones. Sin embargo, se requiere revalorar este importante frutal mediante investigación, validación y transferencia de tecnología considerando los tres eslabones de la cadena que permitan aprovechar el amplio potencial de esta especie. Así mismo, se debe avanzar paralelamente en la generación de tecnologías que permitan mejorar los rendimientos y la calidad del fruto, producción en épocas oportunas, valor agregado al producto y la comercialización.

Se puede concluir que los resultados se obtuvieron con éxito, ya que se presentaron los productos los cuales tuvieron buena aceptación por parte del degustador.

Los objetivos fueron logrados en base al estudio intenso de las características de cada uno de los componentes de cada producto, así como la formulación adecuada para la estabilización de la misma por lo que se definió una formulación definitiva para los productos elaborados.

Las pitayas son recolectadas en México sobre todo para el consumo familiar, aunque generalmente son objeto de comercio en los mercados regionales. Sin embargo, pueden representar una fuente alternativa para su procesamiento

La pitaya por su diversidad de colores, su adaptabilidad a los climas, su creciente demanda en el mercado internacional, su rentabilidad y la necesidad de encontrar productos sustitutos a los cultivos tradicionales de escaso margen de utilidad, hacen de estos frutos una excelente opción para el desarrollo de la sociedad rural mexicana que habita en las zonas de producción marginal.

La combinación racional creativa de factores ya sea utilizando factores antimicrobianos tradicionales, “Nuevos” factores físicos que no involucran tratamiento térmico o sistemas antimicrobianos naturales, puedan dar lugar no sólo a la optimización de tecnologías tradicionales sino al desarrollo de tecnologías de conservación que signifique una verdadera innovación en la industria alimentaria, obteniéndose productos de alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ABUBAKAR, A.; Saito, T.; Kitazawa, H.; Kawai, Y. y Itoh, T. 1998. Structural analysis of new antihypertensive peptides derived from cheese whey protein by proteinase K digestion. Journal of Dairy Science. 81:3131–3138.
- ANDREOTTI, R., Tomasicchio, M., De Giorgi, A. & Palmas, D. (1985). Conservazione di pesche parzialmente disidratate per osmosi diretta. Industria Conserve. 60:96-8
- ANZALDUA MORALES A. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia.
- ARREOLA, N.H. 1999. "Taxonomía del pitayo *Stenocereus B.R.*" En: E. Pimienta B. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco A. C. P.234.
- ARTEY D. Dennis C.; Métodos de conservación. Editorial Acribia, S.A.
- BISWAL, R.N. & Bozorgmehr, K. Tompkins, F.D. & Liu, X. (1991). Osmotic concentration of green beans prior to freezing. J. Food Sci., 56,1008-12.
- BRAVO H., H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pp 62-83.
- BRENAN, J.G. Butters: Cowell. 2000. Conservación de frutas y hortalizas.
- BYLK, A. 1979. Extractive Fraction of Betalaines. J. Food Sci. 44: 1249-1251.
- CAMACHO G., 1992 Uso de las pulpas de frutas. Memorias del curso Obtención y control de calidad de pulpas de frutas. ICTA, Univ. Nacional de Colombia. Bogotá.
- CHARLEY. 1999. Tecnología de alimentos "Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos". Editorial Limusa.
- CRUZ H., J.P. Caracterización del fruto de cuatro tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus Riccobono*), Universidad Autónoma Chapingo-CP. 1985, tesis de maestría, 59p.
- DELGADO Vargas F.A.R. Jiménez y O. Paredes López 2000. Natural pigments: Carotenoids, Anthocyanins and Betalains- Characteristics, Biosíntesis. Processing and Stability. Crit. Rev. Foosci. Nutr. 40 (3): 173-289.

DURAN R. G.; Usos del cactus; encontrado en <http://www.lemonlovers.de/pitaco.html2002>

FELGER, R. S., and M. B. Moser. "Columnar Cacti in Seri Indian Culture", The Kiva, 39 (3-4), 1974, pp.257-275.

FUGLSANG, A.; Nilsson, D. y Nyborg, N.C.B. 2002. Cardiovascular effects of fermented milk containing angiotensin-converting enzyme inhibitors evaluated in permanently catheterized, spontaneously hypertensive rats. Applied Environmental Microbiology, 68:3566–3569.

GILBERT, C.; Blanc, B.; Frot-Coutaz, J.; Portalier, R. y Atlan, D. 1997. Comparison of cell surface proteinase activities within the Lactobacillus genus. The Journal of Dairy Research. 64:561–571.

GIBSON, A. C., and K.E. Horak. "systematic Anatomy and Phylogeny of Mexican Columnar Cacti", Annals of the Missouri Botanical Garden 65 (4), 1978, pp.999-1057.

