



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE UNA BEBIDA DE HOJA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*), PARA
LA EMPRESA VITA TUNA.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: DAYANA GABRIELA CHÁVEZ ECHEVERRÍA

TUTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Dayana Gabriela Chávez Echeverría

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto técnico con título “**Diseño del proceso industrial para la obtención de una bebida de hoja de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la Empresa Vita Tuna**”, de responsabilidad de la señorita Dayana Gabriela Chávez Echeverría, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mabel Mariela Parada, Msc.

.....

.....

**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Zoila Valeria Tapia, Msc.

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Dayana Gabriela Chávez Echeverría, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, Noviembre del 2018

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación con todo mi amor, a mis padres Luis y Nancy por ser los amores de mi vida, quienes desde mi primer día de vida velaron por mi bienestar, por todos sus esfuerzos y sacrificios, por darme siempre lo mejor, por su entrega diaria, su apoyo incondicional, por su amor infinito, por ser mi motivo, mi ejemplo y mi inspiración. A mis hermanas Ámbar y Antonella, por ser esos angelitos que alumbran mi vida y la llenan de amor y alegría, por ser mis cómplices, mis mejores amigas, mis consejeras, porque este es el inicio del logro de mis sueños y es gracias a ellos que hoy es una realidad.

DAYANA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen Auxiliadora por bendecirme, guiar mi camino y cubrir mi vida con su manto celestial. A mi padre Luis Chávez por ser ese ser humano de calidad, ese padre entregado, responsable, trabajador, por todo el amor que me brinda, por ser mi ejemplo, mi apoyo, por sus palabras de aliento, por cada consejo, por creer en mí y jamás dejarme sola, porque quien soy ahora es gracias a él. A mi madre Nancy Echeverría por ser la mejor madre del mundo, porque no hay mujer más entregada, colaboradora, entusiasta y trabajadora que ella, por todo su amor, por su sacrificio, por siempre estar pendiente de mí, por su confianza, porque además de ser mi madre es mi inspiración, mi confidente, mi amiga y mi consejera, porque todo se lo debo a ella. A mis hermanas Ámbar y Antonella porque son mi motor y mi más grande regalo, por ser dos mujercitas llenas de valores y amor de quienes siempre aprendo cosas nuevas y cada día me siento orgullosa. A mis abuelos Maru y Jorge por todo su amor, por su confianza, por siempre estar pendientes de mí.

A toda mi familia por siempre estar a mi lado y creer en que podía alcanzar este logro. A mis amigos por todo el tiempo y momentos compartidos en estos años, por estar junto a mí en las buenas y en las malas.

Además mi sincero agradecimiento a la Ingeniera Mabel Parada por ser mi guía a lo largo del trabajo de titulación, por su tiempo y colaboración para que el mismo sea culminado con éxito, de la misma forma a la Ingeniera Valeria Tapia por las enseñanzas impartidas y el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN..... xvi

ABSTRACT..... xvii

CAPÍTULO I

| | | |
|------------------|--|-----------|
| 1. | DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. | Identificación del problema | 1 |
| 1.2. | Justificación del Proyecto..... | 2 |
| 1.3. | Línea base del proyecto..... | 2 |
| <i>1.3.1.</i> | <i>Antecedentes de la empresa.....</i> | <i>2</i> |
| <i>1.3.2.</i> | <i>Marco conceptual.....</i> | <i>3</i> |
| <i>1.3.2.1.</i> | <i>Tuna o nopal (Opuntia ficus-indica).....</i> | <i>3</i> |
| <i>1.3.2.2.</i> | <i>Origen y Taxonomía</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3.2.3.</i> | <i>Descripción botánica.....</i> | <i>5</i> |
| <i>1.3.2.4.</i> | <i>Cladodio del nopal</i> | <i>6</i> |
| <i>1.3.2.5.</i> | <i>Composición química del cladodio de nopal</i> | <i>7</i> |
| <i>1.3.2.6.</i> | <i>Beneficios del consumo de tuna</i> | <i>8</i> |
| <i>1.3.2.7.</i> | <i>La tuna como recurso natural</i> | <i>8</i> |
| <i>1.3.2.8.</i> | <i>Jugos y bebidas a base de nopal</i> | <i>10</i> |
| <i>1.3.2.9.</i> | <i>Cosecha de los cladodios</i> | <i>10</i> |
| <i>1.3.2.10.</i> | <i>Manejo post cosecha</i> | <i>11</i> |
| <i>1.3.2.11.</i> | <i>Operaciones unitarias para la obtención de la bebida de hoja de tuna.....</i> | <i>11</i> |
| <i>1.3.2.12.</i> | <i>Estado actual del proceso de elaboración de la Bebida de Hoja de Tuna</i> | <i>14</i> |
| 1.4. | Beneficiarios directos e indirectos..... | 16 |
| <i>1.4.1.</i> | <i>Beneficiarios directos</i> | <i>16</i> |
| <i>1.4.2.</i> | <i>Beneficiarios indirectos.....</i> | <i>16</i> |

CAPÍTULO II

| | | |
|-------------|------------------------------------|-----------|
| 2. | OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 17 |
| 2.1. | Objetivo general..... | 17 |
| 2.2. | Objetivos Específicos..... | 17 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------------|--|------------------|
| 3. | ESTUDIO TÉCNICO | 18 |
| 3.1. | Localización del proyecto | 18 |
| 3.2. | Ingeniería del Proyecto..... | 19 |
| 3.2.1. | <i>Tipo de estudio.....</i> | <i>19</i> |
| 3.2.2. | <i>Metodología</i> | <i>19</i> |
| 3.2.3. | <i>Técnicas</i> | <i>20</i> |
| 3.2.4. | <i>Caracterización físico-química de la materia prima (hoja de tuna).....</i> | <i>28</i> |
| 3.2.4.1. | <i>Descripción de la toma de muestra de la materia prima.....</i> | <i>28</i> |
| 3.2.4.2. | <i>Resultados de la caracterización de la Materia Prima</i> | <i>28</i> |
| 3.2.5. | <i>Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de la bebida de hoja de tuna.</i> | <i>29</i> |
| 3.2.5.1. | <i>Requerimientos de Materiales, Equipos y Reactivos.....</i> | <i>29</i> |
| 3.2.5.2. | <i>Descripción del proceso a nivel de laboratorio.</i> | <i>30</i> |
| 3.2.5.3. | <i>Variables y parámetros del proceso</i> | <i>39</i> |
| 3.2.6. | <i>Diseño de ingeniería para la obtención de una bebida de hoja de tuna a escala industrial.....</i> | <i>40</i> |
| 3.2.6.1. | <i>Balance de masa.</i> | <i>40</i> |
| 3.2.6.2. | <i>Balance de energía</i> | <i>49</i> |
| 3.2.6.3. | <i>Diseño de un tanque de agitado</i> | <i>53</i> |
| 3.2.6.4. | <i>Resultados del diseño del tanque de agitado.</i> | <i>60</i> |
| 3.2.7. | <i>Validación del proceso mediante el análisis sensorial y la caracterización físico-química y microbiológica de la bebida.....</i> | <i>60</i> |
| 3.2.7.1. | <i>Análisis sensorial</i> | <i>60</i> |
| 3.2.7.2. | <i>Caracterización físico-química y microbiológica de la bebida de hoja de tuna</i> | <i>69</i> |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.3. | Proceso de producción..... | 71 |
| 3.3.1. | <i>Materia prima, insumos y aditivo</i> | 71 |
| 3.3.2. | <i>Diagrama del nuevo proceso para la elaboración de la Bebida de Hoja de Tuna.....</i> | 72 |
| 3.3.3. | <i>Descripción del proceso para la elaboración de la bebida de hoja de tuna</i> | 73 |
| 3.3.4. | <i>Formulación de materia prima y aditivos a escala industrial</i> | 74 |
| 3.3.5. | <i>Distribución de la planta.....</i> | 75 |
| 3.3.5.1. | <i>Descripción de las áreas de la planta productora de la bebida de hoja de tuna.....</i> | 75 |
| 3.3.5.2. | <i>Capacidad de producción.....</i> | 76 |
| 3.4. | Requerimientos de tecnología, equipos y maquinarias..... | 76 |
| 3.4.1. | <i>Equipos para el proceso.</i> | 76 |
| 3.4.2. | <i>Requerimiento de equipos y materiales a nivel de laboratorio.</i> | 77 |
| 3.5. | Análisis de costo/beneficio del proyecto | 78 |
| 3.5.1. | <i>Inversión fija</i> | 78 |
| 3.5.2. | <i>Determinación de egresos</i> | 80 |
| 3.5.3. | <i>Financiamiento</i> | 81 |
| 3.5.4. | <i>Costos totales de inversión fija y egresos.....</i> | 81 |
| 3.5.5. | <i>Determinación de Ingresos anuales</i> | 82 |
| 3.5.6. | <i>Cálculo de Valor actual neto, Tasa de retorno interno y Período de recuperación.....</i> | 82 |
| 3.6. | Cronograma de ejecución del proyecto..... | 86 |
| | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 87 |
| | CONCLUSIONES..... | 90 |
| | RECOMENDACIONES..... | 92 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Taxonomía de la tuna | 4 |
| Tabla 2-1: Composición química proximal de cladodios de nopal. Expresado en base húmeda..... | 8 |
| Tabla 3-3: Localización Empresa Vita Tuna | 18 |
| Tabla 4-3: Técnicas para la caracterización fisicoquímica de la materia prima | 21 |
| Tabla 5-5: Características físicas de la hoja de tuna seleccionada..... | 28 |
| Tabla 6-3: Caracterización físico-química de la materia prima (hoja de tuna)..... | 29 |
| Tabla 7-3: Materiales, equipos y reactivos | 30 |
| Tabla 8-3: Datos para cálculo de porcentaje de defectuosos | 31 |
| Tabla 9-3: Datos para el contenido de pulpa..... | 34 |
| Tabla 10-3: Volumen obtenido de la bebida una vez filtrada la mezcla..... | 36 |
| Tabla 11-3: Valores máximos permitidos para aditivos | 38 |
| Tabla 12-3: Variables y parámetros a controlar en el proceso..... | 39 |
| Tabla 13-3: Criterios generales para el diseño de un tanque agitado..... | 56 |
| Tabla 14-3: Resultado del diseño del tanque de agitado..... | 60 |
| Tabla 15-3: Numeración aleatoria para las bebidas de hoja de tuna a ser evaluadas por los jueces afectivos | 62 |
| Tabla 16-3: Resultados del nivel de aceptación de la bebida por parte de los jueces afectivos..... | 63 |
| Tabla 17-3: Tabla de contingencia, parámetro sabor | 64 |
| Tabla 18-3: Tabla de contingencia, parámetro color | 64 |
| Tabla 19-3: Tabla de contingencia, parámetro aroma..... | 64 |
| Tabla 20-3: Tabla de contingencia, parámetro consistencia | 65 |
| Tabla 21-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro sabor..... | 65 |
| Tabla 22-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro color..... | 66 |
| Tabla 23-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro aroma | 66 |
| Tabla 24-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro consistencia..... | 66 |
| Tabla 25-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro sabor)..... | 67 |
| Tabla 26-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro color) | 67 |
| Tabla 27-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro aroma) | 67 |
| Tabla 28-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro consistencia)..... | 67 |
| Tabla 29-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro sabor) | 69 |
| Tabla 30-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro color)..... | 69 |
| Tabla 31-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro aroma)..... | 69 |
| Tabla 32-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro consistencia) | 69 |
| Tabla 33-3: Análisis físico-químicos de la bebida de hoja de tuna..... | 70 |
| Tabla 34-3: Análisis microbiológico de la bebida de hoja de tuna | 70 |

| | |
|--|----|
| Tabla 35-3: Materia prima, aditivos e insumos utilizados en el proceso | 71 |
| Tabla 36-3: Formulación para la bebida de hoja de tuna a escala industrial | 74 |
| Tabla 37-3: Requerimiento de equipos en la Empresa Vita Tuna para el procesamiento de la bebida de hoja de tuna..... | 77 |
| Tabla 38-3: Equipos y materiales para el control del proceso | 78 |
| Tabla 39-3: Valor de los equipos para la línea principal y control del proceso | 79 |
| Tabla 40-3: Inversiones en la planta de procesamiento | 79 |
| Tabla 41-3: Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso | 79 |
| Tabla 42-3: Servicios básicos | 80 |
| Tabla 43-3: Recursos humanos para el proceso de producción | 80 |
| Tabla 44-3: Costo de elaboración de la bebida de hoja de tuna por lote (550 Unidades)..... | 81 |
| Tabla 45-3: Costos totales de inversión fija y egresos | 81 |
| Tabla 46-3: Ingresos anuales..... | 82 |
| Tabla 47-3: Cálculo del VAN | 83 |
| Tabla 48-3: Cálculo del período de recuperación | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1: Nopal (Opuntia Ficus-Indica) | 4 |
| Figura 2-2: Cladodio de nopal u hoja de tuna..... | 7 |
| Figura 3-3: Localización de la Empresa Vita Tuna | 18 |
| Figura 4-3: Tanque típico de proceso con agitación..... | 53 |
| Figura 5-3: Rodetes de mezcla (b) Palas rectas, (c) Disco con palas, (d) Palas curvas | 55 |
| Figura 6-3: Medidas de un tanque de agitación y mezcla..... | 56 |
| Figura 7-3: Gráfico de N_p vs NRe para diferentes agitadores tipo turbina | 59 |
| Figura 8-3: Valor de chi-cuadrado critico..... | 68 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1-1: Elaboración artesanal de la bebida de hoja de tuna | 15 |
| Gráfico 2-3: Balance general de masa | 52 |
| Gráfico 3-3: Porcentaje de aceptación general de jueces afectivos | 63 |
| Gráfico 4-3: Diagrama del proceso | 72 |
| Gráfico 5-3: Capacidad de producción semanal de la bebida de hoja de tuna..... | 76 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|----|
| Fotografía 1-3: Materia prima | 31 |
| Fotografía 2-3: Inspección y selección de las hojas | 31 |
| Fotografía 3-3: Desespinado | 32 |
| Fotografía 4-3: Hojas de tuna lavadas | 33 |
| Fotografía 5-3: Mondado y Despulpado | 33 |
| Fotografía 6-3: Troceado..... | 34 |
| Fotografía 7-3: Homogeneizado..... | 35 |
| Fotografía 8-3: Mezclado y agitado | 36 |
| Fotografía 9-3: Filtración de la bebida | 36 |
| Fotografía 10-3: Pasteurizado | 37 |
| Fotografía 11-3: Adición de aditivos | 37 |
| Fotografía 12-3: Envasado | 39 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Análisis físico-químicos de la materia prima (hoja de tuna)
- Anexo B:** Caracterización físico-química de la bebida de hoja de tuna
- Anexo C:** Análisis microbiológico de la bebida de hoja de tuna
- Anexo D:** Presupuesto de gastos por inversión fija
- Anexo E:** Presupuesto de construcción del tanque de agitado y mezclado
- Anexo F:** Cotización de la máquina procesadora de penca
- Anexo G:** NTE INEN 2337:2008, Jugos, Pulpas, Concentrados; Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales
- Anexo H:** INEN 1750:1994 Hortalizas y Frutas Frescas. Muestreo NTE
- Anexo I:** Modelo de encuesta utilizada para el análisis sensorial
- Anexo J:** Fotografías de los análisis realizados a la materia prima
- Anexo K:** Fotografías de los ensayos realizados para la elaboración del producto
- Anexo L:** Fotografías del análisis sensorial realizado
- Anexo M:** Brazo de agitación
- Anexo N:** Tanque de agitación
- Anexo O:** Distribución de la planta

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como objetivo principal diseñar el proceso industrial para la elaboración de una bebida de hoja de tuna en la empresa Vita Tuna, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Guano. Para lograr dicho objetivo se realizaron varios ensayos a nivel de laboratorio en la planta procesadora de Vita Tuna, basados en realizar una propuesta alternativa de elaboración a la que actualmente maneja la empresa de manera artesanal, a través de dichos ensayos se obtuvieron 4 muestras diferentes de bebida de hoja de tuna, las cuales fueron evaluadas a través de un análisis sensorial realizado por 110 jueces afectivos, mediante pruebas estadísticas se determinó que la bebida de hoja de tuna sabor a durazno, presenta un mayor nivel general de aceptación, la caracterización físico-química de la materia prima y del producto final para la validación del mismo, fueron realizadas en un Laboratorio Certificado de la ciudad de Riobamba “SAQMIC” , con las cuales se determinó la composición de la hoja de tuna y al comparar se observó que luego de ser procesada no pierde ninguno de sus componentes nutricionales, además también se evidenció la ausencia de microorganismos, por lo que se estableció que el proceso elegido es el adecuado ya que se obtiene un producto inocuo y con las características nutricionales esperadas. En el proceso industrial escogido se establecen las siguientes etapas: recepción de la materia prima en la cantidad necesaria, inspección y selección de la materia prima, desespinado, lavado, mondado y despulpado, troceado, homogeneizado, agitado y mezclado, filtrado, pasteurizado, adición de aditivos (conservantes, edulcorante, saborizante), envasado y etiquetado, se recomienda que las variables y parámetros determinados en el proyecto se controlen a lo largo de todo el proceso, para asegurar un producto final de calidad.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BEBIDA HIDRATANTE>, <HOJA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*)>, <DESEPINADO>, <AGITADO Y MEZCLADO>, <GUANO (CANTÓN)>.

ABSTRACT

The main objective of this technical project is to design the industrial process for the production of a beverage made of tuna leaf in the company Vita Tuna, which is located in the province of Chimborazo, Guano (canton). To achieve this objective several tests were carried out at the laboratory level in the processing plant of Vita Tuna, they were based on making an alternative proposal of elaboration due to currently the company manages it in an artisanal way. Through these tests 4 different beverages samples were obtained of tuna leaf, which were evaluated through a sensory analysis performed by 110 judges. Through statistical tests, it was determined that the peach tuna leaf drink presents a higher general level of acceptance, the physical-chemistry characterization of raw material and the final product for the validation of it were carried out in a Certified Laboratory of the Riobamba city "SAQMIC", with these results the composition of the leaf of tuna was determined, and after comparing it was observed that after being processed does not lose any of its nutritional components, with these results, the composition of the leaf of tuna was determined, and after comparing it was observed, that after being processed does not lose any of its nutritional components. In addition, it evidenced the absence of microorganisms. For that reason, it was established that the chosen process is appropriate since a safe product with the expected nutritional characteristics is obtained. In the industrial process chosen, the following stages are established: reception of the raw material in the necessary quantity, inspection and selection of the raw material, washed, peeled and pulped, chopped, homogenized, stirred and mixed without bones, filtered, pasteurized, addition of additives (preservatives, sweetener, flavoring), packaging and labeling, it is recommended that the variables and parameters determined in the project be controlled throughout the entire process, to ensure a quality final product.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <HYDRATING BEVERAGE>, <TUNA LEAF (OPUNTIA FICUS-INDICA)>, <WITHOUT BONES>, <AGITATED AND MIXED>, <GUANO (CANTON)>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

El cultivo de tuna es muy adaptable a suelos áridos y de manejo poco exigente, por lo que podría promoverse su uso como una alternativa de desarrollo para las comunidades de zonas con estas características. De acuerdo a un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el cultivo de tuna en el país ocupa aproximadamente 180 hectáreas de extensión en Ecuador. En la Provincia de Chimborazo, cantón Guano, alrededor de 600 agricultores se dedican al cultivo de tuna (*opuntia ficus-indica*), que es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura (Kiesling, 2010, p.1).

Además de todas sus propiedades nutritivas y medicinales, la tuna representa beneficios económicos para los habitantes de nueve comunidades del cantón Guano. Desde 2016, la empresa “Vita Tuna” adquiere la tuna para procesarla artesanalmente y transformarla en varios productos a base de ésta variedad de cactus que después comercializa en el mercado. Sin embargo, la población en general consume en mayor porcentaje solamente el fruto de este vegetal, ya que se desconocen los beneficios y los usos que se le pueden dar a sus hojas, las cuales contienen gran cantidad de fibra, fitoquímicos, vitaminas, antioxidantes y minerales, impecables nutrientes para el cuerpo.

La empresa “Vita Tuna”, la cual se dedica al procesamiento y comercialización de varios productos elaborados a base de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), ve la necesidad de industrializar la bebida de hoja de tuna y así ofrecerla al mercado como una alternativa saludable de consumo de este vegetal, en vista que el proceso de elaboración de ésta bebida es artesanal se requiere realizar un diseño industrial del proceso para este producto, que le permita a la empresa aumentar su producción y asegurar las características de inocuidad y calidad del producto.

1.2. Justificación del Proyecto

La situación alimentaria y nutricional del Ecuador refleja la realidad socioeconómica; el potencial productivo y la capacidad de transformar y comercializar los alimentos que satisfagan los requerimientos nutricionales de la población a todo nivel. La producción de alimentos y el rendimiento de los principales productos de consumo, son importantes para establecer el potencial que la seguridad alimentaria y nutricional ofrece a la sociedad ecuatoriana como una estrategia de desarrollo (FAO, 2010).

Para disponibilidad de estos alimentos aptos para el consumo, se pondera especialmente el autoabastecimiento a través de la producción de pequeños y medianos productores. En esta dimensión se destaca implícitamente el sistema de producción que se desea en el sentido de que los pequeños y medianos productores adopten las buenas prácticas agrícolas, el aprovechamiento de recursos y se utilicen los saberes ancestrales; y el desarrollo de procesos, así como tecnologías apropiadas para elevar la productividad y no depender de producción del mercado internacional sino de la producción local (FAO, 2010).

En Ecuador, se consume el fruto de la tuna, sin embargo, los cladodios son desechados sin aprovechar sus principales componentes, los cuales son biopolímeros que contienen carbohidratos que consisten en una mezcla de mucílagos y pectinas. Según (Nazareno, 2013. P. 96) en su estudio indica, que dicha fracción de polisacáridos tiene la capacidad de retener agua. En general, los cladodios son ricos en fibra (18% b.s.) y también en minerales, el contenido de cenizas puede variar entre 19 a 23 % b.s., mientras que el contenido de proteínas entre 4 y 10 % b.s. El contenido lipídico es bajo.

La empresa Vita Tuna busca industrializar la bebida de la hoja de la tuna, la cual ya elabora artesanalmente, aprovechando sus nutrientes y así acrecentando la productividad local y asegurando la soberanía alimentaria de los ecuatorianos, mediante el DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA DE HOJA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA).

1.3. Línea base del proyecto

1.3.1. Antecedentes de la empresa

Vita Tuna, es una empresa dedicada a la producción de derivados de la tuna como; tónicos medicinales, mermeladas, champús y hasta vinos que son muy solicitados por el mercado, se

encuentra ubicada en el cantón Guano, pertenece a la Asociación de Productores Agrícolas Granjero Guaneño “ASOPROGUANO”, la cual posee reconocimiento jurídico extendido por el MIES (Ministerio de Inclusión Económico y Social).

Esta entidad, se inició con aproximadamente 15 socios apoyados por el Municipio del cantón Guano, cuyo administrador es el señor Gerardo Vizuite, ahora se encuentra integrada por alrededor de 62 socios de 14 comunidades y dos parroquias del cantón.

Sus agremiados se vieron obligados a asociarse, para crear un proyecto de cultivo de tuna, ya que al poseer tierras áridas, solo podían dedicarse a cultivar ésta planta, debido a que ésta cactácea crece fácilmente en éste tipo de áreas.

Al principio, la empresa solo se dedicaba a la producción y venta del fruto, sin embargo debido a información existente en los medios, se empezó a aprovechar a la tuna no solamente por su fruto, sino que además se utilizaron sus hojas para la elaboración de diversos productos, por lo que actualmente Vita Tuna vende sus productos en ferias a nivel provincial, lo que ha permitido que los consumidores conozcan los beneficios de éstos productos elaborados artesanalmente en ésta microempresa.

1.3.2. Marco conceptual

1.3.2.1. Tuna o nopal (Opuntia ficus-indica)

El nopal es una planta suculenta que mide en promedio entre 1,5 y 3 metros de altura. Los tallos que realizan las funciones de las hojas en otros vegetales son también conocidos como cladodios o “palas” los cuales son aplanados y de color verde grisáceo. Las flores son de color amarillo, mientras que los frutos varían entre el amarillo, el rojo y el púrpura y contienen pequeñas semillas que comúnmente son consumidas junto con la pulpa del fruto. Ésta planta se reproduce mediante semillas, así como también se puede propagar con relativa facilidad de forma vegetativa a partir de tallos desprendidos (FAO, 2018).

El nopal es un importante cultivo alimentario que se da en zonas áridas. Generalmente, sus frutos se consumen frescos o se emplean para elaborar siropes y mermeladas, mientras que los tallos se limpian y cocinan como hortalizas en guisos y ensaladas. Los tallos a su vez se utilizan como forraje para ganado, ya sea fresco o almacenado como ensilado (FAO, 2018).



Figura 1-1: Nopal (*Opuntia Ficus-Indica*)
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

1.3.2.2. Origen y Taxonomía

Las cactáceas son una familia vegetal compuesta por cerca de 1600 especies. Los miembros de éste grupo se hallan en forma nativa desde Chile y Argentina hasta Canadá, y se cultivan alrededor de 30 países. Estos vegetales poseen la característica de que emplean el agua de una manera de cinco a diez veces más eficiente que otros cultivos convencionales por lo que el requerimiento de agua es muy bajo (Esquivel, 2004, p. 215).

México es considerado el centro de origen genético del género *Opuntia*. Actualmente se cultiva a nivel comercial en la mayoría de países latinoamericanos incluyendo Ecuador. El primer nombre español que se le asignó a la tuna fue Higo de las Indias, que alude a su origen, las "Nuevas Indias" del cual provino su primer nombre científico: *Cactus ficus-indica* L.

Tabla 1-1: Taxonomía de la tuna

| | |
|------------------------|--|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Cactacea |
| Subfamilia | Opuntioideae |
| Género | <i>Opuntia</i> |
| Especie | <i>ficus-indica</i> |
| Nombre Binomial | <i>O. ficus-indica</i> (L.) 1768 Mill. |

Fuente: (Trujillo, 2009, p.7)

La *Opuntia ficus-indica* se desarrolla en hábitats de climas áridos y muy áridos, además que es poco exigente en cuanto a precipitación pluvial, los excesos de humedad pueden causar enfermedades fungosas y daños por insectos (Trujillo, 2009, p.6).

