

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Desarrollo de un nuevo producto a partir de pitahaya roja

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera en Alimentos

Presentado por:

Karla Anahí Pesantes Morales

Ruth Astrid Villegas Carriel

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A Dios, a mi mamá, a mi abuelito Wilson, a mi tía Vivi y a mi Candy porque son parte esencial de mi vida, a quienes llevo en mi corazón por siempre.

Karla Pesantes Morales

A Dios, a mi mamá y a mí por todo el esfuerzo que hice a lo largo de la carrera.

Ruth Villegas Carriel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres y abuelos por apoyarme siempre y darme la motivación para superarme cada día, a mi compañera de tesis Ruth Villegas por su compromiso y dedicación, a mis grandes amigos que son parte importante de todos mis logros, al equipo más innovador por creer en mí y a las personas que contribuyeron a que este proyecto sea posible.

Karla Pesantes Morales

A Dios, mi familia, amigos, profesores y todas aquellas que me brindaron su apoyo para realizar este proyecto y durante todo mi tiempo de carrera, sobre todo a mi mamá Marjorie Carriel que siempre creyó en mí, a mí tío Alberto Carriel por su apoyo incondicional, a mi compañera de proyecto Karla Pesantes por su gran empeño y dedicación, a Samantha por ayudarnos con el manejo de los equipos, a los chicos que nos dieron las pruebas rápidas para hacer los análisis y a mis amigos de la U que hicieron de este tiempo una experiencia grata.

Ruth Villegas Carriel

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Karla Anahí Pesantes Morales, Ruth Astrid Villegas Carriel y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Karla Pesantes M.
Karla Pesantes Morales

R Villegas B.
Ruth Villegas Carriel

EVALUADORES

MSc. Galo Chuchuca

PROFESOR DE LA MATERIA

Ph.D. Cesar Moreira

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

A nivel mundial el cultivo y comercialización de pitahaya se encuentra en crecimiento constante, in embargo, debido a su acelerada maduración y dificultades de envío, se plantea la necesidad de desarrollar un producto que permita alargar su vida útil y ofrecer una nueva opción de consumo. Por tanto, se establece el desarrollo de un producto liofilizado a partir de pitahaya roja conservando sus propiedades nutricionales y antioxidantes. Se realizó un diseño experimental analizando el estado de madurez de la fruta del 1 al 4 y la aplicación de tratamiento térmico a 80°C por 2 minutos previo al liofilizado resultando en 8 corridas experimentales y considerando como variable de respuesta el contenido de polifenoles totales, luego se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos para caracterizar la materia prima y el producto final. Obteniéndose un aumento progresivo del pH, sólidos solubles y disminución de la humedad conforme incrementaba el estado de madurez de las muestras estudiadas. Los resultados microbiológicos cumplen con los límites permitidos en la NTE INEN 2996. Además, el contenido de polifenoles fue afectado por el blanqueamiento, la liofilización apenas disminuyó su contenido y en comparación con un producto deshidratado por método convencional no muestra diferencias significativas. En conclusión, el liofilizado no cambia los parámetros fisicoquímicos de la fruta y el blanqueamiento como pretratamiento no es viable si se requiere conservar la mayor cantidad de polifenoles, por otra parte, en base a los polifenoles este procesamiento no muestra diferencias con un secado por cabina.

Palabras Clave: Pitahaya, Liofilización, Polifenoles, Tratamiento Térmico, Antioxidantes.