GIBSON, A. C., and P.S. Nobel. The cactus primer. Cambridge, Mass., 1986, The Harvard University Press, 286p.

GONZALEZ, Q. L. 1972. Las cactáceas subfósiles de Tehuacan, Pue. Cac. Suc. México 17 (1) 15 p.

HOLSDWORTH. Conservación de frutas y hortalizas. Editorial Acribia, España Num. 186.

LECLERCA, P.L.; GAUTHIERA, S.F.; Bachelardb, H., Santureb, M. y Royc, D. 2002. Antihypertensive activity of casein-enriched milk fermented by Lactobacillus helveticus. International Dairy Journal. 12:995-1004.

MARTÍNEZ G., J. 1993. Caracterización de tipos de pitaya Stenocereus griseus Haworth en la Mixteca. Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo, Mex. Pag. 125.

MINISTERIO DE SALUD. Ley 09 de 1.979 Resolución 7992 del 21 junio de 1.991. "Elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas edulcoradas y refrescos de frutas".

MORENO Alvarez, M. J.,A. Victoria Matos y D. Belén 2002. Degradación de Betalainas en remolacha (Beta Vulgaris L.). Estudio Cinético. Revista Científica . FVC-LUZXII (2): 133-136.

NELSON P., & Tressler. D., 1.980. Fruit and vegetable juice processing technology. Third Ed. Avi Pub. Co. Westport, Connecticut.

PIMIENGA, B.E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara, fundación Produce Jalisco A. C. P. 234.

P.FELLOWS, Tecnología de los alimentos. Editorial Acribia.

ROSALES M.O.; La vida de las zonas áridas: Editorial Oceanica; 1996.

SALGADO. C. Mahecha., G. Camacho. G., 1.991 Aprovechamiento del lactosuero en la elaboración de néctares. Tesis de pregrado ICTA, - Veterinaria Univ. Nacional de Colombia. Bogotá

SALCEDO, P. E., y H. J. Arreola N. “El cultivo del pitayo en Techaluta, Jalisco”, Cact. y Suc. Méx., 36,1991, pp. 84-91.

SAPERS,G.M. y J.S. Horstein. 1979. Varietal Differences in Colorant properties and Stability of red Beet Pigments. J. Food. Sci. 44: 1245:1248.

<http://www.invdes.com.mx/anteriores/Noviembre2001/htm/frutos.html>

http://www.conabio.gob.mx/institución/conabio_espanol/doctos/biodiversidad.pdf

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rigsmesaeps.html>

http://www.desert-tropicalsd.com/plants/suc_names_Y.html

http://www.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap_apb/2Mival=/SIACON/agc_estado.html

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos del proyecto “Agroindustrialización de pitaya y en la Mixteca Poblana”. aprobado por el Fondo Mixto CONACyT- Gobierno del Estado de Puebla, al cual se agradece el apoyo financiero. Proyecto No. 9034
Responsable técnico: Dra. Claudia Santacruz Vázquez

PATROCINADORES



Alumnos participantes en el proyecto



Dra. Verónica Santacruz Vázquez. Obtuvo la licenciatura en Ingeniería Química por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en 1995. Obtuvo una Maestría en Ciencias con especialidad en alimentos en el 1997 y una segunda Maestría en Ingeniería Química con especialidad en Proyectos en el 2004. Actualmente es estudiante de doctorado en Ciencias con especialidad en Alimentos en el Instituto Politécnico Nacional. Es profesora Investigadora Asociada tiempo completo de la Escuela de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla desde 1995. Fundadora del programa de Ingeniería de Alimentos, BUAP. Trabaja en la línea de Investigación Ingeniería y Tecnología de Frutas y Vegetales.



Dra. Claudia Santacruz Vázquez. Obtuvo la licenciatura en Ingeniería Química por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en 1992. Obtuvo la Maestría en Ciencias con especialidad en alimentos en el 1997. Doctorado en ciencias en alimentos 2008. En el Instituto Politécnico Nacional. Es profesora Investigadora Asociada tiempo completo de la Escuela de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla desde 1996. Fundadora del programa de Ingeniería de Alimentos, BUAP. Trabaja en la línea de Investigación Ingeniería y Tecnología de Frutas y Vegetales.



Dr. Víctor Huerta Espinosa.

Obtuvo la licenciatura en Ingeniería Química por la Universidad Autónoma de Puebla en 1978. Obtuvo la Maestría en Ciencias con especialidad en alimentos en Oregon State University, Corvallis, Oregon. U. S. A. 1979-82, M.S. Food Science & Technology en el 1997. Doctorado en Universidad de La Habana, Cuba.2000-2005. Ph D. Food Science. Es profesor Investigador Titular tiempo completo de la Escuela de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla desde 1988. Trabaja en la línea de Investigación Ingeniería y Tecnología de Frutas y Vegetales.