Las zonas áridas y semiáridas presentan distintos factores ambientales que confinan el desarrollo de las plantas, así como temperaturas altas y bajas, escasez de agua y limitación en la disponibilidad de nutrientes, por lo que la evolución de las cactáceas en este tipo de ambientes ha provocado que las distintas especies del género *Opuntia* desarrollen características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas las cuales les permiten adaptarse a estos entornos con condiciones ambientales desfavorables para otro tipo común de vegetales (Trujillo, 2009, p.8).

La tuna para su óptimo desarrollo requiere de una temperatura entre los 18 y 25°C, aunque ciertas especies son resistentes a bajas temperaturas por lo que pueden soportar hasta -16°C, mientras estas temperaturas no se presenten por períodos muy extensos. La tuna ha sido reconocida por las numerosas virtudes nutritivas, químicas, industriales, ecológicas, medicinales, simbólicas y además en los últimos años debido a sus propiedades nutricionales y funcionales (Ochoa y Guerrero, 2010, p. 150).

De ésta cactácea se puede destacar su información nutricional, debido a la presencia de calcio, potasio y sílice, además de ser rico en fibras, y vitaminas como A, B, B2, B6, C y K. Contribuye en la protección del sistema inmunológico debido a que contiene éstas vitaminas junto con 17 aminoácidos (Diario el día, 2016).

1.3.2.3. Descripción botánica

A continuación se describen las partes de ésta cactácea.

- **Raíz.** El nopal posee un sistema radical muy extenso y superficial, el cual alcanza una profundidad aproximada a los 80cm, pero puede llegar a extenderse horizontalmente por varios metros, es densamente ramificado, abundante en raíces finas absorbentes y superficiales (Sudzuki, 1999 citado en Rodríguez, 2017, p.15).
- **Tallo.** Los nopales poseen numerosos tallos suculentos, modificados que se denominan cladodios (conocidos comúnmente como “paletas” o “pencas”). Éstos tienen forma ovoide, elíptica u oblonga, suelen medir hasta 33-60cm de longitud y de 18-25cm de ancho; son aplanados, presentan un grosor de 1,8-2,3cm; de color verde pálido a oscuro, con o sin espinas dependiendo la variedad. Los tallos con el tiempo se lignifican, por lo que llegan a transformarse en tallos leñosos, agrietados, de color ocre blancuzco o grisáceo, (Sáenz, 2006 citado en Rodríguez, 2017, pp.15-16).

- **Hojas o Pencas.** En el nopal, las comúnmente conocidas como pencas, reemplazan la función que desempeñan las hojas en otro tipo de vegetales, ya que éstas realizan la fotosíntesis, son de color verde opaco, y están protegidas por una cutícula gruesa que generalmente está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, debido a que poseen abundante parénquima, gracias a este tejido la planta almacena grandes cantidades de agua, lo que le permite resistir extensos periodos de sequía. Además contiene mucílagos o también llamados hidrocoloides que están presentes en este tejido, los cuales tienen la capacidad de retener el agua (Nobel et al., 1992 citado en García 2013: pp. 71-75).

- **Corteza y médula.** La capa más externa de células en los cactus lo constituye la epidermis, es una capa protectora continua que posee estomas, por debajo de ésta se encuentra el colénquima, que es el tejido ubicado entre el hipodermo y el anillo de los haces vasculares. La parte verde, llamada clorénquima contiene cloroplastos y tiene como función principal fotosintetizar; mientras que la parte blanca, llamada parénquima no es solo una bolsa almacenadora de agua, sino que allí se producen hormonas, alcaloides y otros compuestos formados durante el metabolismo de la planta (García 2013, pp. 75-80).

- **Mucílago de nopal.** Los nopales contienen sustancias viscosas que son conocidas como mucílago o hidrocoloide, estos están constituidos por carbohidratos de alto peso molecular, contienen principalmente amilasa y amilopectina que son dos polímeros naturales orgánicos. Según investigaciones recientes, se conoce que los principales compuestos presentes en el mucílago de la *Opuntia ficus indica* son: L-arabinosa (24,6-42%), D-galactosa (21-40,1%), L-ramnosa (7-13,1%) , D-xilosa (22-22,2%) y ácido D-galaturónico (8-12,7). El mucílago de nopal en la actualidad encuentra múltiples aplicaciones en diferentes tipos de industrias, ya sea de alimentos, farmacéutica, de construcción o ambiental (Rodríguez, 2017, p.16).

1.3.2.4. Cladodio del nopal

Las hojas del nopal, también conocidas como cladodios, son color verde, ovalados y de superficie cerosa, las cuales poseen espinas rodeadas de una pelusa; estos grupos de espinas se denominan gloquidios.

Las cladodios de nopal, son de gran interés industrial ya que se los utiliza para la producción de nopalitos cuando estos son tiernos es decir cuando miden entre 10 y 15 cm, así como para la elaboración de otros productos como harinas y bebidas cuando se encuentran parcialmente lignificados alrededor de entre los 2 y 3 años (Sáenz, 2006, pp. 12-13).

Según estudios realizados, los cladodios son comparables por su valor nutricional a ciertas frutas y verduras como lo son melón, mango, uva, espinaca, alcachofa, berenjena, brócoli, respectivamente, se señala además que poseen un alto porcentaje de agua, bajo contenido de hidratos de carbono y proteínas, alto contenido de fibra, son ricos también en minerales como calcio y potasio y con un mínimo contenido de sodio por lo que pueden ser consumidos por personas con problemas renales o de hipertensión. Además contiene cantidades moderadas de carotenoides y de vitamina C. Aportando a la dieta solamente 27 kcal/100 gramos, además debido a que presenta ciertas cantidades de fibra soluble, este ayuda a estabilizar la concentración de azúcar en la sangre (Sáenz, 2006, pp.12-13).



Figura 2-2: Cladodio de nopal u hoja de tuna
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

1.3.2.5. Composición química del cladodio de nopal

Según Guzmán y Chávez (2007, p. 44) en su estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano, el análisis de composición química del nopal reveló que el cladodio de un mes de edad es más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, mientras que el cladodio de un año de edad presenta contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra. Por lo que recomienda que se debe aprovechar este beneficio consumiendo cladodios jóvenes. Los productos que son elaborados a partir de cladodios de nopal fueron aceptados según este estudio por las personas en un 90%.

Tabla 2-1: Composición química proximal de cladodios de nopal. Expresado en base húmeda

| Componente | Cladodio de un mes de edad (aprox.) | Cladodio de un año de edad (aprox.) |
|-----------------------|--|--|
| Humedad % | 92,57 | 94,33 |
| Proteína (x6,25) % | 0,94 | 0,48 |
| Grasa % | 0,17 | 0,11 |
| Fibra % | 0,30 | 1,06 |
| Cenizas % | 0,08 | 1,60 |
| Carbohidratos % | 5,96 | 2,43 |
| Vitamina C (mg/100g*) | 37,27 | 23,11 |
| Ca % | 0,042 | 0,339 |
| Na % | 0,0018 | 0,0183 |
| K % | 0,00098 | 0,145 |
| Fe % | 0,0792 | 0,322 |

*Los resultados se dan en mg de ácido ascórbico/ 100g de penca fresca

Fuente: (Guzmán y Chávez, 2007, p. 44)

1.3.2.6. Beneficios del consumo de tuna

La tuna a más de sus propiedades nutricionales y culinarias, posee varios beneficios medicinales. El empleo de este vegetal con fines medicinales data desde los tiempos de los aztecas, quienes la utilizaban con regularidad, por ejemplo para curar las fiebres consumían el jugo, el mucílago o baba de ésta cactácea la utilizaban para aliviar labios partidos, el consumo de su fruto calmaba la diarrea y era usada para el exceso de bilis, para la limpieza de infecciones utilizaban las espinas, así como también aprovechaban las pencas y raíces para realizar apósitos calientes para aliviar inflamaciones y para el tratamiento de hernias, hígado irritado, úlceras estomacales y erisipela, entre otros (Blanco, 2010, pp.71-72).

En la actualidad la medicina homeópata recomienda el consumo de éste vegetal para prevenir o ayudar en el control de ciertas enfermedades como por ejemplo el estreñimiento y la disminución de triglicéridos. Según estudios se ha comprobado que el consumo de nopalito y de la fruta mantienen los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, además se utiliza como fibra para mejorar el proceso digestivo. Por otra parte en la medicina alternativa se producen cápsulas, comprimidos y polvos. Incluso se le considera para combatir el cáncer ya que su alto contenido de clorofila, por su color verde, le confiere propiedades antioxidantes.

1.3.2.7. La tuna como recurso natural

En la ciudad de Palermo, Italia, en 1994, durante una reunión de la Red Internacional de Cooperación Técnica en Nopal – o Cactus – (CACTUSNET), un periodista siciliano, resumió las propiedades del nopal y la denominó “Un tesoro bajo las espinas” (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

El género *Opuntia* es proveniente de varios ambientes, que van desde las zonas áridas al nivel del mar hasta sitios muy altos como los Andes del Perú; así como también desde regiones tropicales de México con temperaturas, por sobre los 5 °C a lugares de Canadá en los que el invierno llega a -40 °C. Por lo que, estas cactáceas pueden ser un recurso genético de gran interés para diversas zonas ecológicas, puesto que su anatomía y morfología que se adaptan a condiciones de fuerte estrés ambiental son uno de sus mayores atractivos, siendo por esto una alternativa de cultivo para áreas donde casi no crecen, ni se desarrollan otras especies (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

Estas plantas son adaptables al medio árido, gracias a la conformación de algunos de sus órganos. Según estudios, las raíces superficiales y extendidas, que éstas poseen, captan el escasa agua de las lluvias poco frecuentes que ocurren en esos ambientes, además la formación de raíces secundarias que presentan, aumentan su superficie de contacto con el suelo facilitando así la absorción de agua y nutrientes. Así como también durante la época de sequía, sus raíces se contraen de manera radial con lo que se disminuye la pérdida de agua (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

La tuna es considerada como un importante recurso natural debido a que ha jugado un papel ecológico decisivo al frenar la degradación de los suelos deforestados, también puede ser considerado una alternativa potencial para captar parte del incremento de CO₂, cuando exista un alto grado de perturbación ambiental. Una acción concreta para el aprovechamiento integral del nopal es su utilización agroindustrial, además si se considera la porción de superficie terrestre árida o semiárida que es apta para cultivar estas especies que requieren poco o ningún aporte de agua, puede también comprenderse su importancia agronómica (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

Este vegetal posee compuestos funcionales, que son aquellos que presentan efectos beneficiosos para la salud, tanto los frutos como los cladodios de la tuna son una fuente de tales componentes, entre los principales se tiene la fibra, los hidrocoloides o mucílagos, las betalaínas y carotenoides, los minerales como el calcio y potasio, y algunas vitaminas como la vitamina C, que es muy requerida por sus propiedades antioxidantes, estos compuestos se requieren para una dieta saludable y también como ingredientes indispensables para el diseño de nuevos alimentos, que se conocen como alimentos funcionales, los cuales se definen según Sloan (2000 citado en Sáenz 2006, pp. 3), como «un alimento o bebida que proporciona un beneficio fisiológico, que fortalece la salud, ayuda a prevenir o trata enfermedades, o mejora el rendimiento físico o mental por la adición de un ingrediente funcional, por la modificación de un proceso o por el uso de la biotecnología» (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

Sin lugar a duda, la posibilidad de utilización integral de este vegetal es de especial interés para el sector agroindustrial, ya que toda industria busca conseguir el mayor provecho posible de sus materias primas (Sáenz, 2006, pp. 1-4).

1.3.2.8. Jugos y bebidas a base de nopal

En México, el jugo de nopal es elaborado por una empresa que lo mezcla con jugo de guayaba y lo comercializa en el mercado nacional y también lo produce para exportación. Éste se elabora a partir del extracto obtenido después de la molienda y prensado de los nopalitos, el proceso de obtención del jugo que allí se procesa consiste en moler en un equipo industrial o doméstico los nopalitos que deben ser previamente desespinaados, pelados y cortados; en el proceso se adiciona agua y el licuado obtenido finalmente es filtrado para lograr la separación de los sólidos que se encuentran suspendidos del líquido (Sáenz, 2006, pp. 40-43).

Además existen otros productos de interés, como el agua de nopal, ésta es una bebida elaborada con jugo de nopal y azúcar y ya se encuentra en el mercado. Otros son los jarabes de nopal, que están elaborados en base a jarabe de sacarosa (55-75 °Brix) a los que se adiciona jugo de nopal. En Estados Unidos de América, existe a su vez una empresa que elabora jarabes de zarzamora y arándano, adicionándoles mucílago de nopal (Sáenz, 2006, pp. 40-43).

1.3.2.9. Cosecha de los cladodios

Con respecto a los cladodios de nopal, la cosecha se realiza manualmente, empleando un cuchillo limpio y cortando la base de la penca. Según Cantwell (1999 citado en Sáenz, 2006, p. 27) se recomienda realizar cuidadosamente esta operación para evitar daños en la base del cladodio, lo que puede ser una vía de entrada de microorganismos o de la pérdida de peso durante su posterior manejo, esto debe ser realizado de dos a tres horas después de la salida del sol con el objetivo de evitar un alto contenido de acidez.

La cosecha de nopalitos para ser comercializados, generalmente se inicia cuando alcanzan una longitud de 20-25 cm y pesan de 90 a 100 g, sin embargo según la norma de calidad CODEX STAN 185-1993, se consideran con tamaños comerciales las pencas que tienen una longitud entre 9 y 30 cm (FAO, 1993 citado en Sáenz, 2006 p. 28). Los cladodios pequeños de aproximadamente 12 cm y los grandes con alrededor de 30 cm se destinan a la elaboración de nopal mínimamente procesado (Rodríguez, 2002 citado en Sáenz, 2006: p. 28). La cosecha se realiza durante todo el año aunque la productividad es mayor durante los meses más fríos del año.

1.3.2.10. Manejo post cosecha

Según Kader (1992 citado en Sáenz, 2006, p. 28) la velocidad de deterioro de los cladodios después de cosechados es proporcional a la tasa de respiración y dependiente de la temperatura. La tasa de respiración depende del tamaño de la penca, siendo ésta menor en los cladodios más grandes. La tasa media en un período de siete días para cladodios de 10 cm de longitud es de 16 a 19, 38 a 42, 52 a 59 y 68 a 79 mg/kg/h a 5, 10, 15 y a 20 °C, respectivamente.

Las características de calidad del nopal requeridas por la Norma de Calidad del Codex Alimentarius (CODEX STAN 185-1993), son las siguientes: deben presentar las características de la especie (forma, color), estar enteros, firmes, sanos, limpios y libres de espinas y de daños.

Los cladodios que han sufrido algún daño en la base causado por una inadecuada cosecha, deben comercializarse o emplearse en un tiempo corto y no deben ser almacenados o enviados a mercados distantes ya que pueden sufrir hasta un 53% de pérdidas por podreduras ocasionadas por *Penicillium* spp, *Aspergillus* spp y *Alternaria* spp, durante el almacenamiento por 10 días a una temperatura de 15,6-21,1 °C (Sáenz, 2006, p. 28).

La vida de anaquel de los cladodios que han sido cosechados adecuadamente es de una semana a 20 °C (65-70 por ciento HR). El almacenamiento por refrigeración disminuye la velocidad de respiración, la pérdida de agua por transpiración, el desarrollo de microorganismos y prolonga la vida post cosecha de los productos hortícolas, además las bajas temperaturas de almacenamiento (5°C y 10°C) retrasan la disminución en el contenido de ácido ascórbico de los cladodios (Rodríguez y Villegas, 1997 citado en Sáenz, 2006, pp. 31-32).

1.3.2.11. Operaciones unitarias para la obtención de la bebida de hoja de tuna

- **Recepción de la materia prima.**

En la elaboración industrial de alimentos de distintos orígenes, la primera etapa es la recepción de la materia prima, por lo que en las empresas se buscan procesos de medición que permitan verificar el buen estado de la misma para seleccionarla y clasificarla. Es de vital importancia que éste proceso sea realizado meticulosamente para obtener el máximo rendimiento y la mejor calidad en el producto final, ésta condición afecta incluso el costo de producción (Cortés, 2007, p. 167).

- **Inspección y selección.**

En la etapa de inspección y selección de materia prima es necesario establecer ciertas normas o parámetros que servirán de base para realizar una adecuada selección y así conseguir el rechazo o aceptación de la materia prima requerida para determinado proceso (Chávez, 1999, p.156).

- **Desespinado.**

El proceso de desespinado consiste en retirar los espinos que pueden presentar ciertos frutos, pencas, vegetales por ejemplo en la cactácea, esto se realiza por diversos métodos que van desde procedimientos manuales mediante personal que utiliza cuchillos para retirar los espinos, hasta el empleo de maquinaria especializada en realizar ésta operación.

- **Lavado.**

En la industria alimentaria el lavado es una operación preliminar realizada con la finalidad de eliminar material extraño o agentes contaminantes que puedan estar presentes en la materia prima que será utilizada para su procesamiento, evitando de ésta manera las complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima puede contener. Esto debe realizarse con agua limpia, que sea lo más pura posible y en ciertos casos potabilizada mediante la adición de hipoclorito de sodio, a razón de 10 ml de solución al 10% por cada 100 litros de agua (FAO, 2010).

- **Mondado.**

Ésta operación consiste en la remoción de la piel de la fruta u hortaliza, puede realizarse por medios físicos, térmicos o químicos. El pelado o mondado es una operación que favorece la calidad sensorial al eliminar material de textura más firme y áspera. Además, la corteza muchas veces se ve afectada por los procesos térmicos comúnmente utilizados en los métodos de conservación (FAO, 2010).

- **Troceado.**

Es una operación incluida en diversos procesos para la obtención de productos en la industria alimentaria. Se debe realizar con ciertos cuidados especiales, teniendo en cuenta que las herramientas que se van a utilizar produzcan cortes limpios es decir que no involucre el daño

masivo de tejido, para evitar efectos perjudiciales como el cambio de color o sabor en el producto (FAO, 2010).

- **Homogeneizado.**

La homogeneización es el proceso mediante el cual se consigue una emulsión estable de dos sustancias inmiscibles. Es eficaz para productos que contengan una formulación que cause una separación de fases del mismo, que se desea evitar (Improlac).

- **Agitación y mezclado.**

La agitación y mezclado es una operación unitaria que se encuentra vigente en la gran mayoría de procesos industriales. Esta operación implica sistemas de una sola fase o de varias fases líquidas, sólidas y gaseosas. Se puede realizar en mezcladores estáticos o en sistemas agitados, dependiendo de la aplicación se van a requerir distintas maneras de agitar los fluidos. Es difícil encontrar dentro de los procesos industriales un proceso que no involucre de alguna u otra forma un proceso de mezclado, ya que el éxito de muchas operaciones industriales depende de una correcta mezcla y agitación de los fluidos (Uribe et al., 2012: pp.22-23).

- **Filtrado.**

El filtrado es un proceso físico-mecánico que separa los elementos de una mezcla a través de un medio filtrante. En el proceso de filtración, el medio filtrante es atravesado por el líquido mientras que las partículas sólidas se quedan en el interior del filtro. La velocidad con que se filtra un fluido es inversamente proporcional a la viscosidad, lo que significa, que mientras más viscoso sea el fluido, será menor la velocidad de filtrado del mismo (Giraldo, 2015, p. 2).

- **Pasteurizado.**

La pasteurización es un proceso que consiste en elevar hasta cierta temperatura cada partícula de un producto para destruir los microorganismos patógenos (GEA, 2017). El sistema mediante el cual se va a realizar el tratamiento térmico depende de las propiedades del producto y de los resultados que se necesitan conseguir. Éste ayuda a prolongar la vida útil de bebidas y jugos comerciales. Sin embargo se debe tomar en cuenta que si bien elimina la posibilidad de daño microbiológico y reduce la actividad enzimática, también puede afectar la calidad del producto al producir pérdida de componentes termolábiles y termosensibles que proveen de ciertas propiedades sensoriales y nutritivas a los productos alimenticios (Cayo, 2012, pp. 1-2).

1.3.2.12. Estado actual del proceso de elaboración de la Bebida de Hoja de Tuna

La empresa Vita Tuna, gracias a la ayuda de distintas instituciones gubernamentales y al aporte de sus socios ha adquirido cierto equipamiento necesario para su planta de producción, sin embargo a pesar de esto el proceso de elaboración de la bebida de hoja de tuna aún se realiza de manera artesanal mediante un proceso que todavía es rústico.

La empresa posee ciertos equipos e instrumentos que se emplean para la elaboración de sus productos dentro de los cuales se tienen: 3 mesas de acero inoxidable AISI 304, un tanque de acero inoxidable AISI 304, un pasteurizador con una capacidad de 250 L con su respectivo sistema de caldera, una báscula con dimensiones de plataforma de 0,60 x 0,60 m, estos serán los equipos de partida con los que cuenta la empresa para establecer el diseño del proceso industrial de la bebida de hoja de tuna, debido a que al evaluar sus especificaciones se determina que es factible aprovechar estos equipos al incorporarlos al proceso de elaboración de la bebida.

Actualmente la empresa elabora mediante el proceso artesanal de 35 a 50 L semanales de la bebida, la cual expende en ciertas ferias de artesanos a nivel provincial, en presentaciones de 250 ml envasadas en botellas de plástico, con una etiqueta en la que se denomina como “Tónico de Vita Tuna” a la bebida, además en ella se describe la cantidad, manera de conservación (refrigeración) y fecha de elaboración de la misma. A continuación se presenta el diagrama de bloques actual del proceso artesanal de elaboración de la bebida de hoja de tuna:

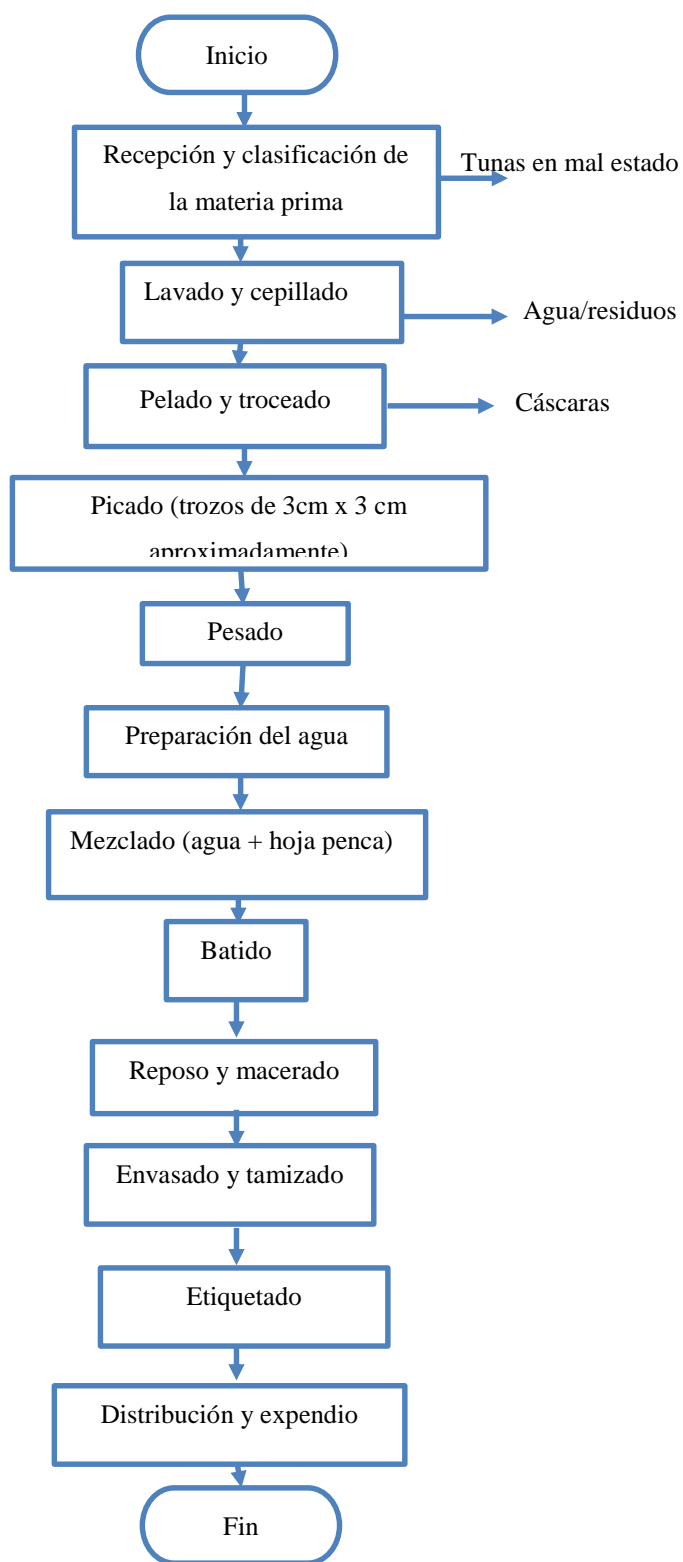


Gráfico 1-1: Elaboración artesanal de la bebida de hoja de tuna

Fuente: Vizúete Gerardo, 2018

1.4. Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1. Beneficiarios directos

- El presente proyecto beneficiará de forma directa a la empresa “Vita Tuna” la cual está conformada por 62 socios, los cuales pertenecen a varias comunidades de la parroquia La Matriz del cantón Guano, ya que se aportará al crecimiento de la empresa, con el desarrollo de éste proyecto.
- Los socios de la empresa y sus familias quienes se verán beneficiados directamente del desarrollo de este proyecto, ya que la empresa incrementará su producción y a la vez los réditos económicos aumentaran.