ABSTRACT

Worldwide, the cultivation and commercialization of dragon fruit is constantly growing, however, due to its accelerated maturation and shipping difficulties, there is a need to develop a product that allows it to extend its shelf-life and offer a new consumption option. Therefore, the development of a freeze-dried product from red pitahaya conserving its nutritional and antioxidant properties is established. An experimental design was carried out analyzing the state of maturity of the fruit from 1 to 4 and the application of heat treatment at 80°C for 2 minutes prior to lyophilization, resulting in 8 experimental runs and considering the content of total polyphenols as response variable, then performed microbiological and physicochemical analyzes to characterize the raw material and the final product. Obtaining a progressive increase in pH, soluble solids and decrease in humidity as the state of maturity of the samples studied increased. The microbiological results comply with the limits allowed in the NTE INEN 2996. In addition, the content of polyphenols was affected by bleaching, lyophilization will hardly lose its content and in comparison, with a product dehydrated by the conventional method, it does not show significant differences. In conclusion, the lyophilisate does not change the physicochemical parameters of the fruit and bleaching as a pretreatment is not viable if it is required to preserve the greatest amount of polyphenols, on the other hand, based on polyphenols, this processing does not show differences with drying in a cabin.

Keywords: *Dragon Fruit, Freeze-Drying, Polyphenols, Heat Treatment, Antioxidants.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivo específico.....	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 Pitahaya roja.....	2
1.4.2 Características.....	3
1.4.3 Composición	3
1.4.4 Maduración y tiempo de vida útil	4
1.4.5 Aplicaciones	5
1.4.6 Exportación.....	6
1.4.7 Normativas vigentes	7
1.4.8 Tecnología.....	7
1.4.8.1 Liofilización	7

1.4.8.2 Aplicaciones de la liofilización	8
CAPÍTULO 2	9
2. Metodología	9
2.1 Selección del producto	9
2.2 Diseño experimental	10
2.2.1 Hipótesis.....	11
2.3 Determinación del grado de maduración.....	11
2.4 Experimentación	12
2.4.1 Liofilización	13
2.5 Caracterización del producto terminado.....	13
2.5.1 Contenido de Humedad.....	13
2.5.2 Determinación de pH.....	13
2.5.3 Determinación de °Brix	13
2.5.4 Contenido de polifenoles totales.....	14
2.6 Análisis microbiológicos	14
2.7 Análisis de costos	14
2.8 Layout de la planta.....	15
CAPÍTULO 3	16
3. Resultados y análisis	16
3.1 Resultados de análisis microbiológicos.....	16
3.2 Resultados de análisis físico - químicos.....	16
3.3 Diseño de planta	22
3.4 Diagrama de Recorrido	24
3.5 Tabla de Relación de Actividades	24
3.6 Layout de la planta.....	25
3.7 Costos.....	27
3.7.1 Costos de equipos	28

3.7.2	Depreciación de los equipos.....	29
3.7.3	Costos fijos directos / mano de obra.....	29
3.7.4	Costos variables	30
3.7.5	Costos de materias primas e insumos.....	30
3.7.6	Cálculo de P.V.P y punto de equilibrio.....	31
3.7.7	Costos de infraestructura.....	31
3.8	Flujo de caja.....	31
CAPÍTULO 4		33
4. Conclusiones y recomendaciones		33
4.1	Conclusiones.....	33
4.2	Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNCIDES		

ABREVIATURAS

BHA	Hidroxianisol butilado
BHT	Hidroxitolueno butilado
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PG	Galato de propilo
TBHQ	Ter-butilhidroxiquinona
PC	Punto crítico
PCC	Punto crítico de control
pH	Potencial hidrógeno
P.V.P	Precio de venta al público
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
PDA	Potato dextrose agar