1.4.2. Beneficiarios indirectos

- La población en general se verá beneficiada ya que se ofrecerá un producto elaborado de forma técnica y estandarizada, cuyas características sean las mismas en cada unidad producida.
- Personal dedicado al cultivo, venta, procesamiento de la tuna, fabricación de bebidas de frutas y vegetales u otros alimentos que por medio este trabajo pudieren guiarse.
- Proveedores de la materia prima e insumos necesarios para la elaboración de la bebida de hoja de tuna.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo general

- Diseñar el proceso industrial para la obtención de una bebida de hoja de tuna (*Opuntia ficus-indica*), para la empresa “Vita Tuna”.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización físico-química de la materia prima, hoja de la tuna (*Opuntia ficus-indica*).
- Identificar las variables, parámetros y las operaciones necesarias en el proceso de obtención de la bebida a base de la hoja de tuna.
- Establecer el mejor proceso industrial para la obtención de la bebida de hoja de tuna.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del proceso industrial de la bebida de hoja de tuna.
- Validar el proceso mediante una caracterización físico-química y microbiológica de la formulación, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337:2008, Jugos, Pulpas, Concentrados; Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto

El proyecto de estudio se realizará en la empresa "Vita Tuna" la cual actualmente funciona en el Cantón Guano Provincia de Chimborazo, en ésta se realizará la recolección de materia prima, y se llevarán a cabo las distintas etapas del procesamiento para la obtención de la bebida de hoja de tuna y el posterior diseño industrial del proyecto.



Figura 3-3: Localización de la Empresa Vita Tuna

Fuente: GOOGLE EARTH, 2018

Tabla 3-3: Localización Empresa Vita Tuna

| | |
|--------------------|---|
| Cantón | Guano |
| Empresa | Vita Tuna |
| Dirección | Calle Sucre entre Agustín Dávalos y García Moreno |
| Coordenadas | UTM WGS 84 (Zona 17 Sur) 762188E 9822225N |

Fuente: GOOGLE EARTH, 2018

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

El diseño del proceso industrial para la obtención de la bebida de hoja de tuna (*Opuntia ficus-indica*), para la empresa Vita Tuna, es un proyecto de tipo técnico-experimental, debido a que por medio del planteamiento de una problemática, los datos y bases teóricas consultadas, el desarrollo analítico y experimental de la potencial solución y la propuesta del uso de operaciones y procesos unitarios para establecer un nuevo proceso de obtención del producto final con alto valor agregado, se lleva a cabo la consecución de dicho proyecto.

3.2.2. Metodología

Para asegurar el alcance de los objetivos planteados en el presente proyecto técnico, se emplean tres métodos de referencia, el deductivo, inductivo y experimental. Mediante los lineamientos establecidos para estas metodologías se logra ejecutar cada una de las fases de una manera sistemática y ordenada.

➤ Método Deductivo:

El método deductivo consiste en alcanzar las conclusiones generales, al partir de hipótesis o antecedentes particulares. En este proyecto, para la elaboración de una bebida a partir de la hoja de tuna, se parte de fundamentos teóricos, principios tanto de operaciones como de procesos industriales, cálculos básicos para el diseño del proceso, propiedades nutricionales, estudios anteriormente realizados entre otros.

➤ Método Inductivo:

Para la consecución del presente proyecto se emplea el método inductivo, el cual consiste en partir de premisas particulares para obtener conclusiones generales. Por lo tanto se realizan análisis físico-químicos y microbiológicos de la materia prima (hoja de tuna) para determinar la calidad de la materia prima con la que se elaborará el producto, también se obtendrán los cálculos requeridos, las condiciones de diseño y se determinarán las variables del proceso.

➤ **Método Experimental:**

Este método se basa en la observación, registro de parámetros de control y en la manipulación de variables que afectan el objeto de estudio. Para la elaboración de éste producto se emplean equipos e instrumentos, así como diversas técnicas de laboratorio para la caracterización de la materia prima y del producto terminado, la simulación del proceso se efectúa en las instalaciones de la empresa Vita Tuna.

3.2.3. Técnicas

Para la ejecución de éste proyecto técnico, se emplean diferentes técnicas durante la etapa experimental, las cuales permiten el logro de los objetivos mediante la recolección de datos, procedimientos e información necesaria. Las técnicas nacionales o internacionales necesarias según la prueba correspondiente, se detallan en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Técnicas para la caracterización fisicoquímica de la materia prima

| Criterio | Fundamento | Método | Materiales y Reactivos | Procedimiento |
|----------|---|---------------|---|--|
| Proteína | Método basado en una volumetría ácido-base, en el que se determina el nitrógeno orgánico contenido en la muestra. | NTE INEN 1670 | <ul style="list-style-type: none"> • Destilador Kjeldahl o Mineralizador • Sulfato de potasio • Óxido de cobre o sulfato de cobre cristalizado. • Cinc granulado • Ácido sulfúrico • Núcleos de ebullición • Indicador fenolftaleína • Rojo de metilo | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar aproximadamente 1 g de muestra e introducir en el matraz Kjeldahl. ➤ Agregar de 10 a 15g de sulfato potásico; 0,3 a 0,4 del catalizador óxido de cobre a 0,9 a 1,2g de sulfato cúprico, 25 cm³ de ácido sulfúrico. ➤ Agregar alrededor de 200 cm³ de agua destilada, agitar el matraz Kjeldahl para mezclar completamente su contenido y calentar. Dejar enfriar y agregar algunos gránulos de cinc y algunas gotas de indicador fenolftaleína. Introducir en el matraz colector del equipo de destilar aproximadamente 25 cm³ de ácido sulfúrico 0,1N o 0,5N y algunas gotas de indicador rojo de metilo. ➤ Calentar el matraz hasta que se destile 150 cm³ de líquido en 30 minutos, comprobar luego de este tiempo la neutralidad del destilado por medio del papel de tornasol. AL final de la destilación observar la coloración de la solución en el colector. ➤ Valorar en el matraz colector el exceso de ácido sulfúrico con la solución de NaOH 0,1N. ➤ El contenido de proteína total en porcentaje se obtiene mediante la siguiente ecuación: $PT = \frac{1,24 \times 6,25 (VxN - VxN)}{m}$ <p>Donde:</p> <p>PT: contenido de proteína total. V: volumen, en cm³ de ácido sulfúrico introducido en el vaso. N: normalidad de la solución de ácido sulfúrico. V': volumen, en cm³ de NaOH consumido en la valoración. N': normalidad de la solución de NaOH. m: masa de la muestra en gramos.</p> |
| Grasa | Éste método emplea un procedimiento de extracción cíclica de los componentes | NTE INEN 523 | <ul style="list-style-type: none"> • Estufa con regulador de temperatura, ajustado a 100±5°C. • Desecador, con | <ul style="list-style-type: none"> ➤ La determinación se realiza por duplicado de la misma muestra preparada. ➤ Lavar el balón del aparato Soxhlet y secarlo en la estufa calentada a 100±5°C, durante una hora. Transferir al desecador y pesar, cuando haya alcanzado la temperatura ambiente. ➤ Colocar el dedal y su contenido en el aparato Soxhlet, agregar la cantidad suficiente de éter anhidro y extraer durante cuatro horas o durante 16 horas dependiendo de si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas o de 2 a 3 gotas por segundo respectivamente. |

| | | | | |
|---------|---|--------------|---|---|
| | solubles en éter que se encuentran en los alimentos. | | <p>cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparato de extracción, tipo Soxhlet. • Plancha eléctrica de calentamiento. • Vaso de precipitación. • Espátula de acero inoxidable. • Balanza analítica. | <p>➤ Una vez terminada la extracción, recuperar el disolvente por destilación en el mismo aparato y eliminar los restos de disolvente a baño María.</p> <p>➤ Colocar el balón que contiene la grasa, durante 30 minutos, en la estufa calentada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador y pesar.</p> <p>➤ Repetir el calentamiento por períodos de 30 minutos, enfriando y pesando, hasta que no se exceda los 0,2 mg en la diferencia entre los resultados de dos operaciones de pesaje sucesivas.</p> <p>➤ El contenido de grasa, en porcentaje sobre base seca, se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $G = \frac{(m_2 - m_1)}{m(100 - H)} \times 100$ <p>Donde: G: contenido de grasa de la muestra, en porcentaje de masa. m: masa de la muestra, en gramos. m1: masa del balón vacío, en gramos. m2: masa del balón con grasa, en gramos. H: porcentaje de humedad en la muestra.</p> |
| Cenizas | Ésta norma establece el método para determinar las cenizas en conservas vegetales. Las cenizas son la materia inorgánica que forma parte de los alimentos, son el residuo que permanece después de la calcinación de la materia orgánica de los mismos. | NTE INEN 401 | <ul style="list-style-type: none"> • Cápsula de platino, de 100 cm³. • Mufla, con regulador de temperatura. • Desecador con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante apropiado. • Balanza analítica, sensible al 0,1 mg. • Fuente calórica con regulador de temperatura. • Pinzas. | <p>➤ Colocar la cápsula con su contenido en la mufla a $550 \pm 25^\circ\text{C}$, hasta obtener cenizas blancas, si las cenizas presentan un color oscuro humedecerlas con unas gotas de agua destilada.</p> <p>➤ Evaporar sobre la fuente calórica y proceder a calcinar nuevamente en la mufla a la misma temperatura, hasta obtener cenizas blancas.</p> <p>➤ Pesar la cápsula con su contenido.</p> <p>➤ El contenido de cenizas en conservas vegetales se determina mediante la siguiente ecuación:</p> $C = 100 \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$ <p>En donde: C: contenido de cenizas. m1: masa de la cápsula vacía, en gramos. m2: masa de la cápsula con la muestra, en gramos. m3: masa de la cápsula con las cenizas, en gramos.</p> |

| | | | | |
|--------------------------|---|----------------------------|--|---|
| Carbohidratos | Se determina el contenido de hidratos de carbono contenidos en la muestra de materia prima. | Determinado por diferencia | - | - |
| Humedad | Esta norma establece el método de determinación de contenido de humedad presente en la muestra. | NTE INEN 1235 | <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • Placa Petri • Pinzas • Estufa | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desecar la caja Petri con su tapa en la estufa a 105°C por un período no menor de 2 horas, enfriar en el desecador y pesar determinándose de esta manera la tara inicial. ➤ En la placa previamente tarada, pesar alrededor de 5 g de la muestra. ➤ Colocar la placa Petri con la muestra en la estufa, a 105°C por un período de 4 a 5 horas. ➤ Retirar la cápsula de la estufa, colocar la tapa antes de sacarla, enfriar en el desecador por 30 minutos y pesar. ➤ Secar por períodos de 30 minutos, hasta peso constante. La diferencia entre los resultados de dos determinaciones, no debe exceder el 0,05% ➤ Aplicar la siguiente fórmula para realizar el cálculo: $\% \text{ de humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100$ <p>Dónde: M: masa de la muestra húmeda, en gramos M1: masa de la placa Petri + Peso muestra húmeda M2: masa de la placa Petri+ peso de la muestra seca</p> |
| Sólidos totales solubles | Esta norma establece la determinación de azúcares reductores y de azúcares totales por inversión. | NTE INEN 398 | <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Matraz volumétrico de 200 cm3 • Embudo, para filtración • Papel filtro y filtro de asbesto analítico • Vaso de precipitación, de | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar 20 g de la muestra homogeneizada y colocar en un matraz volumétrico de 200 cm3, diluir con 100 cm3 de agua destilada, clarificar con pequeño exceso de solución de acetato de plomo, llevar a volumen con agua destilada y filtrar. ➤ Remover el exceso de plomo con sulfato de sodio anhidro o con oxalato de potasio anhidro, filtrar. ➤ Colocar 25 cm3 de solución de sulfato de cobre y 25 cm3 de solución alcalina de tartrato sódico potásico en un vaso de precipitación de 400 cm3, añadir 50 cm3 de la muestra preparada. ➤ Calentar el vaso y su contenido, regulando la intensidad, para que comience a hervir después de 4 minutos, cubrir el vaso con un vidrio reloj y dejar por 2 minutos. ➤ Filtrar la solución caliente a través del asbesto analítico, en un crisol de gooch, usando succión. ➤ Lavar el precipitado de óxido de cobre con 5 cm3 de solución al 50 % de solución al 50% de ácido nítrico, conducido por debajo del vidrio de reloj mediante un pipeta. |

| | | | | |
|-----------------|--|-------------|--|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • 400 cm3 • Fuente calórica • Malla de asbesto • Vidrio de reloj • Crisol de Gooch • Pipeta • Matraz Erlenmeyer, de 250 cm3 | <p>➤ El filtrado antes mencionado debe ser recogido en un matraz Erlenmeyer de 250 cm3.</p> <p>➤ Hervir hasta desprendimiento de humos rojos, añadir agua de bromo, y hervir hasta su desprendimiento total. Enfriar y añadir 10 cm3 de acetato de sodio.</p> <p>➤ Añadir 10 cm3 de solución de yoduro de potasio y titular con solución de tiosulfato de sodio, hasta color amarillo pálido, adicionar suficiente cantidad del indicador de almidón, para producir azul intenso.</p> <p>➤ Añadir 2 g de sulfocianuro de potasio y agitar hasta disolución completa.</p> <p>➤ Determinar el peso del óxido cuproso, previamente secado, para luego establecer el peso de azúcares.</p> <p>➤ El contenido de azúcares reductores se determina por medio de la siguiente ecuación:</p> $A = 100 \frac{m_1}{m}$ <p>Donde: A: contenido de azúcares reductores, en porcentaje de masa. m: masa de la muestra original empleada, en gramos. m1: masa de azúcares, establecida mediante tabla, en gramos.</p> |
| Ácido ascórbico | Se determina el contenido de ácido ascórbico mediante una titulación volumétrica de óxido reducción. | Volumétrico | <ul style="list-style-type: none"> • Bureta de 50 ml • Erlenmeyer de 100 ml • Embudo • Pipeta automática P-1000 y puntas azules • Probeta de 50 ml • Baño María • Disolución de yodo 24,1 m/m • Disolución de almidón 1% (w/v) | <p>➤ Colocar en un matraz Erlenmeyer de 100 cm3, 10 cm3 de la muestra, 15 cm3 de agua destilada, 0,25 cm3 de HCl (15% v/v), 0,25 cm3 de almidón que actúa como indicador.</p> <p>➤ Llenar la bureta con 15 cm3 de la disolución de yodo.</p> <p>➤ Titular lentamente y agitando la disolución de la muestra contenida en el Erlenmeyer, hasta que vire al azul.</p> <p>➤ Para calcular la cantidad de vitamina C en la muestra, se utiliza la siguiente fórmula:</p> $V_c = 0,424 \times \frac{\text{Volumen yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}}$ <p>Donde: El volumen de yodo consumido es el volumen añadido al erlenmeyer desde la bureta al titular el preparado de vitamina C. El volumen de la muestra es el volumen de zumo que hemos puesto en el erlenmeyer con una concentración de vitamina C desconocida.</p> |

| | | | | |
|--------|---|---------------|---|---|
| Calcio | Éste método determina el calcio presente en la muestra mediante volumetría. | Volumétrico | <ul style="list-style-type: none"> • crisoles de porcelana • matraces volumétricos de 250 ml • vasos de precipitado de 250 ml • Papel filtro para análisis cuantitativos libre de cenizas | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar 2 g. de muestra o la medida más aproximada, colocar en un crisol e incinerar en la mufla a 550 a 600°C de 4 a 6 horas. ➤ Enfriar el crisol en desecador (20-30 minutos) y lavarlo con 40 ml. de solución de ácido clorhídrico 1:3, dividido en 2 porciones de 10 ml y una tercera y última de 20 ml. Vaciar los lavados en un vaso de precipitados de 250 ml, agregue 6 a 8 gotas de ácido nítrico concentrado y calentar hasta ebullición. ➤ Transferir el contenido del vaso a un matraz volumétrico de 100 ml. lave el vaso 3 veces con agua destilada, usando 15 ml. cada vez, y vaciando los lavados en el matraz .Aforar con agua destilada hasta los 100 ml. ➤ Filtrar el contenido del matraz de 100 ml. a un matraz de 200 ml. usando un filtro de papel Whatman No 40; aforar con agua destilada y agitar para homogenizar perfectamente el contenido. ➤ De la solución anterior tomar 25 ml usando una pipeta volumétrica y transferirlos a un vaso de precipitados de 250 ml.; diluir con agua destilada hasta aproximadamente 100 ml. y agregue 3-4 gotas del indicador rojo de metilo, mezclar con la varilla de vidrio. ➤ Adicionar gota a gota, con una pipeta, (y mezclando con la varilla de vidrio) solución de hidróxido de amonio 1:1 hasta alcanzar un pH de 5 a 6, lo cual se ve indicado por un color naranja amarillento de la solución. ➤ Agregar algunas gotas de la solución de ácido clorhídrico 1:3, hasta obtener un color rosa, indicativo de un pH de 2.5 a 3.6. ➤ Hervir la mezcla y adicione con agitación constante 10 ml. de solución de oxalato de amonio al 4.2% caliente; si el color rosa cambia a amarillo o naranja, adicione unas gotas de la solución de ácido clorhídrico 1:3 hasta obtener el color rosa original. ➤ Colocar el vaso con la mezcla en el baño maría, agitándolo cada 5 minutos durante 1 hora. ➤ Filtrar la solución a través de un papel filtro, lavando el vaso con tres porciones (de 25 ml.cada una) de hidróxido de amonio 1:50. ➤ Colocar el papel con el residuo , dentro de un matraz Erlenmeyer, lave los residuos que pudieran quedar en el embudo con 50 ml de agua destilada, la cual se depositará dentro del matraz. ➤ Añadir directamente al matraz 75 ml más de agua y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitar vigorosamente. ➤ Calentar el matraz con la solución en una parrilla hasta aproximadamente 70°C, titular en caliente con la solución de permanganato de potasio 0.05 N. La titulación se termina cuando se presenta un color rosado que permanece durante 30 segundos. |
| Hierro | El análisis colorimétrico es la variación en la intensidad del | Colorimétrico | <ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro. • Embudos de separación. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparar la serie de estándares tomando exactamente volúmenes de las soluciones patrón de hierro (utilice la solución patrón para medir en el rango de 0,001 a 0,010 mg) en matraces erlenmeyer de 125 ml, diluir a 50 ml. ➤ Mezclar la muestra perfectamente y pipetear 50 ml en un matraz erlenmeyer de 125 cm3. |

| | | | | |
|---------------------------------|---|--------------|--|--|
| | color de una solución debido a cambios en su concentración. | | <ul style="list-style-type: none"> • Cristalería lavada con ácido. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Diluir una alícuota medida exactamente, y aforar a 50 ml. Añadir 2 ml de HCl concentrado y 1 ml de solución de hidroxilamina NH₂OH.HCl. Para asegurarse de que todo el hierro se disuelve, continuar la ebullición hasta que el volumen se reduzca a 15-20 ml. (Si la muestra se seca disolver el residuo en 2 cm³ HCl conc. y 5 cm³ de agua destilada). ➤ Enfriar a temperatura ambiente y transferir a un matraz volumétrico de 50 ó 100 ml. ➤ Añadir 10 ml de solución tampón de acetato de amonio NH₄C₂H₃O₂ y 4 ml de solución de fenantrolina y diluir hasta la marca con agua destilada. Mezclar perfectamente con agitación y dejar en reposo por 10-15 min para que el color máximo se desarrolle. ➤ Para mediciones fotométricas (longitud de onda 510 nm) puede usarse el cuadro la celda de 1 cm. ➤ Leer los patrones ajustando el cero de absorbancia con agua destilada. Trazar una curva de calibración incluyendo un blanco (incluye todos los reactivos y en lugar de muestra, 50 ml de agua destilada) ➤ Las lecturas registradas se convierten a valores de hierro por medio de la curva de calibración. |
| Acidez titulable (%Ac. Cítrico) | Cantidad total de ácido en una solución. | NTE INEN 381 | <ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Matraz Erlenmeyer • Matraz volumétrico • Embudo para filtración • Agitador • Potenciómetro • Solución de NaOH 0,1 • Solución Buffer de pH conocido • Fenolftaleína | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Para productos densos, que son difíciles de filtrar. Mezclar y ablandar la muestra, mediante un mortero. ➤ Pesar 25 g de muestra, con aproximación al 0,01 g y transferir a un matraz Erlenmeyer, luego añadir 50 cm³ de agua destilada caliente, mezclando hasta obtener un líquido uniforme ➤ Acoplar un condensador de reflujo en el matraz Erlenmeyer y calentar durante 30 minutos en el baño de agua hirviendo, dejar enfriar y transferirlo a un matraz de 250 cm³ y aforarlo con agua destilada. $A = \frac{V_1 * N * P_M}{V_2}$ <p>Dónde:</p> <p>A: Acidez titulable V₁: Volumen utilizado de solución de NaOH V₂: Volumen de la alícuota para análisis. N: Normalidad de la solución de Na OH. P_M: Peso molecular del ácido de referencia.</p> |

| | | | | |
|----|--|-----------------|---|--|
| pH | Medición del potencial de hidrógeno mediante el uso de un electrodo sumergido en la muestra a ensayar. | Potenciométrico | <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 100 cm³. • Solución buffer de pH conocido. • pH-metro calibrado. • Agua destilada. • Muestra de hoja de tuna. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar la muestra ya preparada en un vaso de precipitación, sumergir el electrodo del pH-metro y registrar la medida de pH. |
|----|--|-----------------|---|--|

Fuente: NTE INEN

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2.4. Caracterización físico-química de la materia prima (hoja de tuna)

Antes de realizar los análisis físico-químicos es necesario disponer de las muestras adecuadas de materia prima, las cuales serán destinadas a estudio.

3.2.4.1. Descripción de la toma de muestra de la materia prima

Se procederá al muestreo de la materia prima (hoja de tuna) del lote de cosecha que se utiliza en la planta de procesamiento, de acuerdo con la normativa **NTE.INEN 1750:1994 Hortalizas y Frutas Frescas. Muestreo**, de acuerdo a ésta se indica que el tamaño mínimo de muestra para ensayos es de 2 Kg, por lo tanto este será el peso de muestra que se destinará a los análisis para la caracterización de la materia prima.

3.2.4.2. Resultados de la caracterización de la Materia Prima

La caracterización de los parámetros físico-químicos de la materia prima, fue realizada con referencia a un estudio realizado acerca de las características físicas y químicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en donde Sánchez, A (2017, pp. 177-179) evaluó biomasa fresca, longitud, ancho, grosor, acidez titulable (AT), pH y contenidos de sólidos solubles totales (SST), ácido ascórbico, humedad, proteínas, cenizas, grasas, carbohidratos, pectina total, hierro, calcio y potasio.

Primero se procedió a la inspección y selección de las hojas que serán empleadas para la obtención de la bebida, mediante los parámetros de biomasa fresca, longitud, ancho y grosor, de los cuales se sacó un promedio de los valores obtenidos al medir dichos parámetros en varias muestras, estos datos alcanzados se detallan en la tabla 5-5.

Tabla 5-5: Características físicas de la hoja de tuna seleccionada

| Características físicas | Unidad | Valor |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| Biomasa fresca | g | 0,98 |
| Longitud | cm | 40 |
| Ancho | cm | 17 |
| Grosor | Mm | 18 |

Fuente: Empresa Vita Tuna, 2018

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Una vez que se tiene la muestra con las características físicas deseadas, se procede a la caracterización fisicoquímica de la misma, la muestra es destinada a todos los ensayos de laboratorio necesarios, los cuáles arrojan los resultados expresados en la tabla 6-3. Ver anexo A.

Tabla 6-3: Caracterización físico-química de la materia prima (hoja de tuna)

| Determinaciones | Unidades | Método de análisis | Valor encontrado |
|------------------|----------|--------------------|------------------|
| Proteína | % | INEN 1670 | 1,98 |
| Grasa | % | INEN 523 | 0,45 |
| Cenizas | % | INEN 401 | 0,93 |
| Humedad | % | INEN 1235 | 94,14 |
| Sólidos totales | % | INEN 1235 | 2,5 |
| Azúcares totales | °Brix | - | 2,5 |
| Ácido ascórbico | mg/100g | Volumétrico | 12,6 |
| Calcio | mg/100g | Volumétrico | 74,8 |
| Hierro | mg/100g | Colorimétrico | 0,86 |
| Acidez titulable | mg/100g | Volumétrico | 98,2 |
| pH | - | Potenciométrico | 5,6 |

Fuente: SAQMIC, 2018

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2.5. *Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de la bebida de hoja de tuna.*

Antes de llevar a cabo los distintos ensayos de laboratorio, se realiza la caracterización de la hoja de tuna, obteniendo los parámetros adecuados que requiere la materia prima para su procesamiento a nivel industrial, después de esto se procede a la realizar los ensayos de elaboración de la bebida de hoja de tuna a nivel de laboratorio.

3.2.5.1. *Requerimientos de Materiales, Equipos y Reactivos.*

Para iniciar con el diseño del proceso a nivel industrial, es necesario realizar ensayos de elaboración de la bebida a base de hoja de tuna a nivel de laboratorio, para lo que se utilizan distintos materiales, equipos y reactivos, descritos a continuación en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Materiales, equipos y reactivos

| Equipo, material o reactivo | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Mesa de acero inoxidable | Mesas de uso generalmente industrial utilizadas para la preparación de alimentos, en laboratorios químicos, entre otras industrias. |
| Balanza | Balanza grande destinada a pesar grandes dimensiones, debido a que posee más amplios rangos de pesaje. |
| Balanza digital | Equipo para el pesaje de pequeñas cantidades de material. |
| Cedazo | Utensilio empleado para separar materiales de diferente grosor. |
| Tanque mezclador | Equipo donde se realiza la mezcla de componentes. |
| Pasteurizador | Equipo diseñado para el tratamiento térmico de productos alimentarios. |
| Tanque para lavado | Equipo donde se realiza el lavado de la materia prima. |
| Termómetro | Instrumento que sirve para medir la temperatura. |
| Cofia, guantes, mascarilla | Artículos desechables y de seguridad para el manejo de alimentos en la industria. |
| Cuchillo | Instrumento empleado para cortar. |
| Sorbato de potasio | Conservante de alimentos. |
| Benzoato de sodio | Conservante de alimentos. |
| Saborizantes naturales | Saborizante para bebidas y refrescos. |
| Edulcorantes | Sustancia natural o artificial que dota de un sabor dulce a los alimentos. |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2.5.2. Descripción del proceso a nivel de laboratorio.

El procedimiento para el diseño del proceso de elaboración de la bebida de hoja de tuna a nivel de laboratorio se describe a continuación.

➤ **Recepción de la materia prima.**

Previo a la cosecha de la materia prima se observa que los cladodios que van a ser cortados del nopal posean las características físicas de largo, ancho y espesor aproximadas a las requeridas, determinadas en la caracterización de la materia prima, para evitar extraer hojas demasiado tiernas de la cactácea.

La muestra de materia prima fue separada del lote de cosecha en la misma planta de procesamiento, la cual tuvo un peso de 47,5 Kg, y fue inmediatamente procesada.