SIMBOLOGÍA

°C	Celsius
g	Gramos
ton/ha	Toneladas/hectáreas
%	Porcentaje
°Brix	Porcentaje sólidos disueltos
µl/kg/h	Microlitro sobre Kilogramo por hora
mg	Miligramo
CO ₂ /kg/h	Dióxido de carbono sobre kilogramo por hora
Pa	Pascal
Ho	Hipótesis nula
Ha	Hipótesis alterna
mBar	Milibar
ml	Mililitro
µm/ml	Micrómetro sobre mililitro
rpm	Revoluciones por minuto
h	Hora
ppm	Partes por millón
µl	Microlitros
µm/ml	Micrómetro sobre mililitro
NMP/g	Número más probable
UFC/g	Unidades formadoras de colonias
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
KW/h	Kilovatio hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Desarrollo de la maduración de la pitahaya roja (<i>Hylocereus undatus</i>). .5	
Figura 2.1. Estados de madurez de la pitahaya	11
Figura 2.2. Diagrama de proceso de la experimentación	11
Figura 3.1. Gráfica de Humedad (%) vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca	16
Figura 3.2. Gráfica del pH vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca.....	17
Figura 3.3. Gráfica de °Brix vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca.....	18
Figura 3.4. Gráfica de Contenido de polifenoles de la pitahaya roja.	20
Figura 3.5. Diagrama de proceso de liofilizado de pitahaya roja.....	23
Figura 3.6. Diagrama de recorrido sencillo.....	24
Figura 3.7. Tabla de relación de actividades.....	25
Figura 3.8. Lista de departamentos ingresados en el software CORELAP	26
Figura 3.9. Layout obtenido del software CORELAP con recorrido.	26
Figura 3.10. Layout final de la planta.	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. La composición nutricional en 100g de pitahaya roja (<i>Hylocereus undatus</i>)	4
Tabla 2.1. Diagrama lluvia de ideas	9
Tabla 2.2. Matriz de selección de productos	9
Tabla 2.3. Tratamientos para cada relación entre las variables experimentales	9
Tabla 3.1. Resultados de análisis microbiológicos	16
Tabla 3.2. Resultados de análisis fisicoquímicos	19
Tabla 3.3. Costos indirectos.....	28
Tabla 3.4. Costos de equipos.....	28
Tabla 3.5. Depreciación de equipos	29
Tabla 3.6. Costos fijos directos / mano de obra	30
Tabla 3.7. Costos variables.....	30
Tabla 3.8. Costo de materias primas e insumos	30
Tabla 3.9. Cálculo de PVP y punto de equilibrio	31
Tabla 3.10. Costos de infraestructura.	31
Tabla 3.11. Resultado de flujo de caja TIR y VAN	32

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En el Ecuador 2223 hectáreas están destinadas al cultivo de pitahaya con un rendimiento de 7.6 ton/ha, su producción depende del manejo agronómico y de las condiciones ambientales que hacen que su cosecha no mantenga un período de tiempo definido, identificándose cosechas en los meses de febrero, marzo, junio, septiembre, octubre y diciembre. Obteniendo una producción de aproximadamente el 60% a nivel nacional entre los meses de febrero y marzo (INIAP, 2020). Además, en los últimos meses los productores han reportado problemas para el envío de esta fruta al exterior y un descenso del precio por kilogramo en un 45-50% del valor con el que se comercializaba, esta caída ocurrió principalmente por un aumento en el precio del transporte aéreo (Reyes, 2020). Esta problemática acontece al sector agrícola debido a que requieren desarrollar alternativas para darle valor agregado a esta fruta, a la vez de que permite evitar desechar la fruta que por diversos factores no pudo ser comercializada. La empresa interesada plantea la necesidad de desarrollar un subproducto de la pitahaya que pueda ser posicionado en otros países, logrando así expandirse en el mercado exterior, donde se busca desarrollar una alternativa para alcanzar el crecimiento económico.

1.2 Justificación del problema

La pitahaya es considerada en la actualidad como una fruta exótica de exportación no tradicional, que ha tenido un gran crecimiento en los últimos años ya que, hasta julio de 2021 se ha exportado hacia Hong Kong y Estados Unidos un poco más de 700 toneladas de pitahaya según la SENA. Esta cuenta con múltiples propiedades nutricionales que hacen de su ingesta un importante aporte a la dieta de los consumidores. Por lo que al realizar este proyecto se busca aprovechar las características de la pitahaya generando una opción diferente de consumo para esta fruta, además se busca alargar su vida útil ya que alcanza su estado de madurez en un corto periodo de tiempo. Por otra parte, en el mercado interno esta es una nueva opción para el consumo de pitahaya generando un valor agregado a dicha materia

prima. En síntesis, tanto en el mercado local como internacional es poco frecuente encontrar un producto derivado de la pitahaya, por tanto, es una oportunidad comercial debido a la escasa competencia en esta línea de productos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar la línea de proceso para un producto a partir del liofilizado de pitahaya roja que no cumple con los estándares de exportación para generar un valor agregado a la actual línea de producción de una empresa agroexportadora.