Fotografía 1-3: Materia prima
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Inspección y selección de las hojas de tuna.**

La inspección y selección se lleva a cabo para separar el porcentaje de materia defectuosa, lo que determinará si la materia prima es apta para el procesamiento. La muestra de materia prima es inspeccionada, según la **NTE INEN 2790-2013 Norma para el nopal (CODEX STAN 185-1993, MOD)**, se debe observar que; las hojas estén enteras, sanas, exentas de daños causados por plagas, exentas de humedad externa anormal, exentos de cualquier olor y sabor extraños, exentos de manchas pronunciadas, y estar lo suficientemente desarrollados, presentando un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto para el que se las vaya a emplear, además deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.



Fotografía 2-3: Inspección y selección de las hojas
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 8-3: Datos para cálculo de porcentaje de defectuosos

| Fi (Kg) | Fm (Kg) |
|----------------|----------------|
| 47,50 | 1,45 |

Fuente: Empresa Vita Tuna
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Mediante la siguiente ecuación, se realiza el cálculo de la determinación de defectuosos, para los fines necesarios.

$$\%Def = \frac{Fm}{Fi} * 100$$

Donde:

Def: Porcentaje de defectuosos (%)

Fm: Fruta en mal estado (Kg)

Fi: Total de fruta inspeccionada (Kg)

$$\% Def = \frac{1,45 Kg}{47,50 Kg} * 100$$

$$\% Def = 3,05$$

La Norma Técnica Ecuatoriana **INEN 2790-2013**, establece que la tolerancia de calidad en los nopales de categoría I la superficie total afectada no deberá superar el 5%, por lo que el valor obtenido en el cálculo anterior se encuentra dentro del rango permisible, por lo que se ejecuta la siguiente etapa.

➤ **Desespinado.**

Se realiza la remoción de las espinas de la hoja de nopal de forma manual, con la ayuda de un cuchillo, el cual cortara las espinas que esta posee. La muestra global desespinaada corresponde a 45,68 Kg con un porcentaje de rendimiento de operación de 99,19%.



Fotografía 3-3: Desespinado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Lavado.**

El lavado de la muestra se lo realiza en un tanque amplio, con agua potable de la red, se adiciona hipoclorito de sodio al 5%(v/v). Por medio del cepillado de la hoja varias veces hasta asegurarse que se hayan removido completamente materiales extraños. Después de ésta operación la muestra global limpia corresponde a 45,55 Kg con un porcentaje de rendimiento de operación de 99,71%.



Fotografía 4-3: Hojas de tuna lavadas
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Mondado y despulpado.**

Se realiza el mondado manual de la hoja de tuna, para lo que se utilizan cuchillos, así se retira la corteza de la hoja, y se extrae la pulpa que esta posee.



Fotografía 5-3: Mondado y Despulpado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 9-3: Datos para el contenido de pulpa

| Muestra de materia prima (Kg) | Cáscara (Kg) | Pulpa (Kg) |
|-------------------------------|--------------|------------|
| 45,55 | 18,65 | 26,90 |

Fuente: Empresa Vita Tuna

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Para calcular el contenido de pulpa, se emplea la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{\text{Masa de pulpa}}{\text{Masa del fruto}}$$

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{26,90}{45,55} * 100$$

$$\text{Contenido de pulpa} = 59,06 \%$$

➤ **Troceado.**

Una vez obtenida la pulpa de la hoja, se procede a trocear manualmente la materia prima con la ayuda de un cuchillo hasta obtener trozos pequeños de aproximadamente 3cm. Una vez realizada esta operación se obtienen 26,53 Kg de pulpa troceada que corresponde al 99,37% de rendimiento.



Fotografía 6-3: Troceado

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Homogeneizado.**

La relación en que se adiciona el agua al parénquima de nopal es de 170 ml de agua cada 100 g de pulpa, lo que según cálculos corresponde a adicionar 45,44 L de agua purificada a 26,73 Kg de pulpa de la hoja.

Empleando una licuadora Oster, se licúa a velocidad constante de 1 min los 26,73 Kg de cuadritos de la pulpa obtenidos en la etapa de troceado, para facilitar la homogeneización se añaden tan solo 15,44 L del agua purificada total que debe llevar la mezcla. Obteniéndose 41 L de mezcla homogeneizada.



Fotografía 7-3: Homogeneizado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Mezclado y agitado.**

La empresa realizaba esta etapa de manera distinta a la que se realizó en el ensayo final, para el mezclado de la pulpa de la hoja de tuna con el agua se dejaba macerar durante 24 horas los componentes. Sin embargo en otros ensayos realizados previamente se determinó que para esta operación se realizará la operación de mezclado y agitado, ya que se disminuye en aproximadamente un 80% el tiempo de elaboración del producto, obteniendo los mismos resultados esperados.

La relación en que se adiciona el agua al parénquima de nopal ha sido determinada anteriormente para la etapa de homogeneizado, la cual es de 170 ml de agua cada 100 g de pulpa, por lo que resta adicionar 30 L de agua purificada los que se añaden a los 41 L de mezcla homogeneizada, y se someten a un agitado de 5 horas de los componentes.



Fotografía 8-3: Mezclado y agitado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Filtrado.**

Se procede a filtrar por medio de un cedazo esterilizado el jugo obtenido en la anterior etapa, para conseguir la bebida sin materia sólida, la cual tendrá una consistencia de gel. El porcentaje de rendimiento de esta operación es de 77,47 % que corresponde a 55 L de bebida de hoja de nopal. Datos expresados en la tabla 10-3.



Fotografía 9-3: Filtración de la bebida
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 10-3: Volumen obtenido de la bebida una vez filtrada la mezcla

| Mezcla obtenida (L) | Bebida filtrada (L) | %Rendimiento |
|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 71 | 55 | 77,47 |

Fuente: Empresa Vita Tuna
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Pasteurizado.**

El tratamiento térmico se realiza con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos y alargar la vida útil del producto, según bibliografía el rango de pasteurización para bebidas de extractos de frutos o vegetales, los rangos adecuados de temperatura, son de 60 a 65°C durante

30 minutos y de 70 a 90 °C, durante 15-30 segundos. Esto se realiza a una temperatura de 75°C, se deja solamente por 30 segundos inmediatamente después de transcurrido este tiempo se baja drásticamente la temperatura de la bebida hasta los 35 °C.



Fotografía 10-3: Pasteurizado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Adición de aditivos**



Fotografía 11-3: Adición de aditivos
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

✓ **Conservante**

Según la norma CODEX STAN 192-1995 “el uso de aditivos alimentarios está justificado únicamente si ello ofrece alguna ventaja, no presenta riesgos apreciables para la salud de los consumidores, no induce a error a éstos, y cumple una o más de las funciones tecnológicas establecidas por el Codex” por lo que para la elaboración de esta bebida se utilizaron dos conservantes que constan entre los aditivos permitidos por el CODEX, el benzoato de sodio y el sorbato de potasio. En la tabla 11-3 se establecen las dosis máximas permitidas para estos conservantes en este tipo de bebidas.

Tabla 11-3: Valores máximos permitidos para aditivos

| Aditivo | Dosis máxima (mg/Kg) |
|----------------|-----------------------------|
| Benzoatos | 250 |
| Sorbatos | 500 |

Fuente: CODEX STAN 192-1995

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Se coloca la bebida obtenida en un recipiente debidamente esterilizado y se añaden 15 g de benzoato de sodio y sorbato de potasio en iguales proporciones, mediante cálculos previos se determina que estas cantidades se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos.

✓ **Edulcorante**

Para dar un ligero sabor dulce a la bebida se utiliza la sucralosa que es un edulcorante no calórico el cual endulza sin añadir hidratos de carbono al alimento. La sucralosa presenta un sabor parecido al azúcar, buena solubilidad en agua y una excelente estabilidad en una amplia gama de bebidas y alimentos procesados. Se han realizado extensos estudios para fundamentar la inocuidad de la sucralosa. La sucralosa ha sido aprobada por “el Comité Conjunto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (1990) y por el Comité Científico sobre Alimentos (SCF) de la Comisión Europea (2000) – actualmente la Autoridad Europea de Seguridad de los Alimentos (EFSA)” (FAGRAN, 2007).

Se utiliza sucralosa líquida en una relación de 8 gotas por litro, es decir 0,4 ml por litro, lo que significa que a los 55 litros de bebida se le añadieron 22 ml de sucralosa.

✓ **Saborizante**

Los saborizantes son sustancias obtenidas “exclusivamente mediante métodos físicos, microbiológicos o enzimáticos, a partir de materias primas aromatizantes/saborizantes naturales”. En este caso se utilizaron extractos líquidos de piña y durazno, los mismos que son obtenidos por agotamiento en frío o en caliente de productos de origen vegetal con disolventes permitidos, estos contienen los principios sápidos aromáticos volátiles y fijos correspondientes al producto natural al que pertenecen (SICE, 2018).

La relación en que se añade el saborizante respectivo a la bebida fue de 0,5 ml por litro de bebida, lo que significa que fueron adicionados 27,5 ml de saborizante a la cantidad final de bebida obtenida que fueron 55 L.

➤ **Envasado y etiquetado.**

El envase en el que se coloque la bebida deberá ser de un material que resista a la acción del producto, de tal manera que las características organolépticas y la composición del producto no se vean afectadas por dicho material.

Al llenar el envase de 500 ml de la bebida, el espacio libre no puede exceder el 5% del volumen del recipiente que lo contenga. Posteriormente se etiqueta el envase.



Fotografía 12-3: Envasado
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

➤ **Conservación.**

La bebida de hoja de tuna debe mantenerse refrigerada a 4°C, para conservar sus propiedades.

3.2.5.3. Variables y parámetros del proceso

Una vez planteado el proceso de elaboración de la bebida de hoja de tuna, se establecen las principales variables y parámetros a considerar, las cuales se detallan en la tabla 12-3.

Tabla 12-3: Variables y parámetros a controlar en el proceso

| Parámetros | Fundamento | Variables | Punto de control | Criterios |
|-------------------|---|----------------------|-------------------------|--|
| Hoja de tuna | Pulpa de la hoja de tuna, que será procesada. | Contenido de pulpa | 55% | Valor que depende del tiempo de maduración que presente la hoja. |
| | | Tiempo de maduración | 9-12 meses | Valor que afecta en la composición de la hoja de tuna. |
| Mezclado | Proceso en el que se mezcla la pulpa de la hoja con una proporción de | Tiempo | 2h30min | Punto necesario a controlar, debido a que de esto dependerá la concentración |

| | | | | |
|---------------------|--|--------------|--|--|
| | agua. | | | de la pulpa en el agua que se adiciona. |
| Pasteurizado | Las variables a controlar en el pasteurizado, influyen en la inhibición de microorganismos en el producto final. | Temperatura | 75°-35°C | La temperatura debe elevarse hasta 75°C y después del tiempo establecido, bajar la temperatura bruscamente hasta los 35°C. |
| | | Tiempo | 30 s | El tiempo en el que se eleva la bebida hasta los 75°C, deberá controlarse, siendo este de 30 s. |
| Adición de aditivos | Dosis a controlar, de los aditivos que requiere la bebida. | Conservantes | Benzoato de sodio y Sorbato de potasio | Uso en dosificaciones máximas de 250 mg/Kg y 500mg/Kg respectivamente. |
| | | Edulcorante | Sucralosa | 0,4 ml por litro |
| | | Saborizante | Sabor a durazno | 0,5 ml por litro |
| Conservación | Variables de conservación, luego de ya obtenido el producto final. | Temperatura | 4°C | Temperatura a la que el producto final deberá conservarse para mantener sus propiedades. |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2.6. *Diseño de ingeniería para la obtención de una bebida de hoja de tuna a escala industrial.*

En base a los resultados obtenidos durante el ensayo ejecutado, se realiza el diseño de ingeniería, tomando como base de cálculo una producción total de 248,55 L de bebida de hoja de tuna, que corresponde aproximadamente a cinco veces la producción actual de la misma.

Volumen de bebida a procesar:

$$V = 248,55 \text{ L}$$

3.2.6.1. *Balance de masa.*

Un balance de masa, se puede describir como la contabilidad de entradas y salidas de masa que ocurren en un proceso o en una parte del mismo. Éste es la aplicación de la ley de conservación de la masa “La masa no se crea, ni se destruye, solo se transforma”. La ejecución de estos balances es de importancia para el cálculo del tamaño de los equipos que se emplearán dentro de un proceso, así como también para evaluar sus costos (Deiana et al., 2018: p.p. 2-4).

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

➤ **Recepción de la materia prima.**

Se adiciona 2 Kg a la cantidad necesaria de hoja de tuna en la alimentación F_a , ya que ésta porción de materia prima será retirada como muestra para revisar parámetros de calidad y características fisicoquímicas del lote cosechado y seguir con el procesamiento de la bebida.

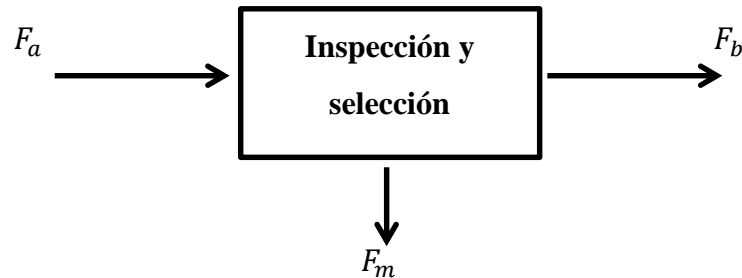
$$Lote (Kg) = F_a + 2Kg$$

$$Lote = 218 Kg$$

El lote de cosecha que se empleará en el proceso es de 218 Kg, tomando en cuenta la masa promedio de cada hoja de tuna, se establece a continuación el número aproximado de hojas de tuna que se utilizarán.

$$Lote = 218Kg * \frac{1 ud}{0,98 Kg} = 222,44 \cong 223 \text{ hojas de tuna.}$$

➤ **Inspección y selección de materia prima.**



Donde:

F_a : Alimentación de hoja de tuna (Kg)

F_b : Hoja de tuna en buen estado (Kg)

F_m : Hoja de tuna en mal estado (Kg)

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{F_b(Kg)}{F_a(Kg)} * 100 = 96,95\%$$

$$F_b = \frac{96,95 \%}{100} * F_a$$

$$F_b = 0,9695 * 216 Kg$$

$$F_b = 209,41 \text{ Kg}$$

$$F_a = 216 \text{ Kg}$$

$$F_b = 209,41 \text{ Kg}$$

$$F_m = 6,59 \text{ Kg}$$

La inspección y selección de las hojas de tuna, es una operación realizada manualmente, en la que se requiere de un tiempo aproximado de 20 segundos por unidad, considerando que el peso promedio de cada hoja es 0,98 Kg.

$$t_{\text{inspección}} = 216 \text{ Kg} * \frac{20 \text{ s}}{0,98 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$t_{\text{inspección}} = 1,22 \text{ h}$$

➤ **Desespinado.**



Donde:

F_d : Hojas de tuna desespinaadas (Kg)

$$\text{Rendimiento} = 99,19\%$$

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{F_d(\text{Kg})}{F_b(\text{Kg})} * 100$$

$$F_d = \frac{99,19\%}{100} * F_b(\text{Kg})$$

$$F_d = 0,9919 * 209,41 \text{ Kg}$$

$$F_d = 207,70 \text{ Kg}$$

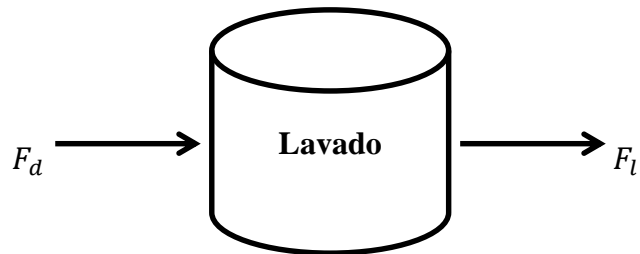
El desespinado de la hoja de tuna se realiza de forma manual, y requiere de un tiempo aproximado de 2 minutos por unidad, considerando un peso estimado de 0,98 Kg.

$$t_{\text{desespinado}} = 209,41 \text{ Kg} * \frac{2 \text{ min}}{0,98 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_{\text{desespinado}} = \frac{7,12 \text{ h}}{2 \text{ operarios}}$$

$$t_{desespinado} = 3,56 \text{ h}$$

➤ **Lavado.**



Donde:

F_l : Hojas de tuna limpias (Kg)

$$\text{Rendimiento} = 99,71 \%$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{F_l(\text{Kg})}{F_d(\text{Kg})} * 100$$

$$F_l = \frac{99,71 \%}{100} * F_d(\text{Kg})$$

$$F_l = 0,9971 * 207,70 \text{ Kg}$$

$$F_l = 207,09 \text{ Kg}$$

El lavado de las hojas de tuna es una operación manual, que se realiza una vez que las hojas han sido desespinaadas con la ayuda de cepillos, para asegurarse de retirar cualquier material extraño que éstas presenten, el tiempo aproximado que se requiere es de 30 segundos por unidad considerando su peso estimado de 0,98 Kg.

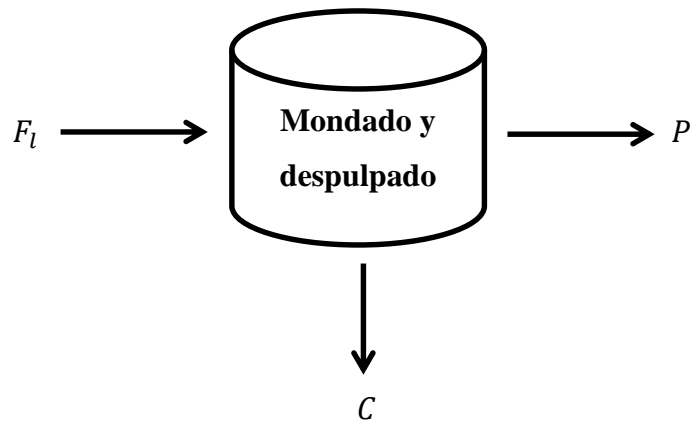
$$t_{lavado} = 207,70 \text{ Kg} * \frac{30 \text{ s}}{0,98 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$t_{lavado} = 1,77 \text{ h}$$

➤ **Mondado y despulpado**

A partir del ensayo realizado anteriormente, se obtuvo un rendimiento de pulpa de la hoja de tuna de 59,06 %.

$$\text{Rendimiento} = 59,06 \% \equiv \text{Contenido de pulpa}$$



Donde:

P : Pulpa de la hoja de tuna (Kg)

C : Cáscara (Kg)

$$\text{Rendimiento} = \frac{P}{F_l} * 100$$

$$P = F_l * \frac{59,06 \%}{100}$$

$$P = 207,09 \text{ Kg} * 0,5906$$

$$P = 122,31 \text{ Kg}$$

$$F_l = P + C$$

$$C = 84,78 \text{ Kg}$$

El mondado y despulpado de la hoja se realiza de forma manual con la ayuda de un cuchillo, debido al grosor de la cáscara se dificulta un poco esta operación, por lo que el tiempo que se requiere para su ejecución es de 4 minutos por unidad aproximadamente, tomando en cuenta que cada unidad pesa en promedio 0,98 Kg.

$$t_{mondado} = 207,09 \text{ Kg} * \frac{4 \text{ min}}{0,98} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

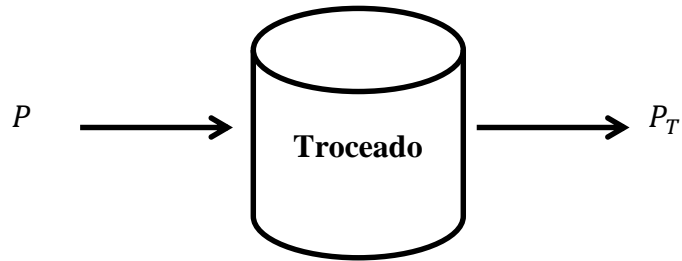
$$t_{mondado} = \frac{14,09 \text{ h}}{2 \text{ operarios}}$$

$$t_{mondado} = 7,045 \text{ h}$$

➤ Troceado.

En el ensayo realizado se determinó un porcentaje de rendimiento de 99,37 % para ésta operación.

Rendimiento = 99,37 % = Pulpa troceada



Donde:

P_T : pulpa troceada (Kg)

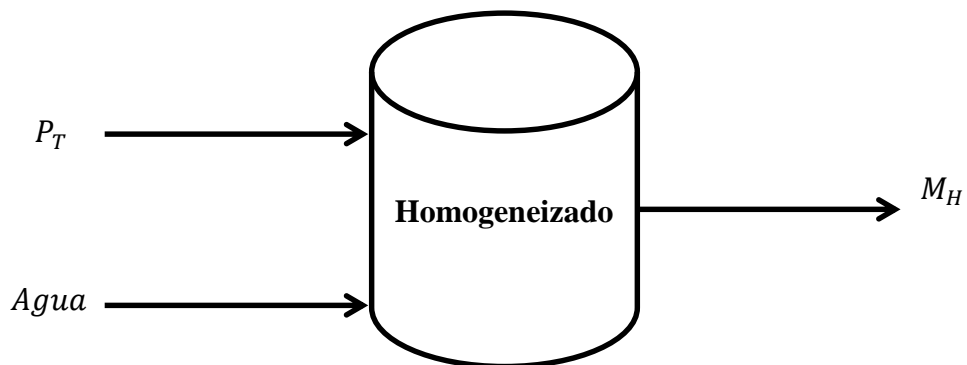
$$\text{Rendimiento} = \frac{P_T}{P} * 100$$

$$P_T = \frac{99,37}{100} * P$$

$$P_T = 0,9937 * 122,31 \text{ Kg}$$

$$P_T = 121,54 \text{ Kg}$$

➤ **Homogeneizado.**



Donde:

M_H : mezcla homogeneizada (L)

En referencia al ensayo realizado a escala de laboratorio, se conoce que para los 26,73 Kg de pulpa troceada se obtuvieron 41 L de líquido, al licuarlos junto con 15,44 L de agua. Por cálculos se determina que para un P_T de 121,54 Kg se deben adicionar 70,20 L y se obtendrán 186,42 L de mezcla homogeneizada.

$$P_T + \text{Agua} = M_H$$

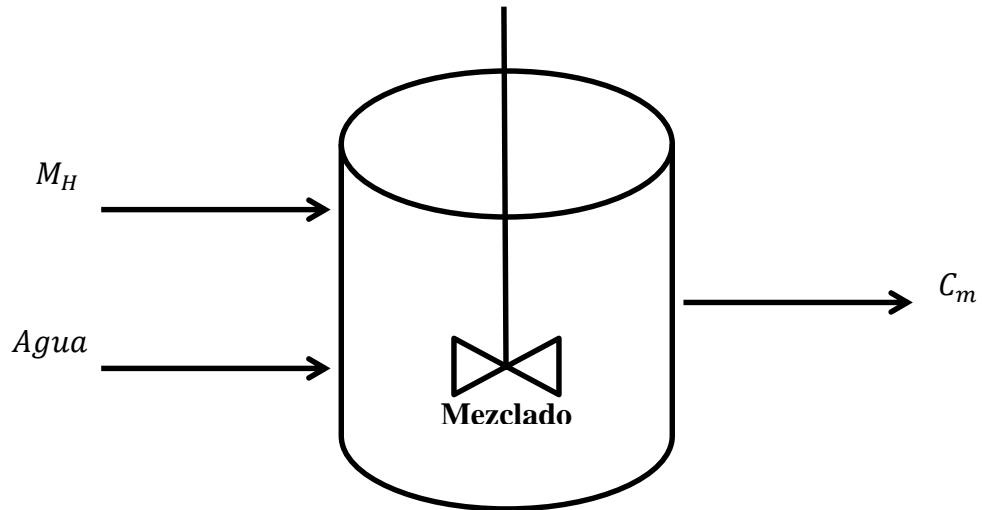
$$P_T + 70,20 \text{ L} = 186,42 \text{ L}$$

$$P_T = 116,22 L$$

$$116,22 L + 70,20 L = 186,42 L$$

$$186,42 L = 186,42 L$$

➤ **Mezclado y Agitado.**



Donde:

M_H : Mezcla homogeneizada (L)

C_m : Cantidad de la mezcla obtenida (L)

Según cálculos previos en relación a la escala de laboratorio utilizada en el ensayo piloto se determinó que van a ser necesarios 204,61 L de agua para la mezcla, de los cuales son empleados 70,20 L en la etapa de homogeneizado y en ésta se adiciona lo que resta de agua. El tiempo durante el que se agita la mezcla es de 5 horas.

$$M_H = 186,42 L$$

$$Agua = 134,41 L$$

$$M_H + Agua = C_m$$

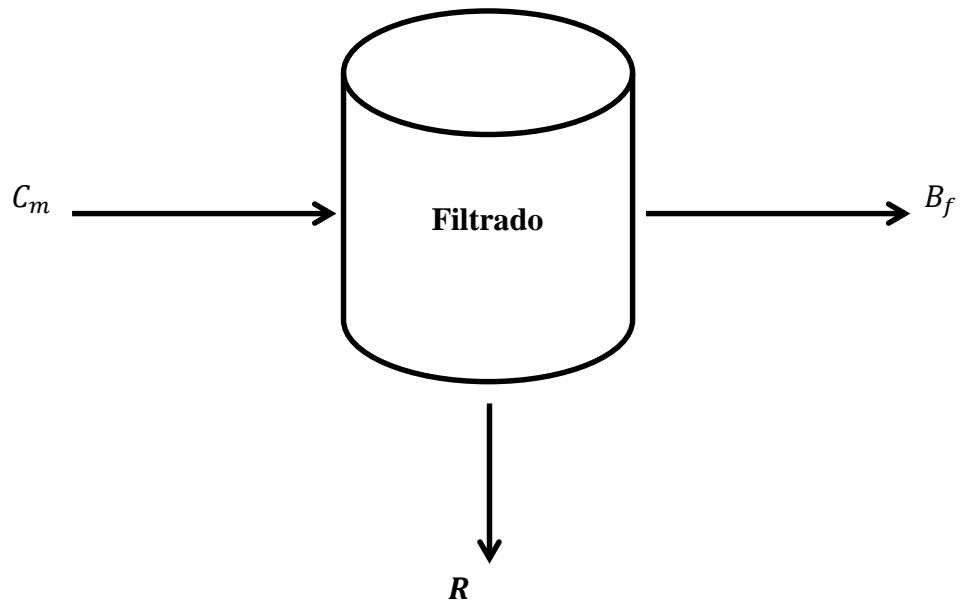
$$186,42 L + 134,41 L = 320,83 L$$

$$320,83 L = 320,83 L$$

➤ **Filtrado.**

En el ensayo realizado a nivel de laboratorio, en la operación de filtrado se obtiene un porcentaje de rendimiento de 77,47 %.

$$\text{Rendimiento} = 77,47\% = \text{Bebida filtrada}$$



Donde:

B_f : Bebida filtrada (L)

R : Residuo (L)

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{B_f(L)}{C_m(L)} * 100$$

$$B_f = \frac{77,47\%}{100} * C_m$$

$$B_f = 0,7747 * 320,83 \text{ L}$$

$$B_f = 248,55 \text{ L}$$

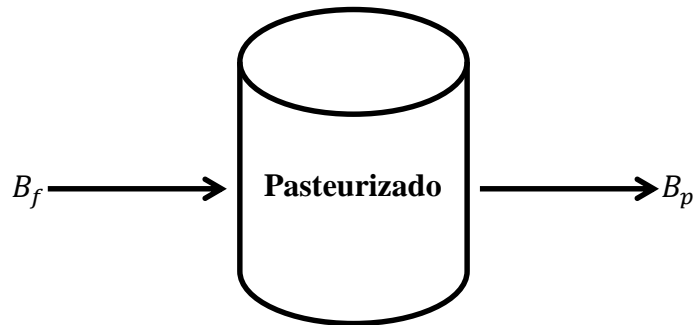
$$C_m = B_f + R$$

$$320,83 \text{ L} = 248,55 \text{ L} + R$$

$$R = 72,28 \text{ L}$$

➤ **Pasteurizado.**

En el ensayo de laboratorio realizado no se determinan pérdidas apreciables en el proceso de pasteurizado, ya que se eleva a una temperatura de 75°C durante 30 segundos, temperatura y tiempo que no son suficientes para que el agua contenida en la bebida comience a evaporarse.