1.3.2 Objetivo específico

- Desarrollar una fórmula para un producto utilizando el liofilizado de pitahaya roja que cumpla con las especificaciones requeridas en el mercado nacional.
- Evaluar las propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas del producto final mediante análisis de laboratorio.
- Establecer el diseño de una planta y una línea de proceso para la producción de un producto liofilizado a partir de pitahaya roja.
- Realizar un análisis económico considerando los costos para el desarrollo de una línea de proceso y el establecimiento de una planta.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Pitahaya roja

La pitahaya es una fruta exótica no climatérica, de la familia *Cactaceae* y del género *Hylocereus*, cuyo exocarpo puede ser de color rojo o amarillo, generalmente su pulpa es blanca, no obstante, para el caso de la pitahaya roja existe una variante que contiene pulpa roja, pero en ambas variedades la pulpa es jugosa, dulce y tiene semillas negras (Barreto, 2021; Som et al., 2019; Vijayakumar y Vinothkanna, 2020). También conocida como “fruta del dragón” se considera como fruta nativa de México, Centro y Sur de América, la cual actualmente es ampliamente cultivada en países como Malasia, México, Nicaragua y Vietnam (López y Vera, 2021; Som et al., 2019). Localmente se cultiva en algunas provincias ecuatorianas, tales como Morona Santiago, Manabí, Pichicha, Los Ríos entre otras (INIAP, 2020).

1.4.2 Características

La pitahaya roja "*Hylocereus undatus*" se caracteriza por su contenido de vitaminas, proteínas, grasas, carbohidratos y fibra cruda, además contiene nutrientes con propiedades antioxidantes como flavonoides y compuestos fenólicos, los cuales son considerados como anticancerígenos, reducen enfermedades degenerativas y enfermedades cardíacas, previenen la diabetes y el envejecimiento, mejora el sistema digestivo, ayuda a eliminar sustancias tóxicas, controla los niveles de colesterol y de presión arterial, por otra parte, sus semillas también son nutritivas y disminuyen el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Muhialdin et al., 2020). Se ha comprobado una correlación entre el contenido fenólico y la actividad biológica, antioxidante y antibacteriana de esta fruta, siendo un oportuno reemplazo para los antioxidantes sintéticos utilizados comúnmente en la industria alimenticia como conservantes que previenen el enranciamiento de productos con alto contenido lipídico, algunos de los antioxidantes sintéticos utilizados son el BHA, BHT, PG y TBHQ, los cuales al ser tóxicos pueden resultar nocivos para la salud tras el consumo continuo (Som et al., 2019).

Otra característica con la que cuenta la pitahaya son los pigmentos betalaínicos los cuales tienen efectos positivos en contra del estrés ya que pueden inhibir la oxidación y peroxidación lipídica y que se dividen en betacianinas y betaxantinas. Además, tiene algunos otros beneficios que se encuentran tanto en la pulpa como en las semillas por lo que se pueden utilizar para regular el azúcar en personas diabéticas, como un regulador intestinal o suavizar los estímulos nerviosos en personas que tienen nerviosismo, hipertensión o arritmia (Chino, 2020).

1.4.3 Composición

Según Verona- Ruiz et al. (2020) la pitahaya es una fruta de bajo nivel calórico, ya que contiene una gran cantidad de hidratos de carbono, la pulpa corresponde entre el 60 y 80% de su peso total, aunque puede variar según su especie. Su sabor se ve afectado por la madurez con la que se cosecha la fruta, ya que esta aumenta la concentración de azúcares y de sólidos solubles totales, los cuales son glucosa y fructosa. El contenido de sólidos solubles totales varía entre 12 y 15°Brix, cuenta con una humedad del 87%, además que el sabor también se ve afectado por el pH en la pulpa que por lo general es de 4.5 a 4.7 y con una acidez titulable que varía

según si es agridulce o dulce en cuyo caso el porcentaje de ácido málico sería de 2.4 a 3.0 y de 0.62 y 0.5 respectivamente.

Tabla 1.1 La composición nutricional en 100g de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) [Verona- Ruiz et al., 2020]

Componente	Pitahaya roja (<i>Hylocereus undatus</i>)			Unidades
	Mercado – Silva (2018)	ICBF (2018)	Morales de León et al. (2015).	
Agua	89	87.3	82.3	%
Proteínas	0.5	0.5	1.4	g
Carbohidratos	NE	11.6	13.55	g
Grasa	0.1	0.1	*	g
Ácido ascórbico	25.0	25.0	25.8	mg
Cenizas	0.5	0.5	0.5	g
Fibra	0.3	3.3	Ne	g
Fósforo	19.0	26.0	5.0	mg
Hierro	0.4	0.2	0.75	mg
Niacina	0.2	0.2	0.37	mg
Calcio	6.0	26.0	5.0	mg
Riboflavina	0.03	0.03	*	mg
Tiamina	0.01	0.01	*	mg

(*) Valor no encontrado; (NE) valor no evaluado.

En la tabla 1.1 se puede observar la composición nutricional de la pitahaya roja recolectada de tres diferentes fuentes que evalúan los diferentes componentes y en que se puede apreciar que muchos de estos son similares mientras que otros presentan una diferencia bastante remarcada como en el caso del fósforo y el calcio, esto puede ser debido a que en el trabajo de Verona- Ruiz et al. (2020) se basaron en recolectar información de relacionada con el cultivo, composición nutricional y físico química, compuesto bioactivos entre otros, debido a los beneficios que aportan a la salud del consumidor.

1.4.4 Maduración y tiempo de vida útil

La pitahaya es una fruta muy perecedera con una vida útil de hasta 10 días, al ser una fruta climatérica es muy importante que su cosecha sea durante la madurez fisiológica, si la cosecha se retrasará 2 o 3 días la calidad puede verse afectada

(Soares et al., 2019). Tiene una tasa de producción de etileno muy baja de 0,03–0,09 $\mu\text{l}/\text{kg}/\text{h}$ y su tasa de respiración va de 75-144 $\text{mg CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ a 20-23 °C, alcanza su valor máximo durante las primeras etapas de crecimiento (Iman y Zapata, 2021). Durante la maduración comercial o avanzada la fruta presenta una coloración rosa y la pulpa no se ha desarrollado completamente. Luego, de alcanzar un desarrollo completo la fruta se vuelve roja y su pulpa está completa, así como el sabor y consistencia son adecuadas. Cuando sucede la sobre maduración la fruta pierde su firmeza, su coloración y hay una desintegración de la pulpa (Kishore, 2016).



Figura 1.1 Desarrollo de la maduración de la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*)
[Kishore, 2016]

1.4.5 Aplicaciones

La mayoría de las aplicaciones alimentarias de esta fruta están limitadas al consumo directo y a la producción de jugo, aunque actualmente en el mercado también existen otros productos relativamente nuevos elaborados a partir de esta materia prima. Se ha demostrado la actividad antimicrobiana y antioxidante del jugo de pitahaya adicionando lactosuero para obtener bebidas funcionales fermentadas, alargando su vida útil y potenciando la aceptabilidad del consumidor (Muhialdin et al., 2020). Se ha desarrollado una gelatina a partir de extracto de pitahaya destacando su contenido de fósforo y vitamina C (Panchal et al., 2018). Por otra parte, Zaidiyah et