Donde:

B_p : Bebida pasteurizada

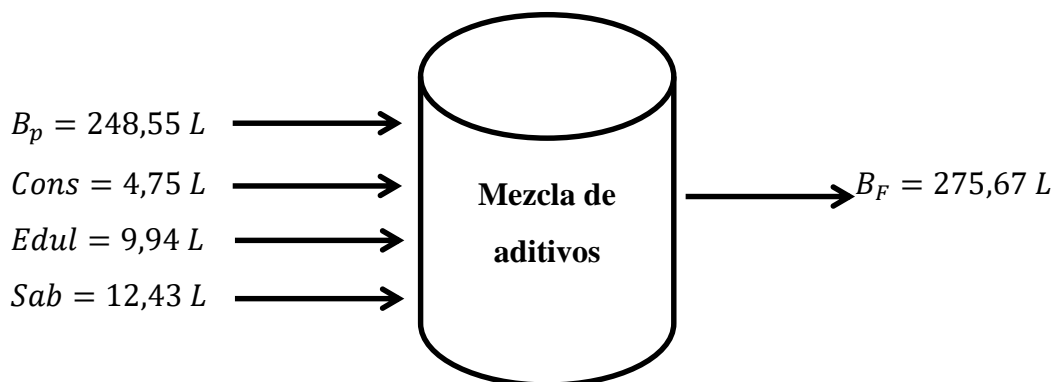
$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$B_f = B_p$$

$$248,55 \text{ L} = 248,55 \text{ L}$$

➤ **Mezcla de aditivos.**

Los aditivos que se van a incorporar a la bebida una vez elaborada, y tratada térmicamente son conservantes, edulcorantes y saborizantes.



Donde:

$Cons$: Conservantes (L)

$Edul$: Edulcorante (L)

Sab: Saborizante (L)

B_F: Bebida final (L)

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$E = S$$

Bebida filtrada y pasteurizada + *Conservantes* + *Edulcorante* + *Saborizante* = *Bebida final*

$$248,55 \text{ L} + 4,75 \text{ L} + 9,94 \text{ L} + 12,43 = 275,67 \text{ L}$$

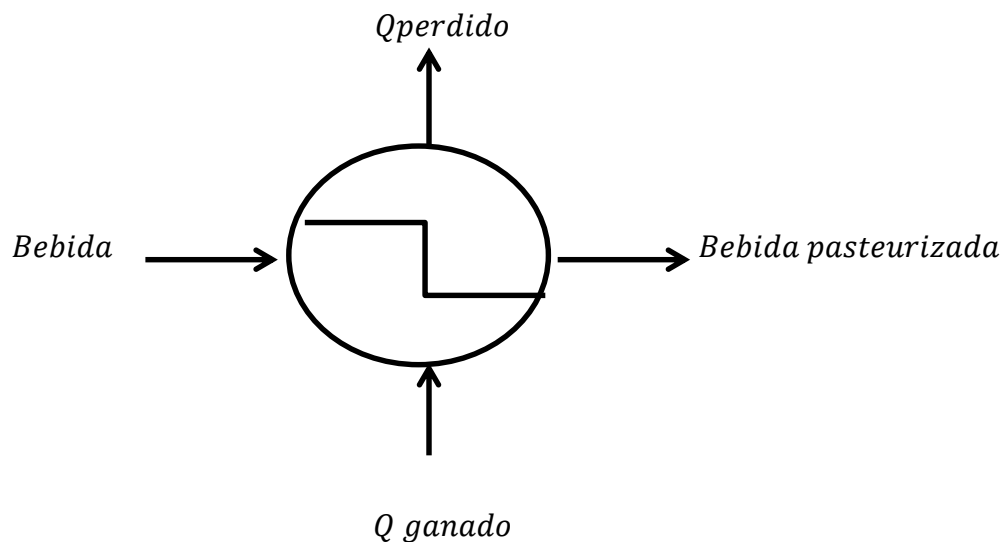
$$275,67 \text{ L} = 275,67 \text{ L}$$

3.2.6.2. Balance de energía

Un balance de energía se rige por la ley de conservación de la energía en donde se establece que “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, éste es imprescindible en los procesos que emplean equipos en los que existe intercambio de energía, por ejemplo cuando un fluido se calienta o enfría.

$$Q_{\text{ganado}} = Q_{\text{perdido}}$$

➤ Pasteurizado.



$$Q_{\text{ganado}} = Q_{\text{perdido}}$$

$$Q_{B1} = Q_{H1} + Q_{M1}$$

Donde:

Q_{B1}: Calor ganado por la bebida, KW

Q_{H1} : Calor suministrado por la caldera, KW

Q_{M1} : Calor perdido por las paredes del pasteurizador, KW

- Área de transferencia de calor:

$$A_p = 2\pi * r_p * h_p + \pi * r_p^2$$

Donde:

A_p : Área de transferencia de calor, m^2

r_p : Radio del pasteurizador, m

h_p : Altura del pasteurizador, m

$$r_p = 0,30$$

$$h_p = 0,75$$

$$A_p = 2\pi * (0,30m) * (0,75m) + \pi * (0,30m)^2$$

$$A_p = 1,41m^2 + 0,28m^2$$

$$A_p = 1,69 m^2$$

- Calor perdido por las paredes del pasteurizador.

$$Q_{M1} = -k_{acero} * A_p * \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Donde:

Q_{M1} : Calor perdido por las paredes del pasteurizador, KW

k_{acero} : Constante de conductividad térmica del acero, W/m.K

A_p : Área de transferencia de calor, m^2

ΔT : Varación Temperatura de pasteurización, °K

T_A : Temperatura de alimentación, °K

Δx : Espesor del material, m

$$Q_{M1} = -50,2 \frac{W}{m.K} * 1,69 m^2 * \frac{(348 \text{ °K} - 291 \text{ °K})}{(0,004 m)}$$

$$Q_{M1} = -1 208 941,5 W$$

$$Q_{M1} = -1208,94 KW$$

- Calor ganado por la bebida

$$Q_{B1} = m_m * C_{p_{nopal}} * (T_p - T_A)$$

Donde:

Q_{B1} : Calor ganado por la bebida, KW

m_m : Alimentación al pasteurizador, Kg/s

$C_{p_{nopal}}$: Capacidad calorífica del nopal, $\frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$

La capacidad calorífica del nopal se evalúa en base a la humedad del alimento (Machado p.49, 2007), el valor de C_p según Machado y Vélez (2008, p.49) es:

$$C_{p_{nopal}} = 3,91 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$$

$$Q_{B1} = 0,15 \frac{Kg}{s} * 3,91 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * (75 - 18)^{\circ}C$$

$$Q_{B1} = 33,43 KW$$

- Calor suministrado por la caldera:

$$Q_{B1} = Q_{H1} - Q_{M1}$$

$$Q_{H1} = Q_{B1} - Q_{M1}$$

$$Q_{H1} = 33,43 KW - (-1208,94 KW)$$

$$Q_{H1} = 1242,37 KW$$

- Coeficiente global de transferencia de calor en el pasteurizador:

$$Q_{B1} = U_1 * A_p * \Delta T$$

$$U_1 = \frac{Q_{B1}}{A_p * \Delta T}$$

$$U_1 = \frac{33,43 KW}{1,69 m^2 * (75 - 18)^{\circ}C}$$

$$U_1 = 0,35 \frac{KW}{m^2^{\circ}C}$$

BALANCE GENERAL DE MASA.

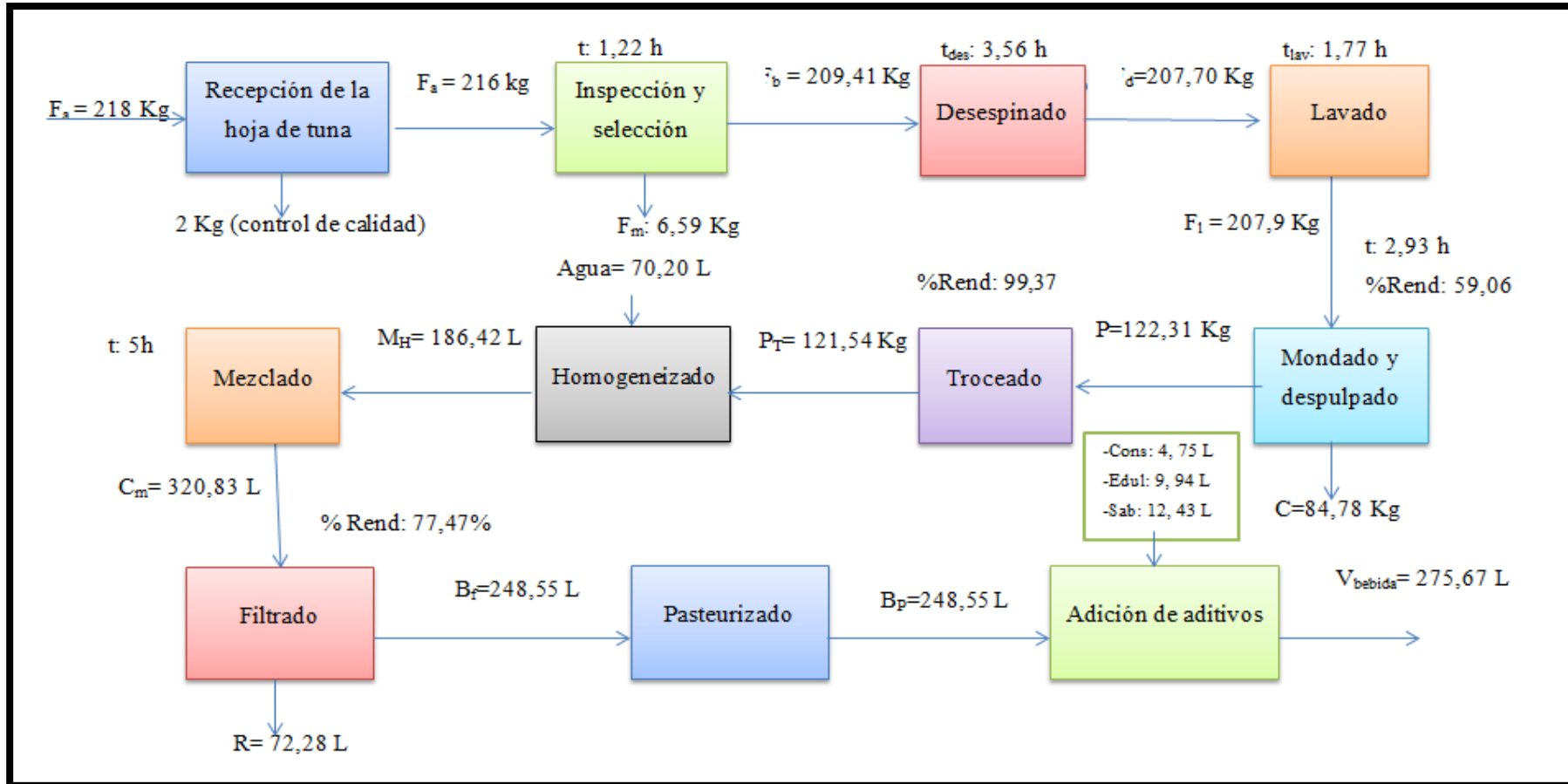


Gráfico 2-3: Balance general de masa
 Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.2.6.3. Diseño de un tanque de agitado

Durante el desarrollo del presente proyecto técnico, se ha observado que para la elaboración de la bebida de hoja de tuna, el proceso de agitación y mezcla de componentes es la etapa primordial debido a que de esto dependerá la calidad final del producto obtenido. El éxito de muchas operaciones industriales depende de la eficaz agitación y mezcla de fluidos (McCabe, et al., 2007, pp. 242). Por lo que el tanque de agitado es el equipo necesario para ejecutar dicho proceso, se realizan los cálculos de ingeniería necesarios para su diseño, según la capacidad de producción propuesta para la empresa.

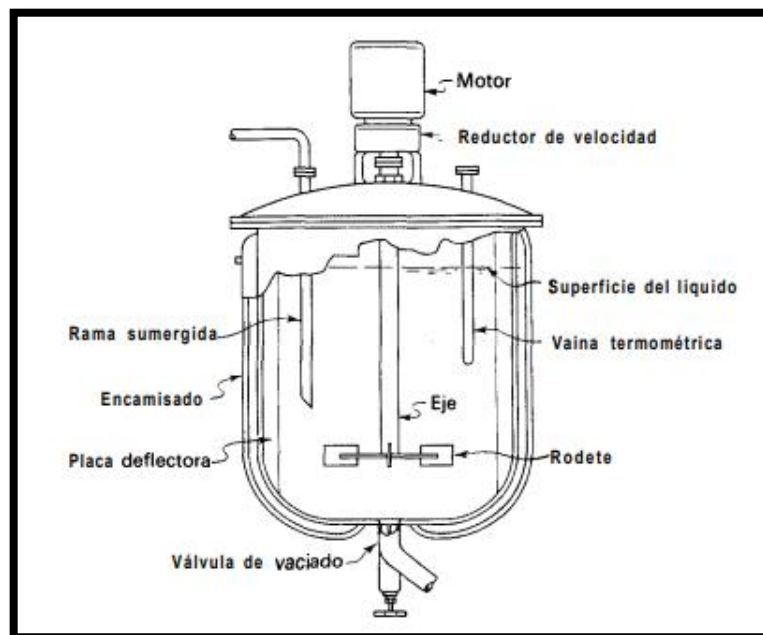


Figura 4-3: Tanque típico de proceso con agitación
Fuente: (McCabe, et al., 2007, p.242)

➤ Cálculos para el dimensionamiento del tanque de agitado

Del diseño del proceso y los balances de masa realizados en cada una de las etapas, se conoce que la cantidad total de bebida que se produce, tomando en cuenta la base de cálculo establecida fue de 275,67 litros.

❖ **Medidas del tanque.**

$$V_M = 275,67 L$$

Este volumen de líquido constituye el volumen para el tanque, sin embargo es necesario determinar su capacidad real, mediante los siguientes cálculos, para los cuales se considera un factor de seguridad del 15%.

Debido a que éste equipo tiene una forma cilíndrica, se toma en cuenta la siguiente ecuación para el volumen.

$$V_M = \frac{\pi}{4} D_t^2 * H$$

Según McCabe, una de las proporciones típicas para un tanque agitador es $\frac{H}{D_t} = 1$, por lo que al emplear este criterio tenemos.

$$D_t = H$$
$$V_M = \frac{\pi}{4} * D_t^2 * D_t$$

Por lo que:

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4V_M}{\pi}}$$
$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4(0,276m^3)}{\pi}}$$
$$D_t = 0,71 m = H$$

La altura de las paredes del tanque debe estar considerada con un factor de seguridad de 15 %.

$$H_t = H * 1,15$$
$$H_t = 0,71 m * 1,15$$
$$H_t = 0,82 m$$

El volumen total del tanque será:

$$V_T = \frac{\pi}{4} * D_t^2 * H_t$$

$$V_T = 0,32 \text{ m}^3$$

$$V_T = 320 \text{ L}$$

V_T : Volumen total = 320 L

H_t : Altura del mezclador= 0,82m

D_t : Diámetro = 0,71 m

❖ Sistema de agitación.

Los principales tipos de rodets en los tanques de agitado son hélices, palas y turbinas. Para los problemas más simples, un agitador eficaz consta de una pala plana que gira sobre un eje vertical. Son frecuentes los agitadores de dos y cuatro palas, dependiendo de la profundidad del tanque, estas giran a bajas o moderadas velocidades en el centro del tanque, por lo que impulsan al líquido radial y tangencialmente, prácticamente sin que se produzca movimiento vertical. Por lo que el tipo de rodete seleccionado para este diseño es de palas (McCabe et al., 2007: pp.245-246).

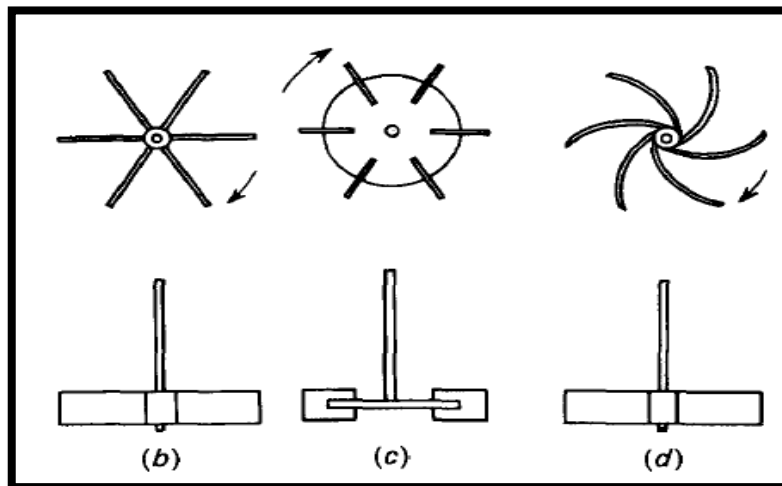


Figura 5-3: Rodetes de mezcla (b) Palas rectas, (c) Disco con palas, (d) Palas curvas

Fuente: (McCabe, et al., 2007, p.245)

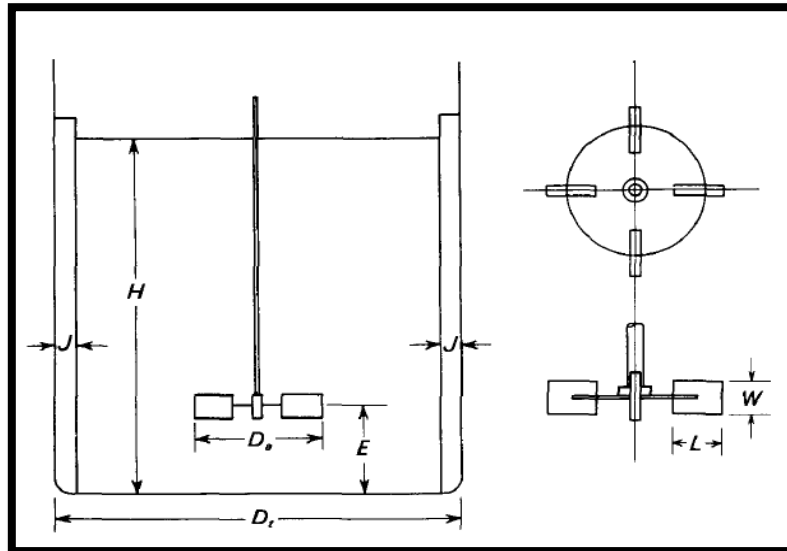


Figura 6-3: Medidas de un tanque de agitación y mezcla
Fuente: (McCabe, et al., 2007, p.251)

Según McCabe et al., (2007: pp. 261), para el diseño de la mayoría de problemas generales de agitación, se utiliza un agitador de turbina del tipo que se muestra en la figura anterior. Para el cual las proporciones típicas están dadas por las fórmulas planteadas en la tabla 13-3.

Tabla 13-3: Criterios generales para el diseño de un tanque agitado

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| $\frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$ | $\frac{D_a}{D_t} = \frac{2}{3}$ |
| $\frac{H}{D_t} = 1$ | $\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$ |
| $\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$ | $\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$ |

Fuente: McCabe, et al., 2007, p.262
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

-Diámetro del rodete:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{2}{3}$$

$$D_a = \frac{2D_t}{3}$$

$$D_a = \frac{2 * (0,71 \text{ m})}{3}$$

$$D_a = 0,47 \text{ m}$$

-Altura del rodete con respecto al fondo del tanque:

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$$
$$E = \frac{0,71 \text{ m}}{3}$$
$$E = 0,24 \text{ m}$$

-Longitud del brazo:

$$l_{\text{brazo}} = H_t - E$$
$$l_{\text{brazo}} = 0,82 \text{ m} - 0,24 \text{ m}$$
$$l_{\text{brazo}} = 0,58 \text{ m}$$

-Ancho de las paletas:

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$
$$W = \frac{0,47 \text{ m}}{5}$$
$$W = 0,09 \text{ m}$$

-Longitud de las paletas:

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$
$$L = \frac{0,47 \text{ m}}{4}$$
$$L = 0,12 \text{ m}$$

-Ancho de las placas deflectoras:

$$\frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$$
$$j = \frac{0,71 \text{ m}}{12}$$
$$j = 0,06 \text{ m}$$

❖ **Potencia requerida del impulsor:**

El cálculo de potencia en el agitador es necesario, para que el proceso de agitación sea más eficaz, el valor de la potencia requerida para el impulsor indica la fuerza que necesita el rodete

para moverse sin dificultad. Ésta fuerza debe ser tal, que el volumen del fluido agitado pueda alcanzar las partes más lejanas en el interior del tanque, para determinar la eficacia de ésta operación son importantes tanto la velocidad de circulación como la turbulencia del fluido. Estos parámetros consumen energía por lo que es importante conocer la potencia consumida con la finalidad de efectuar los objetivos deseados.

El cálculo del consumo de potencia comunicada al líquido se calcula mediante:

$$P = \frac{N_p N^3 D_a^5 \rho}{g_c}$$

Donde:

N_p : Número de potencia

N : Velocidad de giro (rps)

g_c : 32,17 Constante de la ley de Newton

D_a : Diámetro del tanque (m)

ρ : densidad del fluido $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

El valor de N_p se puede determinar mediante el uso de la gráfica N_p vs N_{Re} , para lo cual primero deberá establecerse el número de palas del rodete y de placas deflectoras.

Para el cálculo del número de Reynolds se tiene:

$$N_{Re} = \frac{ND_a^2 \rho}{\mu}$$

Donde:

N : Velocidad de giro (rps)

D_a : Diámetro del impulsor (m)

ρ : Densidad del fluido $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

μ : Viscosidad del mosto corregido (Pa.s)

Según bibliografía consultada acerca de las propiedades del nopal, se establece que la velocidad de giro para este fluido obtenido deberá ser de 100 rpm durante varias horas hasta observar que la bebida tenga la consistencia deseada.

$$N_{Re} = \frac{\left(100 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s}\right) * (0,47 m)^2 * \left(1057 \frac{Kg}{m^3}\right)}{0,06 Pa \cdot s}$$

$$N_{Re} = 6\,485,87$$

El valor del número de Reynolds indica si el fluido está en un régimen laminar, de transición o turbulento. Los valores para un flujo turbulento son $N_{Re} > 10\,000$, para un flujo transitorio $300 < N_{Re} < 10\,000$ y para flujo laminar $N_{Re} < 10$ (Castillo, 2013, p. 35). La bebida de hoja de tuna para el mezclado se encuentra en un régimen de transición al tener un N_{Re} de 6 485,87.

Una vez calculado el N_{Re} , se emplea la siguiente gráfica para calcular el valor de N_p , tomando como referencia la curva 1 que corresponde a un agitador de turbina y palas rectas.

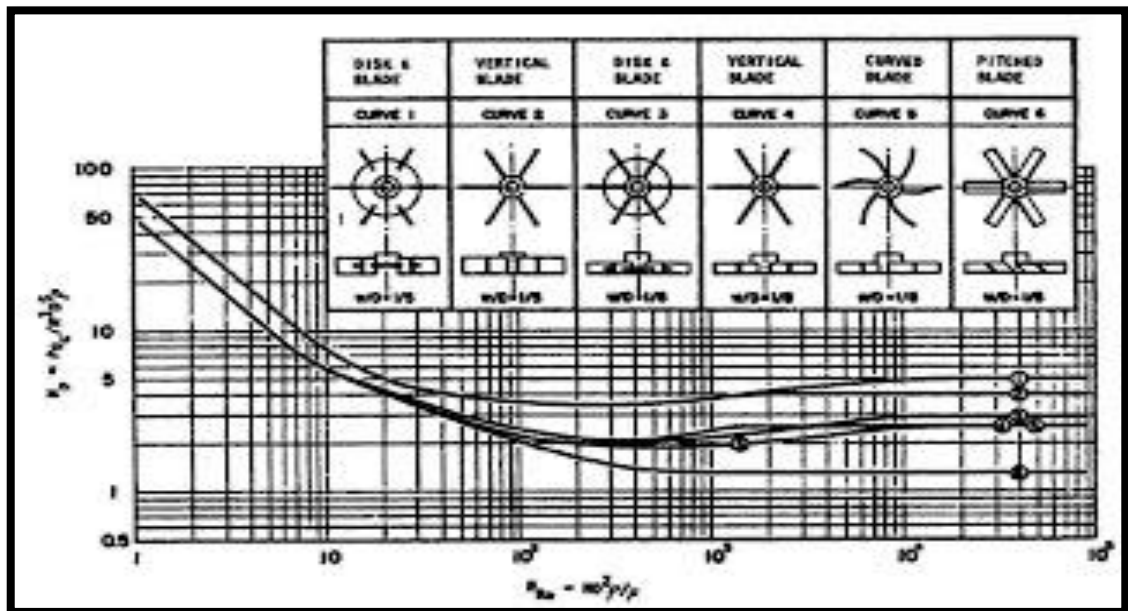


Figura 7-3: Gráfico de N_p vs N_{Re} para diferentes agitadores tipo turbina

Fuente: (Walas, 1990, p. 292)

$$P = \frac{N_p N^3 D_a^5 \rho}{g_c}$$

$$P = \frac{5 * 1,66^3 * 0,47^5 * 1057}{32,17}$$

$$P = 17,23 W$$

$$P = 0,02 Hp$$

La potencia que se requiere que brinde el motor de éste tanque de agitado no es común en motores comerciales, por lo que se empleará un motor de ¼ Hp.

Además el tanque de agitado debe contar de una salida para la descarga del fluido, que estará ubicada en la parte central inferior del tanque, se instalará una válvula de bola de 1^{1/2} en dicha salida.

3.2.6.4. Resultados del diseño del tanque de agitado.

En la tabla 14-3 se muestra la descripción de los parámetros que debe tener el tanque de agitado, diseñado mediante cálculos de ingeniería, con los respectivos valores obtenidos para cada especificación.

Tabla 14-3: Resultado del diseño del tanque de agitado

| Especificación | Abreviatura | Valor | Unidad |
|---|--------------------|------------------|---------------|
| Volumen de diseño | V_m | 275,67 | L |
| Diámetro del tanque | D_t | 0,71 | m |
| Altura del tanque | H_t | 0,82 | m |
| Volumen máximo | V_T | 320 | L |
| Altura del rodete con respecto al fondo | E | 0,24 | m |
| Diámetro del rodete | D_a | 0,47 | m |
| Longitud del brazo | l_{brazo} | 0,58 | m |
| Ancho de la paleta | W | 0,09 | m |
| Longitud de la paleta | L | 0,12 | m |
| Número de paletas | - | 6 | - |
| Ancho de la placa deflectora | j | 0,06 | m |
| Número de placas deflectoras | - | 4 | - |
| Potencia del agitador | P | ¼ | Hp |
| Descarga | Válvula de bola | 1 ^{1/2} | in |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Además de las especificaciones propuestas anteriormente, el material que se recomienda para la construcción de este equipo, es el acero inoxidable del tipo AISI 304 (19% Cr –10% Ni) ya que posee una buena resistencia a la corrosión atmosférica y se lo emplea de manera significativa en la industria alimentaria (Padilla, 1999, pp.3-4).

3.2.7. Validación del proceso mediante el análisis sensorial y la caracterización físico-química y microbiológica de la bebida

3.2.7.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial es un examen de las propiedades organolépticas de determinado producto que se realiza con los sentidos humanos, es decir, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma,

textura y sabor de un alimento o materia prima, aporta información muy útil acerca de las propiedades sensoriales de los alimentos para su desarrollo o mejora, en la comunidad científica del área de alimentos y para los directivos de empresas (García, 2014).

Resulta de vital importancia para la industria alimentaria, realizar este tipo de estudios, para establecer si determinado producto será aceptado en el mercado, y determinar las preferencias que existen en cuanto a características sensoriales por parte de los consumidores, esto además permitirá al empresario tomar decisiones en cuanto a la producción y comercialización de determinado producto.

En base al procedimiento realizado en el ensayo piloto detallado anteriormente, se proponen 3 formulaciones distintas con el objetivo de encontrar la más adecuada. Se realizaron ensayos obteniendo 3 distintas muestras y a su vez se realizó la bebida con el procedimiento habitual como se elabora en la empresa Vita Tuna, teniendo un total de 4 distintas bebidas, las cuales serán discriminadas según criterios sensoriales. Posteriormente se realizó un test de discriminación de las cuatro formulaciones diferentes las cuales fueron: bebida de hoja de tuna sabor a piña, a durazno, natural y también se presentó a los encuestados la bebida elaborada convencionalmente en la empresa mediante el proceso artesanal.

El análisis sensorial se realiza mediante el uso del método afectivo, el cual consiste en la selección de un grupo de personas no entrenadas, denominadas “jueces afectivos”, quienes forman parte de la población de estudio ya que se han considerado como consumidores directos o potenciales, el número de personas a encuestar será generalmente de entre 100 y 150 personas, mientras mayor número de jueces, se obtendrán mejores resultados (Espinosa, 2007, pp.80-81).

De éste método se utilizará la prueba de aceptación, en la que se evalúan las muestras presentadas, según el criterio sensorial de cada juez al que se aplicará la encuesta, la cual debe consistir de preguntas cortas y claras, permitiendo así conocer el grado de aceptación o rechazo de dichas muestras.

Se debe verificar que el juez afectivo, no presente ningún síntoma de enfermedad, o algún tipo de inconveniente que le impida realizar una correcta degustación de las distintas muestras, debido a que si esto ocurre deberá ser rechazado ya que afectaría significativamente la prueba de aceptación. Ésta prueba será realizada en la mañana en un horario de 09:30 a 11:30 am (Cordero, 2013, pp.12-16).

En la encuesta son evaluados cuatro criterios: sabor, consistencia, color, olor, cada uno con tres alternativas de respuesta: me gusta, ni me gusta ni me disgusta y no me gusta. El encuestado

debe indicar qué bebida es de su preferencia en una muestra representativa de la población, cuyo número fue de 110 jueces afectivos. En este sentido, las bebidas fueron denotadas con la numeración 1423 (bebida elaborada por Vita Tuna), 1424 (sin saborizante), 1425 (sabor a durazno) y 1426 (sabor a piña). En la tabla 15-3 se establece la numeración aleatoria para cada una de las muestras de bebida de hoja de tuna a ser evaluadas en las encuestas.

Tabla 15-3: Numeración aleatoria para las bebidas de hoja de tuna a ser evaluadas por los jueces afectivos

| Procedencia | Referencia | Código |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Bebida elaborada por Vita Tuna | Bebida elaborada artesanalmente | 1423 |
| Ensayos a nivel de laboratorio | Bebida natural sin saborizante | 1424 |
| | Bebida sabor a durazno | 1425 |
| | Bebida sabor a piña | 1426 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

La prueba se realiza el día 19 de octubre de 2018, en el Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, con la colaboración de 110 jueces afectivos, quienes son mayores de edad, y no cuentan con ningún entrenamiento acerca del presente estudio.

Se le entrega a cada juez afectivo las cuatro muestras rotuladas con su respectivo número aleatorio, dichas muestras se acompañan con un vaso de agua para obtener mejores resultados en la degustación. A continuación se explica el tipo de producto a ser evaluado, la manera de ejecutar dicha evaluación y la forma correcta de llenar la encuesta entregada.

Una vez culminado el proceso de evaluación del producto mediante las encuestas, se realiza la tabulación de datos, cálculo y análisis de los resultados obtenidos desde un punto de vista estadístico, mediante la prueba de chi-cuadrado, esto para comprobar la relación existente entre las muestras analizadas y los porcentajes de respuesta con respecto a cada parámetro evaluado.

En la tabla 16-3 se presentan los resultados del nivel de aceptación de la bebida por parte de los jueces afectivos una vez realizadas las encuestas, se muestran resultados de frecuencia, y los porcentajes obtenidos según cada muestra.

Tabla 16-3: Resultados del nivel de aceptación de la bebida por parte de los jueces afectivos

| Código | Frecuencia | Porcentaje (%) | Porcentaje válido (%) | Porcentaje acumulado (%) |
|--------|------------|----------------|-----------------------|--------------------------|
| 1425 | 66 | 60 | 60 | 60 |
| 1426 | 27 | 24.55 | 24.55 | 84.55 |
| 1424 | 10 | 9.09 | 9.09 | 93.64 |
| 1423 | 7 | 6.36 | 6.36 | 100 |
| Total | 110 | 100 | 100 | |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

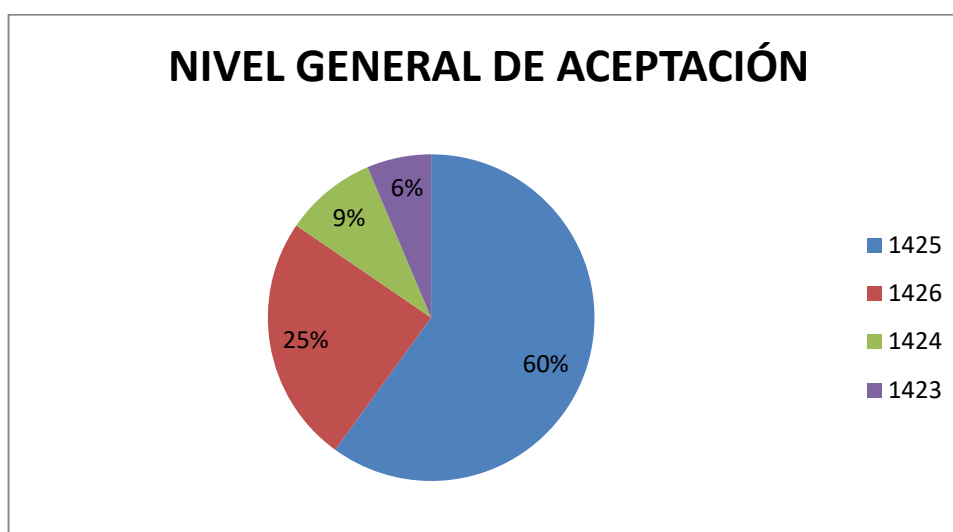


Gráfico 3-3: Porcentaje de aceptación general de jueces afectivos

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Una vez tabulados y analizados los resultados obtenidos en la encuesta realizada, se observa en el gráfico 3-3, que el 60% de los jueces afectivos prefiere la muestra 1425, el 25% prefiere la muestra 1426, el 9% gusta más de la 1424 y el 6% se inclina por la muestra 1423.

Se procede a realizar el análisis estadístico de cada parámetro. El primer paso, es plantearse las hipótesis con respecto al parámetro que se desee.

- **Hipótesis nula** (las variables estudiadas, no están relacionadas)

H₀: No existe dependencia entre la muestra y el nivel de respuesta.

- **Hipótesis alternativa** (las variables estudiadas, son dependientes)

H_a: Existe dependencia entre la muestra y el nivel de respuesta.

➤ **Frecuencia observada (tabla de contingencia):**

A continuación se tabulan la frecuencia observada según cada nivel de respuesta, en las tablas de contingencia, para cada uno de los parámetros evaluados. Para elaborar estas se utiliza una hoja de cálculo de Excel.

Tabla 17-3: Tabla de contingencia, parámetro sabor

| Pregunta | Código | De la muestra que usted selecciono, exprese su criterio (Sabor) | | | |
|---|--------|---|-----------------------------|-------------|---------------------------|
| | | Me gusta | Ni me gusta, ni me disgusta | No me gusta | Total ($f_{m_{filas}}$) |
| Marcar la muestra con el código que más le gustó. | 1423 | - | 5 | 2 | 7 |
| | 1424 | 4 | 6 | - | 10 |
| | 1425 | 61 | 5 | - | 66 |
| | 1426 | 21 | 6 | - | 27 |
| Total ($f_{m_{columna}}$) | | 86 | 22 | 2 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 18-3: Tabla de contingencia, parámetro color

| Pregunta | Código | De la muestra que usted selecciono, exprese su criterio (Color) | | | |
|---|--------|---|-----------------------------|-------------|---------------------------|
| | | Me gusta | Ni me gusta, ni me disgusta | No me gusta | Total ($f_{m_{filas}}$) |
| Marcar la muestra con el código que más le gustó. | 1423 | 1 | 6 | - | 7 |
| | 1424 | 2 | 6 | 2 | 10 |
| | 1425 | 51 | 15 | - | 66 |
| | 1426 | 9 | 13 | 5 | 27 |
| Total ($f_{m_{columna}}$) | | 63 | 40 | 7 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 19-3: Tabla de contingencia, parámetro aroma

| Pregunta | Código | De la muestra que usted selecciono, exprese su criterio (Aroma) | | | |
|---|--------|---|-----------------------------|-------------|---------------------------|
| | | Me gusta | Ni me gusta, ni me disgusta | No me gusta | Total ($f_{m_{filas}}$) |
| Marcar la muestra con el código que más le gustó. | 1423 | 2 | 5 | - | 7 |
| | 1424 | 1 | 9 | - | 10 |
| | 1425 | 49 | 17 | - | 66 |
| | 1426 | 19 | 6 | 2 | 27 |
| Total ($f_{m_{columna}}$) | | 71 | 37 | 2 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 20-3: Tabla de contingencia, parámetro consistencia

| Pregunta | Código | De la muestra que usted selecciono, exprese su criterio (Consistencia) | | | |
|---|--------|---|-----------------------------|-------------|------------------------------|
| | | Me gusta | Ni me gusta, ni me disgusta | No me gusta | Total ($f_{m_{filas}}$) |
| Marcar la muestra con el código que más le gustó. | 1423 | 5 | 2 | - | 7 |
| | 1424 | 8 | 2 | - | 10 |
| | 1425 | 56 | 6 | 4 | 66 |
| | 1426 | 23 | 3 | 1 | 27 |
| Total ($f_{m_{columna}}$) | | 92 | 13 | 5 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

En las tablas de contingencia 17-3, 18-3, 19-3 y 20-3, se presentan las frecuencias observadas según la muestra y las opciones de respuesta según cada parámetro analizado. Además las frecuencias marginales son la sumatoria de las frecuencias observadas, tanto de filas como de columnas y a su vez la sumatoria de estas frecuencias marginales da como resultado el denominado gran total, este representa al número total de jueces afectivos evaluados es decir a la muestra poblacional.

➤ **Frecuencia esperada:**

A continuación se calcula la frecuencia esperada, para cada una de las frecuencias observadas, mediante la fórmula:

$$f_{esperada} = \frac{Total\ f_{m_{columna}} * Total\ f_{m_{fila}}}{Gran\ total}$$

En las tablas 21-3, 22-3, 23-3 y 24-3 se pueden observar las frecuencias esperadas obtenidas mediante la aplicación de la fórmula en la hoja de cálculo, para cada parámetro analizado.

Tabla 21-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro sabor

| Sabor | | | | |
|--------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| Código | Me gusta ($f_{esperada}$) | Ni me gusta, ni me disgusta ($f_{esperada}$) | No me gusta ($f_{esperada}$) | Total |
| 1423 | 5,47272727 | 1,4 | 0,12727273 | 7 |
| 1424 | 7,81818182 | 2 | 0,18181818 | 10 |
| 1425 | 51,6 | 13,2 | 1,2 | 66 |
| 1426 | 21,1090909 | 5,4 | 0,49090909 | 27 |
| Total | 86 | 22 | 2 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 22-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro color

| Color | | | | |
|--------------|---|---|--|------------|
| Código | Me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Ni me gusta, ni me disgusta (<i>f_{esperada}</i>) | No me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Total |
| 1423 | 4,00909091 | 2,54545455 | 0,44545455 | 7 |
| 1424 | 5,72727273 | 3,63636364 | 0,63636364 | 10 |
| 1425 | 37,8 | 24 | 4,2 | 66 |
| 1426 | 15,4636364 | 9,81818182 | 1,71818182 | 27 |
| Total | 63 | 40 | 7 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 23-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro aroma

| Código | Me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Ni me gusta, ni me disgusta (<i>f_{esperada}</i>) | No me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Total |
|--------------|---|---|--|------------|
| 1423 | 4,51818182 | 2,35454545 | 0,12727273 | 7 |
| 1424 | 6,45454545 | 3,36363636 | 0,18181818 | 10 |
| 1425 | 42,6 | 22,2 | 1,2 | 66 |
| 1426 | 17,4272727 | 9,08181818 | 0,49090909 | 27 |
| Total | 71 | 37 | 2 | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 24-3: Valores de frecuencia esperada, parámetro consistencia

| Código | Me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Ni me gusta, ni me disgusta (<i>f_{esperada}</i>) | No me gusta (<i>f_{esperada}</i>) | Total |
|--------------|---|---|--|------------|
| 1423 | 5,85454545 | 0,82727273 | 0,31818182 | 7 |
| 1424 | 8,36363636 | 1,18181818 | 0,45454545 | 10 |
| 1425 | 55,2 | 7,8 | 3 | 66 |
| 1426 | 22,5818182 | 3,19090909 | 1,22727273 | 27 |
| Total | 92 | 13 | 5 | 110 |

Realizado por: CHÁVEZ Dayana, 2018.

➤ **Cálculo de chi-cuadrado:**

Una vez calculada la frecuencia esperada para cada uno de los parámetros analizados, se procede al cálculo de chi-cuadrado, mediante la siguiente fórmula:

$$x_{calculada}^2 = \sum \frac{(f_{observada} - f_{esperada})^2}{f_{esperada}}$$

En las tablas 25-3, 26-3, 27-3 y 28-3, se presentan los valores de chi-cuadrado calculado según cada parámetro analizado en las respectivas muestras:

Tabla 25-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro sabor)

| Código | Me gusta ($x^2_{calculada}$) | Ni me gusta, ni me disgusta ($x^2_{calculada}$) | No me gusta ($x^2_{calculada}$) | Total ($\sum x^2$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| 1423 | 5,47272727 | 9,25714286 | 27,55584416 | 42,2857143 |
| 1424 | 1,86469345 | 8 | 0,181818182 | 10,0465116 |
| 1425 | 1,7124031 | 5,09393939 | 1,2 | 8,00634249 |
| 1426 | 0,00056378 | 0,06666667 | 0,490909091 | 0,55813953 |
| Total ($\sum x^2$) | 9,0503876 | 22,4177489 | 29,42857143 | 60,8967079 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 26-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro color)

| Código | Me gusta ($x^2_{calculada}$) | Ni me gusta, ni me disgusta ($x^2_{calculada}$) | No me gusta ($x^2_{calculada}$) | Total ($\sum x^2$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| 1423 | 2,25852402 | 4,68831169 | 0,44545455 | 7,39229025 |
| 1424 | 2,42568543 | 1,53636364 | 2,92207792 | 6,88412698 |
| 1425 | 4,60952381 | 3,375 | 4,2 | 12,1845238 |
| 1426 | 2,7017316 | 1,03114478 | 6,26844637 | 10,0013228 |
| Total ($\sum x^2$) | 11,9954649 | 10,6308201 | 13,8359788 | 36,4622638 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 27-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro aroma)

| Código | Me gusta ($x^2_{calculada}$) | Ni me gusta, ni me disgusta ($x^2_{calculada}$) | No me gusta ($x^2_{calculada}$) | Total ($\sum x^2$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| 1423 | 1,40349369 | 2,97230607 | 0,12727273 | 4,50307249 |
| 1424 | 4,60947503 | 9,44471744 | 0,18181818 | 14,2360107 |
| 1425 | 0,96150235 | 1,21801802 | 1,2 | 3,37952037 |
| 1426 | 0,14193105 | 1,04578215 | 4,63905724 | 5,82677043 |
| Total ($\sum x^2$) | 7,11640212 | 14,6808237 | 6,14814815 | 27,9453739 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 28-3: Valores de chi cuadrado (Parámetro consistencia)

| Código | Me gusta ($x^2_{calculada}$) | Ni me gusta, ni me disgusta ($x^2_{calculada}$) | No me gusta ($x^2_{calculada}$) | Total ($\sum x^2$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| 1423 | 0,12473179 | 1,66243756 | 0,31818182 | 2,10535117 |
| 1424 | 0,01581028 | 0,56643357 | 0,45454545 | 1,0367893 |
| 1425 | 0,0115942 | 0,41538462 | 0,33333333 | 0,76031215 |
| 1426 | 0,00774411 | 0,01142191 | 0,04208754 | 0,06125356 |
| Total ($\sum x^2$) | 0,15988038 | 2,65567766 | 1,14814815 | 3,96370618 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

A continuación se establece el chi-cuadrado crítico, el cual se basa en la tabla de modelo teórico, figura 19-3, fijando un nivel de significancia y el grado de libertad.

El nivel de significancia, se determina como el error que puede cometerse al rechazar una hipótesis nula siendo ésta verdadera, por lo general se emplea un nivel de significancia de 0,05.

Para determinar el grado de libertad, el cual tiene que ver con las dimensiones de la tabla, se emplea la siguiente fórmula:

$$GL = (N^{\circ}filas - 1) * (N^{\circ}columnas - 1)$$

$$GL = (4 - 1) * (3 - 1)$$

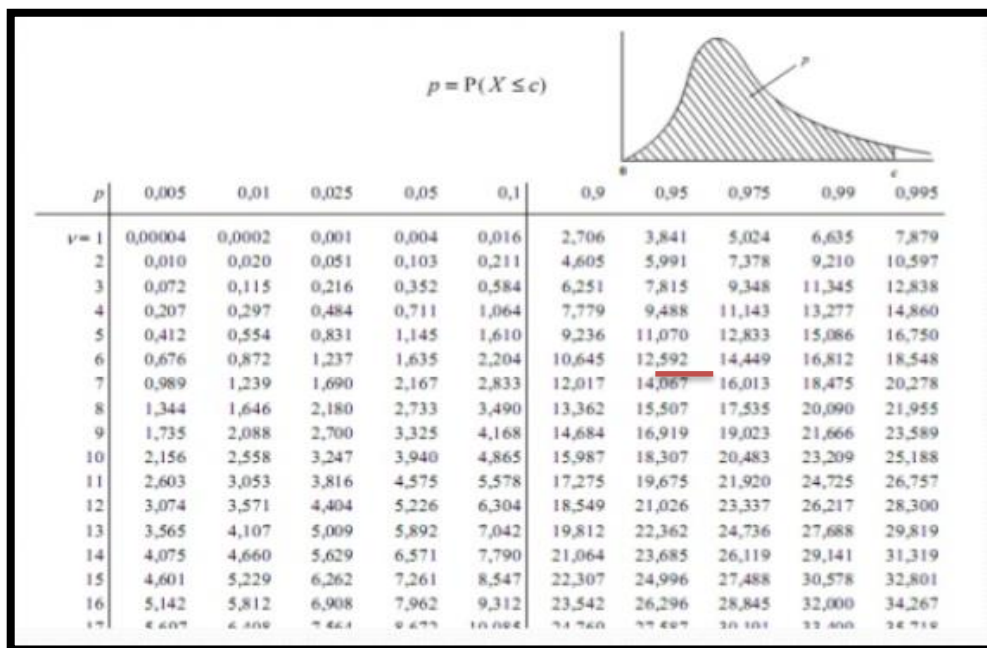
$$GL = 6$$

El valor del parámetro p, se calcula con la siguiente fórmula:

$$p = 1 - 0,05$$

$$p = 0,95$$

Una vez determinados los valores anteriores, se emplea la siguiente tabla de modelo teórico.



| p | 0,005 | 0,01 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,95 | 0,975 | 0,99 | 0,995 |
|-----------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\nu = 1$ | 0,00004 | 0,0002 | 0,001 | 0,004 | 0,016 | 2,706 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,010 | 0,020 | 0,051 | 0,103 | 0,211 | 4,605 | 5,991 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,072 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 0,584 | 6,251 | 7,815 | 9,348 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 1,064 | 7,779 | 9,488 | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,145 | 1,610 | 9,236 | 11,070 | 12,833 | 15,086 | 16,750 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,237 | 1,635 | 2,204 | 10,645 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7 | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 2,833 | 12,017 | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8 | 1,344 | 1,646 | 2,180 | 2,733 | 3,490 | 13,362 | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 21,955 |
| 9 | 1,735 | 2,088 | 2,700 | 3,325 | 4,168 | 14,684 | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10 | 2,156 | 2,558 | 3,247 | 3,940 | 4,865 | 15,987 | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |
| 11 | 2,603 | 3,053 | 3,816 | 4,575 | 5,578 | 17,275 | 19,675 | 21,920 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074 | 3,571 | 4,404 | 5,226 | 6,304 | 18,549 | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,300 |
| 13 | 3,565 | 4,107 | 5,009 | 5,892 | 7,042 | 19,812 | 22,362 | 24,736 | 27,688 | 29,819 |
| 14 | 4,075 | 4,660 | 5,629 | 6,571 | 7,790 | 21,064 | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601 | 5,229 | 6,262 | 7,261 | 8,547 | 22,307 | 24,996 | 27,488 | 30,578 | 32,801 |
| 16 | 5,142 | 5,812 | 6,908 | 7,962 | 9,312 | 23,542 | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697 | 6,409 | 7,624 | 8,675 | 10,084 | 24,769 | 27,607 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |

Figura 8-3: Valor de chi-cuadrado crítico

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Una vez obtenidos los valores tanto de chi-cuadrado calculado como de chi-cuadrado crítico, estos se comparan, si el valor de chi-cuadrado calculado es menor o igual que el valor de chi-cuadrado crítico, se acepta la hipótesis nula, caso contrario se la rechaza.

En las tablas 29-3, 30-3, 31-3 y 32-3 se expresan los valores de chi-cuadrado calculado y chi-cuadrado crítico para el número de casos válidos.

Tabla 29-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro sabor)

| | Grados de libertad | Valor |
|---|---------------------------|--------------|
| Chi-cuadrado de Pearson ($x^2_{calculado}$) | 9 | 60.8967079 |
| Razón de verisimilitudes ($x^2_{critico}$) | 9 | 12,592 |
| Número de casos válidos (población) | --- | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 30-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro color)

| | Grados de libertad | Valor |
|---|---------------------------|--------------|
| Chi-cuadrado de Pearson ($x^2_{calculado}$) | 9 | 36.4622638 |
| Razón de verisimilitudes ($x^2_{critico}$) | 9 | 12,592 |
| Número de casos válidos (población) | --- | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 31-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro aroma)

| | Grados de libertad | Valor |
|---|---------------------------|--------------|
| Chi-cuadrado de Pearson ($x^2_{calculado}$) | 9 | 27.9453739 |
| Razón de verisimilitudes ($x^2_{critico}$) | 9 | 12,592 |
| Número de casos válidos (población) | --- | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Tabla 32-3: Resultados prueba chi-cuadrado (Parámetro consistencia)

| | Grados de libertad | Valor |
|---|---------------------------|--------------|
| Chi-cuadrado de Pearson ($x^2_{calculado}$) | 9 | 3.96370618 |
| Razón de verisimilitudes ($x^2_{critico}$) | 9 | 12,592 |
| Número de casos válidos (población) | --- | 110 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Luego de obtenidos los resultados de la prueba chi-cuadrado para cada uno de los parámetros analizados y al realizar la respectiva comparación con el valor de chi-cuadrado crítico, se determina que para los parámetros sabor, color y aroma si existe dependencia entre la muestra y el nivel de respuesta, mientras que para el parámetro consistencia no existe relación, lo cual concuerda debido a que la consistencia en las cuatro muestras analizadas es la misma (consistencia de gel) debido a que todas las muestras son elaboradas a base de hoja de tuna.