al. (2019) realizaron una mermelada de pitahaya roja para alargar su vida útil, de la cual estimaron un tiempo de vida de anaquel de 99 días mediante conservación a 28°C. También se evaluó el uso de pitahaya para la elaboración de vino en la que se utilizó antes de la fermentación un pre-tratamiento con pectinasa debido al elevado contenido de pectina presente en el jugo de pitahaya, del cual obtuvieron resultados favorables respecto a las características sensoriales, propiedades antioxidantes y el rendimiento del vino (Jiang et al., 2020). Otra aplicación de la pitahaya roja se ha dado en snacks, presentándose en forma de chips, a partir de un tratamiento de liofilización aplicado a esta fruta (Mawilai et al., 2017). La pitahaya roja puede utilizarse en la industria alimentaria, no solo como un alimento altamente nutritivo, sino también como un colorante natural ya que está contiene betacianinas el cual presenta una estabilidad del color similar al de la remolacha. Por otro lado, la cáscara de la pitahaya en polvo puede servir como un suplemento para disminuir el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de baja densidad, aunque el efecto de este producto solo se ha investigado su efectividad en ratones (Verona- Ruiz et al., 2020). Otra aplicación que se puede dar a la cáscara de pitahaya es para la obtención de pectina, según Ngoc y De Tantawam (2019) la fruta de dragón podría ser una buena fuente de pectina de bajo metoxilo con antioxidantes, aunque se ve afectada por la temperatura.

1.4.6 Exportación

Su comercialización alcanzó los 4.900 millones de dólares a nivel mundial según cifras del 2016 (Chen, 2018), obtuvo un crecimiento de la demanda global en un 3.7% en el 2019 y se pronostica para el 2026 un incremento del 3.9%, siendo China el país que más consume esta fruta a nivel mundial. Los principales exportadores de pitahaya roja son Vietnam y Nicaragua, mientras que los países que lideran la exportación de pitahaya amarilla son Colombia, Guatemala y Ecuador. Esta fruta pertenece al grupo de frutas no tradicionales de exportación, Ecuador genera más de 60 millones de dólares al año comercializando esta fruta en el exterior y es principalmente exportada hacia China, Unión Europea, Estados Unidos, Singapur y Hong Kong (López y Vera, 2021).

1.4.7 Normativas vigentes

Actualmente en el Ecuador existe la norma NTE INEN 2003: 2005 de frutas frescas. Pitahaya. Requisitos, una normativa que establece los parámetros de la pitahaya amarilla para el consumo en su estado fresco o como material para el procesamiento industrial. También, existe la norma para la pitahaya CODEX STAN 237 – 2003 que puede aplicarse para a las diferentes variedades y especies de los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus*, este documento solo aplica a la fruta que es dirigida al consumo, compartiendo información de las disposiciones de la calidad, envases, etiquetados, contaminantes e higiene.

1.4.8 Tecnología

1.4.8.1 Liofilización

La liofilización es un proceso de conservación por el cual se realiza una deshidratación por sublimación. Este método es utilizado con el fin de evitar la reducción de componentes volátiles y termolábiles de un producto, que pueden perderse al utilizar métodos convencionales (Ramírez, 2006; García-Mora, 2019). La técnica de la liofilización se basa en la desecación por medio de sublimación en un medio vacío. Está compuesto por tres etapas las cuales son: La etapa inicial es la congelación, en esta etapa es necesario conocer el producto ya que muchos productos presentan diferentes temperaturas de congelación debido a la presencia de solutos. Cabe resaltar que el promedio de temperatura al que se lleva es menor a -10°C y se debe tener en cuenta la velocidad de congelación para evitar los posibles agujeros que se puedan producir debido a las variaciones en las estructuras cristalinas, lo que puede ocasionar un estancamiento de un líquido saturado (García - Mora, 2019; Herrera y Alarcón, 2017). La siguiente etapa es la fase de desecación primaria consiste en la etapa de sublimación por diferencia de presión de agua entre las fases. Para esta fase la cámara de secado debe tener una presión y temperatura por debajo de 610Pa y -5°C respectivamente. Se obtiene un producto con una humedad entre el 10 y 15%, listo para la siguiente etapa, la cual consiste remover el agua parcialmente ligada del producto, para ello se mantiene el vacío con una presión por debajo del punto triple y una temperatura que aumenta progresivamente hasta llegar a la del ambiente. El producto final alcanza una humedad del 2% y una estructura porosa (García – Mora, 2019).