3.2.7.2. Caracterización físico-química y microbiológica de la bebida de hoja de tuna

Se valida el proceso mediante la caracterización físico-química y microbiológica de la bebida de hoja de tuna, de la muestra 1425 (Bebida de hoja de tuna sabor a durazno) la cuál presentó un mayor porcentaje de nivel general de aceptación una vez evaluadas las bebidas por los jueces afectivos, según la **NTE INEN 2337:2008, Jugos, Pulpas, Concentrados; Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales**, en la cual se establecen los límites permisibles que deben cumplir éste tipo de bebidas en general, en cuanto a análisis microbiológicos, sin embargo para los análisis

físico-químicos no se establecen parámetros, con valores límites, para la elaboración de bebidas a base de hoja de tuna (cladodio de nopal), por lo que para determinar el valor nutricional de la bebida ya obtenida así como algunas de sus principales características físico-químicas se realizan los mismos análisis físicos y bromatológicos que fueron realizados para la caracterización físico-química de la materia prima (hoja de tuna), esto también para comparar sus valores y evidenciar que el proceso efectuado permite que la bebida conserve las propiedades nutritivas del cladodio de nopal en base al cual fue elaborada.

A continuación se detallan los valores obtenidos según los análisis realizados:

Tabla 33-3: Análisis físico-químicos de la bebida de hoja de tuna

| Determinaciones | Unidades | Método | Resultado |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Proteína | % | INEN 16 | 0,10 |
| Ceniza | % | INEN 401 | 0,11 |
| Azúcares totales | °Brix | - | 0,41 |
| Sólidos totales | % | INEN 1235 | 0,74 |
| Hierro | mg/100ml | Colorimétrico | 0,60 |
| Calcio | mg/100ml | Volumétrico | 12,8 |
| Grasa | % | INEN 12 | 0,12 |
| Acidez titulable | mg/100ml | Volumétrico | 34 |
| pH | - | Potenciométrico | 5,3 |
| Ácido ascórbico | mg/100ml | Volumétrico | 34 |

Fuente: SAQMIC, 2018

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Tabla 34-3: Análisis microbiológico de la bebida de hoja de tuna

| Parámetro | Unidad | Min. | Máx. | Método | Resultado |
|--------------------|---------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| Coliformes totales | UFC/ml | <3 | - | NTE INEN 1529-6 | Ausencia |
| Coliformes fecales | UFC/ml | < 3 | - | NTE INEN 1529-8 | Ausencia |
| Mohos y levaduras | UFC/ml | < 10 | 10 | NTE INEN 1529-10 | Ausencia |

Fuente: SAQMIC, 2018

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

Al realizar los análisis físico-químicos del producto final obtenido, ver Anexo B, se observa que la bebida aún presenta las propiedades nutritivas que posee la hoja de tuna a pesar de haber sido ésta procesada, sin embargo estos valores han disminuido debido al porcentaje de agua que se añade a la bebida durante su procesamiento, al tomar en cuenta que el porcentaje de humedad en la hoja de tuna es de 94,14% y su contenido de sólidos totales es bajo, se aceptan los valores que la bebida final presenta en los análisis realizados, además los análisis microbiológicos, ver Anexo C, denotan ausencia de coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras por lo que se comprueba la inocuidad del producto gracias a la asepsia con la que ha sido realizado su procesamiento.

3.3. Proceso de producción

3.3.1. Materia prima, insumos y aditivo

En el proceso de producción de la bebida de hoja de tuna intervienen varios componentes indispensables para su elaboración, la materia prima, aditivos e insumos que se usan durante este proceso están detallados en la tabla 35-3.

Tabla 35-3: Materia prima, aditivos e insumos utilizados en el proceso

| Tipo de componente | Nombre |
|---------------------------|---|
| Materia prima | <ul style="list-style-type: none">• Hojas de tuna (Cladodios de nopal) |
| Aditivo | <ul style="list-style-type: none">• Agua• Conservantes:<ul style="list-style-type: none">- Benzoato de sodio- Sorbato de potasio• Saborizante natural de durazno• Sucralosa |
| Insumo | <ul style="list-style-type: none">• Guantes• Cofia• Mascarilla• Envases• Etiquetas |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

3.3.2. Diagrama del nuevo proceso para la elaboración de la Bebida de Hoja de Tuna

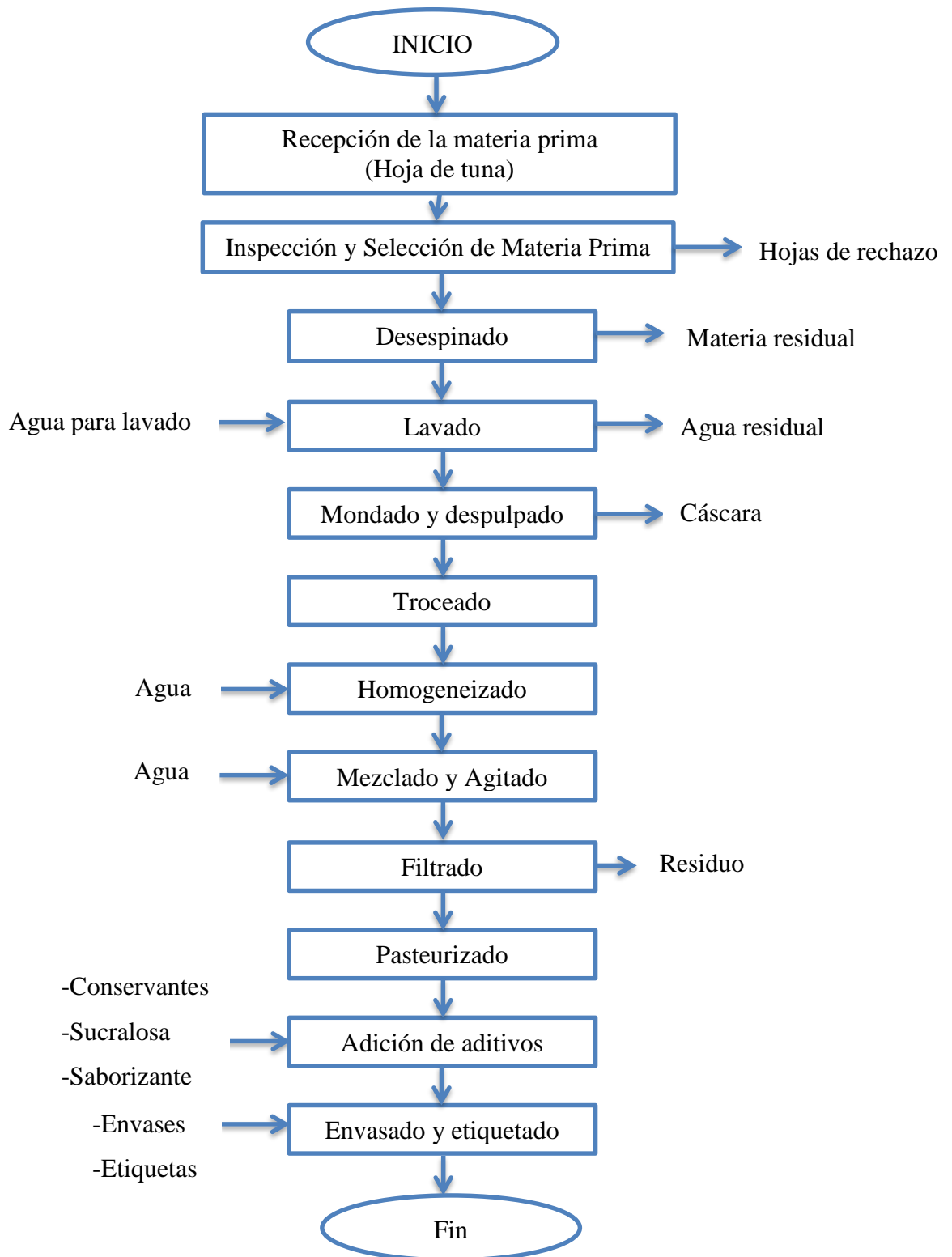


Gráfico 4-3: Diagrama del proceso
Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.3.3. Descripción del proceso para la elaboración de la bebida de hoja de tuna

La elaboración de la bebida de hoja de tuna a escala industrial, debe cumplir las fases descritas a continuación:

- **Recepción de la materia prima:** Se receipta y pesa la cantidad de materia prima estimada en los cálculos realizados en el presente trabajo, del lote de cosecha que se tenga se destinan 2 Kg, para ejecutar la caracterización físico-química, gracias a la cual se determinará la calidad de la hoja de tuna para continuar con su procesamiento. Además para la elaboración de la bebida es necesario disponer de todos los aditivos e insumos que se necesitarán a lo largo del proceso.
- **Inspección y selección:** Se lleva a cabo la selección e inspección de la hoja de tuna, para separar el porcentaje de materia defectuosa, de la materia prima que esté en condiciones óptimas para el procesamiento. La muestra de materia prima es inspeccionada, según el CODEX STAN 185-1993 que establece que las hojas deben estar enteras, sanas, exentas de daños causados por plagas, exentas de humedad externa anormal, exentas de cualquier olor y sabor extraños, exentas de manchas pronunciadas, y deben estar lo suficientemente desarrolladas, y presentar un grado de madurez satisfactorio.
- **Desespinado:** Se realiza la remoción de las espinas de la hoja de nopal, ésta operación facilita el posterior lavado de las hojas de tuna.
- **Lavado:** Las hojas de tuna desespinaadas son lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 5%(v/v). Ésta operación ayuda a eliminar suciedad y materiales extraños que puedan estar presentes en las hojas, además reducen la presencia de microorganismos.
- **Mondado y despulpado:** Se realiza el mondado de la hoja de tuna, al retirar la corteza de la hoja, se extrae la pulpa que ésta posee.
- **Troceado:** Cuando ya ha sido obtenida la pulpa de la hoja, se procede a trocearla con la ayuda de un cuchillo hasta obtener trozos pequeños de aproximadamente 3cm.
- **Homogeneizado:** Se licúa a velocidad constante durante 1 min los cuadritos de la pulpa obtenidos en la etapa de troceado, para facilitar la homogeneización se añaden solo un

porcentaje de agua purificada total que debe llevar la mezcla. Obteniéndose la mezcla homogeneizada.

- **Mezclado y agitado:** Se realiza el mezclado y agitado de la mezcla homogeneizada de pulpa de hoja de tuna con el porcentaje de agua restante, durante un tiempo de 5 horas.
- **Filtrado:** Se filtra el jugo obtenido en la anterior etapa, para conseguir la bebida sin materia sólida, la cual tendrá una consistencia de gel.
- **Pasteurizado:** El tratamiento térmico se realiza con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos y alargar la vida útil del producto, esto se realiza a una temperatura de 75°C, durante 30 segundos, inmediatamente después de transcurrido este tiempo se baja drásticamente la temperatura de la bebida hasta los 35 °C.
- **Adición de aditivos:** Después de obtenida la bebida, se adhieren a ésta los aditivos necesarios para mejorarla, esto se realiza después del tratamiento térmico para que dichos aditivos no se vean alterados por acción de la temperatura. Se utilizan cantidades ya calculadas de benzoato de sodio, sorbato de potasio, saborizante natural de durazno y sucralosa.
- **Envasado y etiquetado:** Finalmente la bebida de hoja de tuna se envasa en botellas de 500 ml de capacidad sellándolas herméticamente y se etiqueta.

3.3.4. Formulación de materia prima y aditivos a escala industrial

En la tabla 36-3 se detalla la cantidad de materia prima y aditivos necesarios para la elaboración de la bebida de hoja de tuna en la escala industrial propuesta.

Tabla 36-3: Formulación para la bebida de hoja de tuna a escala industrial

| Componente | Cantidad | Unidad |
|--------------------------------|----------|--------|
| Hoja de tuna | 218 | Kg |
| Agua | 204,61 | L |
| Benzoato de sodio | 2,38 | Kg |
| Sorbato de potasio | 2,38 | Kg |
| Sucralosa | 9,94 | L |
| Saborizante natural de durazno | 12,43 | L |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.3.5. Distribución de la planta

A continuación, se describen las áreas físicas que conformarán la planta productora de la bebida de hoja de tuna, además se realiza el diseño que presentará la misma, ver Anexo O.

3.3.5.1. Descripción de las áreas de la planta productora de la bebida de hoja de tuna

- **Área de recepción de materia prima.**

Es el área donde va a receptarse la materia prima en las cantidades necesarias que se requieran, para su posterior manejo y procesamiento de la bebida.

- **Área de desespinado y lavado.**

En ésta área se emplea la materia prima previamente seleccionada, la cual requiere de una operación de desespinado y un lavado riguroso, esto se realiza en tanques grandes con agua corriente, y con la ayuda de cepillos para eliminar cualquier posible material extraño de la materia prima que será empleada durante el proceso.

- **Área de producción.**

Es el lugar donde se inicia el proceso de elaboración de la bebida de hoja de tuna, ésta área comprende desde el espacio requerido para el pesaje de las cantidades de materia prima y aditivos, el mondado de la hoja, troceado, homogeneizado, mezclado y agitado, filtrado, pasteurizado, adición de aditivos a la bebida, envasado y etiquetado. Controlando durante todo el proceso las variables antes mencionadas y monitoreando en cada etapa su calidad.

- **Área de control de calidad.**

Ésta es el área donde van a realizarse análisis básicos a la materia prima, durante el proceso de producción y al producto terminado. Dichos análisis son °Brix, pH, Acidez titulable. Además aquí se verifican fichas técnicas de los aditivos que se emplean durante el proceso, se verifican cantidades y se pueden elaborar nuevas formulaciones.

- **Bodega.**

Ésta es el área donde se almacenan herramientas, materiales, insumos, equipos de seguridad y otros implementos que pueda requerir la procesadora.

3.3.5.2. Capacidad de producción

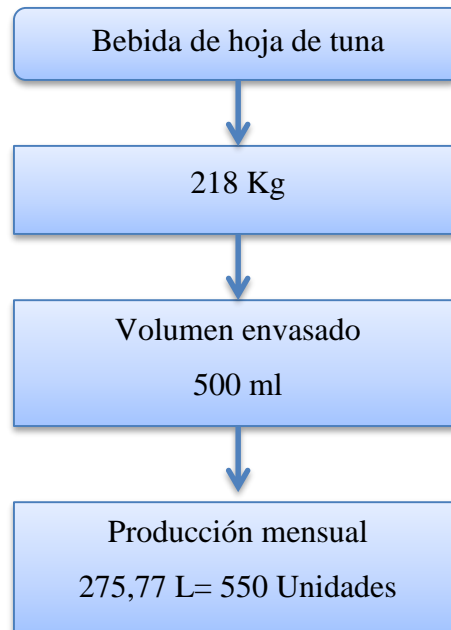


Gráfico 5-3: Capacidad de producción semanal de la bebida de hoja de tuna

Realizado por: Chávez Dayana, 2018

3.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinarias

3.4.1. Equipos para el proceso.

El equipo que se recomienda implementar en la Empresa Vita Tuna, para la producción industrial de la bebida de hoja de tuna, se detalla en la tabla 37-3, describiendo las especificaciones y características de operación de cada equipo propuesto. Se ve necesaria la adquisición de estos equipos debido a que con los mismos se facilitan las operaciones realizadas en las distintas etapas a lo largo del proceso productivo, ya que se ejecutarán las operaciones mecánicamente con mejores rendimientos y en un menor tiempo.

Tabla 37-3: Requerimiento de equipos en la Empresa Vita Tuna para el procesamiento de la bebida de hoja de tuna

| Equipo | Especificaciones | Características de operación |
|--|--|---|
| Mondado | | |
| Despulpadora de penca (máquina procesadora) | <ul style="list-style-type: none"> • Construida en Acero Inoxidable tipo 304. • Interruptor de arranque y paro. • Niveladores integrados, hasta 20 mm de altura. • Tapa abisagrada de acceso rápido al mecanismo. • Soporte y base abisagrada para motor que regula la tensión de la banda principal. • Ancho de 0,98 m • Largo de 2,48 m • Altura de 1,55 m | <ul style="list-style-type: none"> • Tolva de alimentación. • Sistema de corte auto-ajustable para laterales espinosos de la penca. • Sistema de corte auto-ajustable para superficie superior e inferior de la penca. • Sistema de tolvas para separación y descarga de desperdicios. • Tolva para descarga de producto terminado. • Tolva para descarga de desperdicio. • Charola para recepción de desperdicios (opcional). • Charola para recepción de producto terminado (opcional). |
| Homogeneizado | | |
| Licuadora industrial basculante METVISA | <ul style="list-style-type: none"> • Vaso en acero inoxidable. • Fondo del vaso y soporte en aluminio. • Capacidad de 25 L | <ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento de energía eléctrica de 110 V. • Motor de 1 ½ Hp • Alimentación y descarga por la parte superior del vaso. |
| Filtrado | | |
| Colador industrial | <ul style="list-style-type: none"> • Colador, con malla de acero inoxidable. • Diámetro de 36 cm. | <ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de energía. • Ahorro en costos al mejorar el rendimiento. • Atrapa la materia sólida, y deja pasar la bebida ya filtrada. |
| Envasado | | |
| Envasadora dosificadora de líquidos | <ul style="list-style-type: none"> • Fabricada en acero inoxidable 304. • Capacidad para envasar frascos de diferentes volúmenes (desde 10ml a 1000ml). • Envasa hasta 4 frascos al mismo tiempo. | <ul style="list-style-type: none"> • Funciona a base de una bomba de 1/5 HP. • Fácil manejo y funcionamiento. • Requerimiento de energía eléctrica de 110 V. |
| Taponadora eléctrica | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina tapadora eléctrica de mano. • Tamaño de la máquina: "(7 × 7 × 30 cm) • Altura no limitada de las botellas a taponar. | <ul style="list-style-type: none"> • Es adecuado para todo tipo de tapones de tapas de alta resistencia, se aplica al rango directo de tapa de la botella, capacidad de producción individual de hasta 30-90 botellas / min. • Requerimiento de energía eléctrica de 110 V. • Velocidad sin carga: 1000 r / min |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

3.4.2. Requerimiento de equipos y materiales a nivel de laboratorio.

Una vez establecidos los equipos que se requiere implementar para la producción de la bebida de hoja de tuna, en la planta de procesamiento de Vita Tuna, se analizan los distintos equipos y

materiales que se necesitan para la inspección de las distintas variables a lo largo del proceso. En la tabla 38-3 se describen los equipos y materiales que serán usados a nivel de laboratorio para el control del proceso.

Tabla 38-3: Equipos y materiales para el control del proceso

| Equipo/Material | Función |
|----------------------------------|---|
| Potenciómetro | Control de pH en las muestras. |
| Termómetro | Control de la temperatura en el proceso de pasteurización. |
| Balanza digital | Medida exacta de cantidades pequeñas, por ejemplo en la adición de conservantes. |
| Vasos de precipitación de 250 ml | Portar muestras que serán llevadas a análisis. |
| Pipeta de 10 ml | Medida exacta de pequeños volúmenes de líquido, en el caso de adición de saborizantes y edulcorantes. |
| Probeta de 500 ml | Dosificación de aditivos. |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Los equipos y materiales descritos anteriormente se emplean a lo largo del proceso de producción, en la medición de las distintas variables que intervienen en el proceso, debido al control, medida y dosificación más exactas que se lograrán gracias a estos artefactos que se necesita adquirir en la empresa, se obtendrá un producto con las características esperadas, elaborado bajo los parámetros establecidos en el presente proyecto.

3.5. Análisis de costo/beneficio del proyecto

3.5.1. Inversión fija

En la inversión fija se consideran todos los bienes tangibles que se definen previos a realizar el proceso productivo. Estos bienes estarán fijos en la empresa durante un largo tiempo y se emplearán para adquirir nuevos bienes (De Gregorio, 2007, p.17).

Para la implementación de la planta de procesamiento de la bebida de hoja de tuna se presentan los costos de adquisición e instalación de maquinaria y equipos para la línea principal y el control del proceso, adecuaciones físicas que la planta requiere en el área de producción y para el laboratorio de control de calidad. En la tabla 39-3 se muestra la inversión fija en cuanto al requerimiento de equipos que la empresa deberá adquirir. Ver Anexo E referente a la cotización del costo de tanque de agitado y el Anexo F acerca de la cotización de costo la máquina procesadora de penca.

Tabla 39-3: Valor de los equipos para la línea principal y control del proceso

| Equipos para la línea principal del proceso | | | |
|--|-----------------|---------------------------|-------------------------|
| Descripción | Cantidad | Valor Unitario (S) | Valor Total (\$) |
| Tanque de agitación y mezcla | 1 | 1500,00 | 1 500,00 |
| Despulpadora de penca (máquina procesadora) | 1 | 9650,00 | 9650,00 |
| Licuada industrial basculante METVISA | 1 | 825,00 | 825,00 |
| Colador industrial | 1 | 50,00 | 50,00 |
| Envasadora dosificadora de líquidos | 1 | 1730,00 | 1 730,00 |
| Taponadora eléctrica | 1 | 300,00 | 300,00 |
| Equipos y materiales para control y seguimiento del proceso | | | |
| pH metro | 1 | 27,00 | 27,00 |
| Termómetro | 1 | 9,00 | 9,00 |
| Balanza digital | 1 | 20,00 | 20,00 |
| Vasos de precipitación (250 ml) | 4 | 3,00 | 12,00 |
| Pipeta (10 ml) | 2 | 2,50 | 5,00 |
| Probeta (500 ml) | 2 | 12,00 | 24,00 |
| Subtotal (\$) | | | 14 152,00 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

La inversión fija que se requiere en la planta de procesamiento, en cuanto a adecuación de su estructura física se presenta en la tabla 40-3, además se especifica el costo de la adecuación del laboratorio de control de calidad. Ver Anexo D, en el cual se presenta el presupuesto dichas adecuaciones y la mano de obra requerida.

Tabla 40-3: Inversiones en la planta de procesamiento

| Detalle de la inversión | Costo (\$) |
|--|-------------------|
| Adecuación de la estructura física de la planta | 5 000,00 |
| Adecuación para el laboratorio de control de calidad | 2 500,00 |
| Subtotal (\$) | 7 500,00 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

La inversión en cuanto a recursos humanos necesarios para la adecuación de la estructura física de la empresa se presentan en la tabla 41-3, en la cual se detallan los costos por mano de obra para la instalación de equipos y para la adecuación física en la planta procesadora.

Tabla 41-3: Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso

| Denominación | Costo (\$) |
|---|-------------------|
| Mano de obra para la instalación de equipos | 500,00 |
| Mano de obra para la adecuación física | 1 000,00 |
| Subtotal (\$) | 1 500,00 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

3.5.2. Determinación de egresos

3.5.2.1 Costos de manufactura o producción

Los costos de manufactura o producción son aquellos que se crean durante el proceso de transformación de la materia prima al producto final (Rojas, p.9. 2007). Entre estos se tiene el costo de materia prima, pago de mano de obra, servicios, insumos, suministros, entre otros.

En la tabla 42-3 se especifican los costos de servicios básicos empleados en la planta de producción y la inversión anual individual y total que se requiere.

Tabla 42-3: Servicios básicos

| Servicio | Costo mensual (\$) | Costo anual (\$) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| Agua potable | 40,00 | 480,00 |
| Energía eléctrica | 60,00 | 720,00 |
| Línea telefónica | 20,00 | 240,00 |
| Subtotal (\$) | 120,00 | 1 440,00 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

La planta de Vita Tuna debe contar con el personal adecuado para que se realice un proceso eficaz y de calidad durante el procesamiento de la bebida de hoja de tuna, en la tabla 43-3, se describe el costo anual de los salarios destinados al supervisor de producción y los trabajadores propios del sector.

Tabla 43-3: Recursos humanos para el proceso de producción

| Personal | Actividad | Cantidad | Salario mensual | Salario neto mensual | Costo anual |
|---------------------------------|--|-----------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Supervisor de producción | Seguimiento y control del proceso. | 1 | 400,50 | 200,25 | 2 403,00 |
| Trabajadores propios del sector | Recepción de materia prima, inspección y selección, lavado, mondado. | 2 | 397,03 | 297,77 | 7 146,00 |
| Subtotal (\$) | | | 797,53 | | 9 549,48 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Los costos de producción de la bebida de hoja de tuna incluyen gastos de materia prima, aditivos e insumos por lote de 550 unidades de 500 ml, en la tabla 44-3 se detalla la inversión requerida de los mismos.

Tabla 44-3: Costo de elaboración de la bebida de hoja de tuna por lote (550 Unidades)

| Materiales e insumos | Valor por presentación | Valor unitario (\$) | Cantidad requerida | Valor total (\$) |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Hojas de Tuna | \$0,12 por hoja | 0,12 | 223 Unidades | 26,76 |
| Benzoato de sodio | \$59,00 por 25 Kg | 2,36 | 2,38 Kg | 5,62 |
| Sorbato de potasio | \$59,00 por 25 Kg | 2,36 | 2,38 Kg | 5,62 |
| Sucralosa | \$12,00 por 1 L | 12,00 | 9,94 L | 119,28 |
| Saborizante | \$8,00 por 1 L | 8,00 | 12,43 L | 99,44 |
| Guantes | \$6,75/caja (50 pares) | 0,13 | 4 pares | 0,52 |
| Cofia | \$5,50/caja (100 u) | 0,06 | 4 u | 0,24 |
| Mascarilla | \$2,00/caja (50 u) | 0,04 | 4 u | 0,16 |
| Envases | \$0,12/envase de 1/2 Litro | 0,12 | 550 u | 66,00 |
| Etiquetas | \$10,00 por 1000 u | 0,01 | 550 u | 5,50 |
| Subtotal (\$) | | | | 329,14 |
| Costo Anual (\$) | | | | 3 949,68 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

3.5.3. *Financiamiento*

El financiamiento se conseguirá gracias al aporte económico de los 62 socios que forman parte de la empresa Vita Tuna, este aporte cubrirá el 65 % de la inversión requerida, el presupuesto restante que se necesita para cubrir el resto de los costos totales será gestionado por parte de los Directivos de la institución hacia entidades públicas como son el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, mediante su unidad de emprendimientos, el Consejo Provincial de Chimborazo y el Ministerio de Inclusión Económica y Social, para evitar de esta manera recurrir a préstamos por medio de entidades bancarias.

3.5.4. *Costos totales de inversión fija y egresos*

Para calcular el precio de venta por unidad del producto se necesita conocer los costos totales de inversión fija y egresos anuales es decir los costos de producción para la elaboración del producto, en la tabla 45-3, se detallan dichos valores y además se calcula la inversión con un porcentaje extra del 8% por imprevistos que puedan presentarse en la planta de procesamiento.

Tabla 45-3: Costos totales de inversión fija y egresos

| Descripción | Valor (\$) |
|--|-------------------|
| Inversión fija | 23 152,00 |
| Imprevistos (8%) | 25 004,16 |
| Egresos anuales (Costos de producción) | 14 939,16 |
| Imprevistos (8%) | 16 134,29 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

3.5.5 Determinación de Ingresos anuales

Se calcula el precio de venta por unidad del producto al público, ya que esto corresponde a los ingresos que se generarán para la empresa.

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$

Donde:

PVP: Precio de venta al público

CP: Costo de producción

U: Utilidad deseada

Ya que se desea una utilidad del 40 %, al reemplazar se tiene:

$$PVP = 2,44 \left(\frac{100}{100 - 35} \right)$$

$$PVP = \$ 3,75$$

Tabla 46-3: Ingresos anuales

| Unidades producidas mensualmente | Costos de producción anual (\$) | Costos de producción por unidad (\$) | PVP (\$) | Ingresos anuales (\$) |
|---|--|---|-----------------|------------------------------|
| 550 | 16 134,29 | 2,44 | 3,75 | 27 750,00 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

Según las unidades producidas mensualmente, y debido a los costos de producción anual se determina el precio de venta al público del producto, con lo cual se calculan los ingresos mensuales que percibirá la empresa a razón de la venta del producto final en el mercado, valores expresados en la tabla 46-3.

3.5.6. Cálculo de Valor actual neto, Tasa de retorno interno y Período de recuperación

Los costos que se han determinado anteriormente, se requieren para evaluar la factibilidad de este proyecto, lo que se realiza mediante la aplicación de tres indicadores típicos que son el valor actual neto (VAN), el período de recuperación (PDR) y la tasa interna de retorno (TIR).

- **Cálculo de VAN:**

Este indicador se usa como criterio de inversión, en el que se conoce cuanto va a ganar o perder el empresario con el proyecto, esto mediante la actualización de los cobros y pagos del proyecto de inversión. Esto se analiza mediante los siguientes criterios:

VAN>0: El proyecto de inversión generará beneficios.

VAN=0: El proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas.

VAN<0: El proyecto de inversión generará pérdidas.

El cálculo de este indicador se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Tabla 47-3: Cálculo del VAN

| Período inicial | Inversión inicial (\$) | | | |
|-------------------|------------------------|---|--------------------|-----------------------|
| 0 | <i>Inv</i> = 25 004,16 | | | |
| Períodos (años) | Ingreso (\$) | Egreso (\$) | Flujo de caja (\$) | $\frac{F_j}{(1+i)^j}$ |
| <i>j</i> | | | <i>Fj</i> | |
| 1 | 27 750,00 | 16 134,29 | 11 615,71 | 10 559,74 |
| 2 | 27 750,00 | 16 134,29 | 11 615,71 | 9 599,76 |
| 3 | 27 750,00 | 16 134,29 | 11 615,71 | 8 727,05 |
| 4 | 27 750,00 | 16 134,29 | 11 615,71 | 7 933,69 |
| 5 | 27 750,00 | 16 134,29 | 11 615,71 | 7 212,44 |
| Tasa de descuento | <i>i</i> = 10% | $VAN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$ | | 19 028,52 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

- **Cálculo de TIR:**

La tasa interna de retorno es la tasa de rentabilidad que ofrece un proyecto de inversión. Es el porcentaje de beneficio o pérdida que generará una inversión según las cantidades no retiradas del proyecto. Esto se analiza mediante los siguientes criterios, donde "i" es la tasa de descuento de flujos elegida en el cálculo de VAN:

TIR > *i*: La tasa de rendimiento interno es mayor a la tasa mínima de rentabilidad, el proyecto de inversión será aceptado.

TIR = *i*: El proyecto de inversión puede llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa.

$TIR < i$: Al no alcanzar la rentabilidad mínima establecida, el proyecto de inversión debe ser rechazado.

Para facilitar el cálculo de la Tasa Interna de Retorno, se emplea una hoja de cálculo de Excel, mediante la fórmula “ = TIR (valores, [estimar])”, se emplean los valores que se presentan en la última columna de la tabla 476-3 calculados para el VAN, incluido el valor de la inversión inicial. El valor que resulta del cálculo de TIR es 24%.

$$TIR = 24\%$$

- **Cálculo de PDR:**

El período de recuperación sirve para determinar el tiempo en el que se recupera el total de la inversión inicial, y se empiezan a observar ganancias en el proyecto de inversión.

Tabla 48-3: Cálculo del período de recuperación

| Período (año) | Flujo de caja | Flujo acumulado |
|---------------|---------------|-----------------|
| 0 | -25 004,16 | -25 004,16 |
| 1 | 11 615,71 | -13 388,45 |
| 2 | 11 615,71 | -1 772,74 |
| 3 | 11 615,71 | 9 842,97 |
| 4 | 11 615,71 | 21 458,68 |
| 5 | 11 615,71 | 33 074,39 |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

El cálculo de PDR se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$PDR = \text{Último período acumulado negativo} + \frac{|\text{Último Flujo acumulado negativo}|}{\text{Flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 2 + \frac{|-1 772,74|}{11 615,71}$$

$$PDR = 2,15 \text{ años} \equiv 2 \text{ años y } 2 \text{ meses}$$

- **Análisis de resultados:**

A partir de los resultados obtenidos en el cálculo de los indicadores típicos utilizados en el presente trabajo, se observa que el proyecto de inversión para la producción industrial de la bebida de hoja de tuna es rentable para la Empresa Vita Tuna, ya que el valor de VAN es mayor

a 0, el valor de TIR es mayor a “i” y además el PDR determina que se recupera la inversión fija en dos años y dos meses. Por lo que se comprueba que el proceso resulta viable tanto desde el punto de vista técnico como económico.

3.6. Cronograma de ejecución del proyecto

| | MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1° | | | | 2° | | | | 3° | | | | 4° | | | | 5° | | | | 6° | | | | 7° | | | | | | | |
| | SEMANAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Revisión bibliográfica | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Recopilación de información | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Muestreo y Análisis físico-química de la hoja de tuna | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificación de las variables de diseño | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimensionamiento del proceso industrial | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Realización de cálculos y obtención del producto final | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Validación del proceso por caracterización del producto terminado | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Redacción del trabajo final | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Corrección del trabajo final | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Auditoría Académica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Defensa del trabajo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

Realizado por: Chávez Dayana, 2018.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el proceso para la elaboración de una bebida de hoja de tuna en la Empresa Vita Tuna, se parte de la selección de materia prima, la hoja de tuna también conocida como cladodio de nopal, para la toma de muestras se emplea la normativa **NTE INEN 1750:1994** Hortalizas y Frutas Frescas, Muestreo. El peso total de la muestra de materia prima que se recolecta del lote de cosecha de la Planta fue de 49,5 Kg, lo que se denomina muestra global, según la normativa antes mencionada el tamaño mínimo de cada muestra para ensayo es de 2 Kg, por lo tanto este será el peso de muestra de hojas de tuna que se va a emplear para realizar los análisis físico-químicos necesarios para la caracterización de la materia prima, mientras que la cantidad de 47,5 Kg restantes son destinados al procesamiento a nivel de laboratorio, esto se denomina como muestra para análisis.

De la muestra global se toman al azar 10 unidades para determinar sus medidas y pesos, según los datos obtenidos, se calculan los valores promedios, lo que da como resultado una longitud promedio de 40 cm, un ancho promedio de 17 cm, un grosor promedio de 18 mm y un peso promedio de 0,98 Kg. Con los 2 Kg de muestra, se realizan además los análisis físico-químicos necesarios para la caracterización de la materia prima, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados 1,98% de proteína, 0,45% de grasa, 0,93% de cenizas, 96,44 % de humedad, 2,5% de carbohidratos, 2,5 °Brix, 12,6 mg/100g de Vitamina C (Ácido ascórbico), 74,8 mg/100g de Calcio, 0,86 mg/100 g de Hierro, 98,2 mg/100g de acidez titulable y un pH de 5,6, no existe una norma que especifique los requisitos que los cladodios de nopal deban cumplir, sin embargo estos valores se aproximan a resultados de análisis bromatológicos realizados en estudios previos sobre la composición química de las hojas de tuna.

Para el procesamiento a nivel de laboratorio, se emplearon 47,5 Kg de hojas de tuna, las cuales son inspeccionadas según los requisitos generales establecidos según la **NTE INEN 2790-2013 Norma para el nopal (CODEX STAN 185-1993, MOD)**, después de la etapa de selección e inspección de la materia prima, se obtiene 1,45 Kg de defectuosos, los cuales corresponden al 3,05%, valor que se encuentra dentro del rango permisible según la misma normativa. Las hojas de tuna aptas para el procesamiento corresponden a 46,05 Kg, se procede al desespinado manual de los cladodios, el porcentaje de rendimiento en ésta operación es del 99,19% lo que corresponde a 45,68 Kg, los cuales son lavados rigurosamente para evitar la presencia de materiales extraños o contaminación en los cladodios, en la etapa de lavado se obtiene un 99,71% que corresponde a 45,55 Kg, a continuación se realiza el mondado y despulpado de las pencas, operación de la cual se obtiene un 59,06% de pulpa, la misma que es troceada en pedazos pequeños de aproximadamente 3 cm con un porcentaje de rendimiento del

99,37%, seguido de esto se realiza la homogeneización de la pulpa de nopal troceada y un porcentaje de agua del total que se va a adicionar a la bebida, el agua que será empleada será en una relación de 120 ml de agua por cada 100 g de pulpa. Para la operación de mezclado y agitado se agrega el porcentaje restante de agua, se agita la mezcla durante 5 horas. Se filtra la mezcla obteniendo 55 L de bebida la cual tiene una consistencia viscosa, y una apariencia algo turbia, para reducir la presencia de agentes patógenos y alargar la vida útil del producto se lleva a cabo la pasteurización a una temperatura de 75°C durante 30 segundos e inmediatamente se baja drásticamente la temperatura hasta los 35°C, una vez realizado este tratamiento térmico, se adicionan los aditivos que requiere la bebida entre los que se tienen conservantes; benzoato de sodio y sorbato de potasio, edulcorante no calórico; sucralosa y saborizantes; extractos líquidos de piña y durazno.

Una vez realizados los ensayos a nivel de laboratorio de la bebida se establece el proceso a nivel industrial, el diseño y los cálculos de ingeniería. Para lo cual se va a procesar 218 Kg de materia prima, que corresponden a 223 hojas de tuna, de los cuales se obtienen 275,67 L de bebida, después de la adición de agua y los distintos aditivos requeridos que fueron determinados anteriormente. Se continúa estableciendo los balances de masa y energía basados en los datos recolectados durante los ensayos a nivel de laboratorio y una relación con los datos que se requieren para establecer el proceso a escala industrial.

Para la producción de la bebida de hoja de tuna, se hicieron ensayos de tres diferentes muestras, en las cuales variaba el sabor. La primera muestra; bebida natural sin saborizante ni edulcorante, la segunda muestra; sabor a piña y la tercera; sabor a durazno, éstas tres bebidas junto con la bebida artesanal que se elabora en la empresa a pequeña escala, son evaluadas por 110 jueces afectivos mediante un análisis sensorial, obteniéndose una aceptación general de 9,09%, 24,55%, 60% y 6,36% respectivamente, se procede a la tabulación de datos y análisis de los resultados obtenidos mediante la prueba de chi-cuadrado, esto para verificar la existencia de relación o independencia entre las muestras y los niveles de respuesta respecto a cada parámetro de interés (sabor, color, aroma y consistencia), se establece con un 95% de confianza que existe una dependencia entre los parámetros sabor, color y aroma con el nivel de respuesta (me gusta, ni me gusta ni me disgusta y no me gusta), mientras que para el parámetro consistencia no existe relación, lo cual concuerda ya que las cuatro muestras evaluadas corresponden a la bebida de hoja de tuna con la misma consistencia en todas (consistencia de gel). Así se establece que la bebida que se debe elaborar es la bebida de hoja de tuna sabor a durazno.

Se realiza la validación del proceso mediante la caracterización físico-química del producto final de acuerdo a los parámetros que fueron analizados en la materia prima (hoja de tuna), y los análisis microbiológicos de acuerdo a la **NTE INEN 2337:2008, Jugos, Pulpas,**

Concentrados; Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales. De los cuales se obtienen los siguientes resultados: proteína 0,10%, ceniza 0,11%, azúcares totales 0,41°Brix, Sólidos totales 0,74%, hierro 0,60 mg/100ml, calcio 12,8 mg/100ml, grasa 0,12%, acidez titulable 34 mg/100ml, pH 5,3, ácido ascórbico 34 mg/100ml y ausencia de coliformes fecales, coliformes totales, mohos y levaduras, por lo tanto se establece que la bebida posee características hidratantes por su alto contenido de agua y un aporte nutritivo en cuanto a proteínas, minerales como hierro y calcio y vitamina C, además se evidencia la inocuidad del producto.

Una vez realizada la validación del proceso mediante el análisis sensorial, los análisis físico-químicos y microbiológicos y realizado los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso, se determina, que la Empresa Vita Tuna requiere implementar los equipos faltantes en sus instalaciones así como adecuar la planta de procesamiento a las necesidades que requiera el proceso, para que se ejecute el procesamiento industrial de la bebida de hoja de tuna. Los equipos que se necesitan son: Despulpadora de Penca, Licuadora Industrial, Colador Industrial, Envasadora y Taponadora, dado que la empresa cuenta con el resto de equipos e instrumentos que se necesitan en las demás etapas del proceso. Además se realiza el diseño del Tanque de Agitado y Mezclado que es el equipo en el que se desarrolla la principal operación del proceso, de la cual dependerán tanto las propiedades como la consistencia del producto final, para este se determina que el material de construcción del equipo es el acero inoxidable 304, se calcula un volumen total de 275,67 L, diámetro de 0,71 m, altura de 0,82 m, altura del rodete con respecto al fondo de 0,24 m, diámetro del rodete de 0,47 m, longitud del brazo de 0,58 m, ancho de la paleta de 0,09 m, longitud de la paleta de 0,12 m, número de paletas 6, ancho de la placa deflectora 0,06 m, número de placas deflectoras 4, potencia del agitador $\frac{1}{4}$ Hp y con una descarga mediante válvula de bola de 1 $\frac{1}{2}$ in.

Se realiza el análisis de costos con la cotización de cada uno de los equipos tanto del tanque de agitado y mezcla que fue diseñado, como de los equipos que se van a adquirir, además se determinan los precios para los materiales, aditivos, insumos e instrumentos que se requieren a lo largo del proceso. Luego de determinados los cálculos respectivos referentes al costo/beneficio del proceso se establecen presentaciones de $\frac{1}{2}$ litro con un valor de \$3,75, y se determina que el capital a ser invertido por la empresa será totalmente recuperado en dos años y dos meses de producción y venta de la bebida.

CONCLUSIONES

- Al realizar la caracterización fisicoquímica de la materia prima, hoja de tuna más bien conocida como cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*), se obtienen los siguientes resultados: 1,98% de proteína, 0,45% de grasa, 0,93% de cenizas, 96,44 % de humedad, 2,5% de carbohidratos, 2,5 °Brix, 12,6 mg/100g de Vitamina C, 74,8 mg/100g de Calcio, 0,86 mg/100 g de Hierro, 98,2 mg/100g de acidez titulable y un pH de 5,6. No existe una norma que especifique los requisitos que los cladodios de nopal deban cumplir, sin embargo al comparar estos resultados con los de análisis realizados en estudios anteriores con los valores obtenidos, estos poseen cifras aproximadas.
- Los parámetros y variables que fueron identificados, y controlados a lo largo del proceso de obtención de la bebida de hoja de tuna son los siguientes: contenido de pulpa, tiempo de maduración, tiempo de mezclado, temperatura de pasteurizado, tiempo de pasteurizado, cantidad de conservantes, edulcorante, saborizante y temperatura de conservación.
- Mediante ensayos realizados a nivel de laboratorio, y al obtener 4 distintas bebidas de las cuales al ser evaluadas por jueces afectivos se escoge una de ellas, la bebida de hoja de tuna sabor a durazno, se establece que el mejor proceso industrial para la obtención de la bebida de hoja de tuna consiste en las siguientes etapas u operaciones : recepción de la materia prima en la cantidad necesaria, inspección y selección de la materia prima, desespinado, lavado, mondado y despulpado, troceado, homogeneizado, agitado y mezclado, filtrado, pasteurizado, adición de aditivos (conservantes, edulcorante, saborizante), envasado y etiquetado, así como la formulación para la misma.
- Se efectúan los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del proceso industrial de la bebida de hoja de tuna, para lo que se realizaron los balances de masa y energía del proceso a escala industrial, el diseño del tanque de agitado y mezcla de 320 Litros de capacidad para la producción de un lote de 275,67 Litros.
- Se validó el proceso industrial de obtención de una bebida de hoja de tuna mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la formulación según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337:2008, Jugos, Pulpas, Concentrados; Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales, obteniéndose como resultados: proteína 0,10%, ceniza 0,11%, azúcares totales 0,41°Brix, Sólidos totales 0,74%, hierro 0,60 mg/100ml, calcio 12,8 mg/100ml, grasa 0,12%, acidez titulable 34 mg/100ml, pH 5,3, ácido ascórbico 34

mg/100ml y ausencia de coliformes fecales, coliformes totales, mohos y levaduras. Al comparar los valores obtenidos del producto final con los valores de los análisis de la caracterización físico-química de la hoja de tuna (materia prima) se evidencia que a pesar de haber sido ésta procesada, aún contiene sus propiedades nutritivas, además de que se constata la inocuidad del producto final.

RECOMENDACIONES

- Debe asegurarse que las hojas de tuna o cladodios de nopal tengan un tiempo mínimo de maduración de entre 9 a 12 meses para que éstas cumplan con las características físicas y químicas necesarias para la elaboración de la bebida.
- Las hojas de tuna que lleguen a la planta deben ser procesadas como máximo 12 horas después de su cosecha, debido a que puede existir oxidación enzimática en el área de corte.
- Se debe verificar que las cantidades de materia prima, aditivos, insumos y suministros sean las adecuadas, además que su calidad sea la requerida.
- Las variables y parámetros determinados en el proyecto técnico se deben controlar a lo largo de todo el proceso, para asegurar un producto final de calidad.
- Se debe llevar a cabo una adecuada limpieza de los equipos e instrumentos utilizados, además el personal debe utilizar protección personal para manipulación de alimentos (cofia, mascarilla, guantes) durante el proceso para garantizar la inocuidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, M. Nopal (*Opuntia ficus indica* L.), delicioso y medicinal. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Perú. 2010. pp. 71-72. [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2018] Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/CALERA/article/view/31/30>.

Cayo, B. *Efectos de la Pasteurización sobre el sabor de jugos 100% Naturales* [en línea]. 2012, pp. 1-2: [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2018] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/173184058/PASTEURIZACION-DE-JUGOS-docx>.

Chávez. *Inspección y Selección de materias primas*. 1999, p.156: [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2018] Disponible en: <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/8098/9/658.314-Ch512dpp-CAPITULO%20IV.1.pdf>

CODEX STAN 185-1993. Norma del CODEX para el Nopal.

Cortés, J. Seguridad e higiene en el trabajo. Técnicas de prevención de riesgos. 9a ed. Madrid-España: editorial Tebar, 2007 p. 167.

Cordero, G. Aplicación del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria. Primera. Sevilla-España: s.n., 2013.

Dávila, J. *Máquina procesadora de Sábila (Aloe Vera)*. México, 2012. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2018.]. Disponible en: <http://www.agro20.com/forum/topics/m-quina-procesadora-de-s-bila-aloe-vera>

Deiana; et al. : *Introducción a la Ingeniería. Balance de masa*. Departamento de Ingeniería Química – FI – UNSJ. 2018. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.fi.unsj.edu.ar/ asignaturas/introing/BalanceDeMasa.pdf>

Diario El Día. *La tuna y sus innumerables propiedades* [en línea]. Santo Domingo-República Dominicana: 15/04/2016. [Fecha de consulta: 04 de agosto de 2018] Disponible en: <http://eldia.com.do/la-tuna-y-sus-innumerables-propiedades/>

Esquivel. “Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima”. *Agronomía Mesoamericana* [en línea] 2004, 15 [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43715212>

Espinosa, J. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Primera. La Habana-Cuba : Universitaria, 2007.

FAGRAN. *Sucralosa*. 2007. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2018.] Disponible en: http://www.fagran.org.ar/azucares_SeminarioEdulcorantes.php

FAO, 2010. *Perfiles de nutrición por país, Ecuador*. Ecuador: SN, 2010. [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S08.htm>

FAO, 2018. Cultivos tradicionales, Nopal. México : SN, 2018.

García, B. Mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) sobre propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo. [En línea](Tesis). (Maestría) Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo-México. 2013. pp. 71-85. [Fecha de consulta: 23 de julio de 2018] Disponible en: <http://text-mx.123dok.com/document/oz1280vy-mucilago-de-nopal-opuntia-spp-sobre-propiedades-micromorfológicas-y-estructurales-del-suelo-en-trigo.html>.

García, M. *Análisis sensorial de alimentos*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. vol 2, n°3 (julio, 2014). [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2018.] ISSN 2007-6363, Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/index.html>

GEA. *Pasteurizadores* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 28 de agosto de 2018] Disponible en: <https://www.gea.com/es/productgroups/liquid-processing-systems/pasteurizers/index.jsp>

Giraldo, J. *Filtración de procesos* [en línea]. Medellín-Colombia: UEN Servicios de Ingeniería INDISA, 2015, p. 2: [Fecha de consulta: 08 de septiembre de 2018] Disponible en: <http://www.indisa.com/indisaonline/anteriores/IndisaOnLine137Filtraci%C3%B3ndeProcesos1.pdf>.

Guzmán, D, Chávez, J. “Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano”. Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea] 2007: [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937604004>> ISSN 1810-634X.

Improlac. *Procesos y máquinas* [en línea]. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2018]
Disponible en: <https://www.improlac.com/es/10/procesos-y-maquinas.html>.

Kiesling. *Origen, Domesticación y Distribución de Opuntia ficus-indica*. Argentina: SN, 2010.
ISSN.

McCabe, W, Smith, J, Harriot, P. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Séptima.
Estados Unidos: Mc Graw Hill, 2007.

Nazareno. *Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA*. Argentina: SN, 2013. p. 96. ISSN.

NTE INEN 0381. *Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable*. 1985 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0381.1986/page/n0>.

NTE INEN 0398. *Conservas vegetales. Determinación de azúcares*. 1979 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: https://archive.org/stream/ec.nte.0398.1979/ec.nte.0398.1979_djvu.txt.

NTE INEN 0401. *Conservas vegetales. Determinación de cenizas*. 1985 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: https://archive.org/stream/ec.nte.0401.1979/ec.nte.0401.1979_djvu.txt.

NTE INEN 0523. *Determinación de grasa* [en línea]. 1980 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0523.1981/page/n0>.

NTE INEN 1235. *Determinación del contenido de humedad. (Método de rutina)*. 1987 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: <https://archive.org/stream/ec.nte.1235.1987#page/n0>.

NTE INEN 1670. *Determinación de la proteína total. Proteína cruda* [En línea]. 1991 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: <https://archive.org/stream/ec.nte.1670.1991#page/n1>

NTE.INEN 1750. *Hortalizas y frutas frescas muestreo*. 1994 [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2018.] Disponible en: <https://archive.org/stream/ec.nte.1750.1994#page/n7>.

Ochoa, C, & Guerrero, J. “Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de la calidad de tuna blanca Villa Nueva (*Opuntia albicarpa*)”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea] 2013, 14 [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2018] Disponible en: <http://ww.redalyc.org/articulo.oa?id=81329290008> ISSN 1665-0204.

Padilla, E. “Aplicaciones de los aceros inoxidable”, *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas* [en línea], 2013 Vol. 2, Núm. 3 (1999) [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2018.] ISSN 1682-3087. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2114>

Rodriguez, Yurley C. *Evaluación del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) como agente estabilizante en néctar de maracuyá (Passiflora edulis)* [en línea] (tesis) Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. Bogotá-Colombia. 2017. pp. 15-16. [Fecha de consulta: 5 de agosto de 2018] Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21264/43052010_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, R. *Sistemas de costos, un proceso para su implementación*. Manizales-Colombia: 2007, p.9. ISBN 978-958-8280-09-07.

Sáenz. *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma [en línea] 2006, [Fecha de consulta: 14 de agosto de 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/pdf/009/a0534s/a0534s00.pdf>. ISBN: 92-5-305518-9.

Sánchez, A. “Características físicas y químicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.)” *Mill. Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2017, 34: 175-186. Abril-Junio. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315746700_Caracteristicas_fisicas_y_quimicas_de_cladodios_de_Opuntia_ficus-indica_L_Mill. ISSN 2477-9407.

SICE. *Reglamento técnico MERCOSUR de aditivos aromatizantes/saborizantes*. 2018. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.sice.oas.org/Trade/MRCSRS/Resolutions/AN4693.asp>

Trujillo. El cultivo de tuna. Perú: SN, 2009. ISSN.

Uribe, Agustín; et al. : *Agitación y mezclado*. Universidad de Guanajuato Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Noria Alta s/n, 36050 Guanajuato, Gto. México 2012, p.p. 22-23: [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2018]
Disponible en: <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/revista/numeros/41/A4.pdf>.