1.4.8.2 Aplicaciones de la liofilización

Las primeras aplicaciones del tratamiento de liofilización reportadas en el sector alimenticio fueron para productos como leche, sopas, huevo, levadura, zumos de fruta y café. Tiempo después se aplicó también para carnes, mariscos, hortalizas, infusiones y tubérculos. Esta técnica permite conservar la calidad de los alimentos, manteniendo la mayor parte de su estructura original a diferencia de otros métodos de deshidratación convencionales como el secado, en donde al someter el producto a una posterior rehidratación se percibe una considerable pérdida de la estructura original del alimento. Además, la liofilización permite conservar aspectos organolépticos del producto como el sabor y aroma, y al ocurrir a bajas temperaturas impide reacciones que degradan compuestos presentes en el alimento. Debido a las múltiples ventajas de esta técnica y a su capacidad para prolongar la vida útil, actualmente es ampliamente utilizada en la producción de alimentos para astronautas, montañistas, personal de las fuerzas armadas y militares (Ramírez, 2006).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la metodología del proyecto, se realizó la selección del producto mediante una matriz de selección en la cual se evaluaron las opciones recurriendo a diferentes criterios, los cuales fueron considerados de acuerdo con los objetivos del cliente. También se realizó un diseño de experimentos de dos factores, el primero es para identificar como afecta el estado de madurez y el segundo es para determinar la forma que debe tener el producto, se propuso como variable de respuesta la evaluación del nivel de aceptación aplicando una prueba sensorial afectiva y el contenido de polifenoles. Adicionalmente, se caracterizó el producto terminado mediante análisis físico – químicos centrándolos en el contenido de humedad, pH, °Brix y de antioxidantes. Por otra parte, se agregó la línea de proceso y el diseño de una planta utilizando un diagrama de procesos y el método de system Layout planning respectivamente, sumándole un análisis de los costos para determinar la viabilidad de la inversión.

2.1 Selección del producto

Se realizó una lluvia de ideas de los posibles productos que se pueden desarrollar, luego se realizó una matriz de selección, en la cual se consideraron varios criterios, los cuales fueron evaluados para cada alternativa planteada. Luego se calificó cada alternativa con una escala del 1 al 5, siendo 1 el calificativo más bajo y 5 el más alto para seleccionar la mejor idea. Resultó el snack liofilizado como mejor puntuado para desarrollar.

Tabla 2.1 Diagrama lluvia de ideas [Elaboración propia]

LLUVIA DE IDEAS		
Smoothie cubes	Conserva de pitahaya	Chips liofilizados
Cubos de pitahaya deshidratados	Chips deshidratados de pitahaya en cabina de secado	Helado de yogurt de pitahaya
Mermelada	Pulpa liofilizada	Pitahaya frita

Tabla 2.2 Matriz de selección de productos [Elaboración propia]

	A	B	C	D	E	F
Criterios de selección	Cubos congelados	Mermelada con pectina	Smoothie cubes	Chips	Snack liofilizado	Polvo liofilizado
Tiempo de vida útil	3	4	3	5	5	5
Bajo costo de producción	5	4	4	4	3	2
Valor nutricional	5	3	4	3	5	5
Versatilidad/Aplicaciones	3	5	3	3	4	4
Listo para el consumo	5	5	5	5	5	3
Demanda del producto	4	5	5	5	4	4
Cantidad de ingredientes	4	3	4	4	5	5
P.V.P.	5	4	4	4	4	3
Evaluación neta	34	33	32	33	35	31
Lugares	2º	3º	4º	3º	1º	5º

2.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental de dos factores sin réplicas, los cuales están definidos en la siguiente tabla, para determinar cuáles serían los mejores parámetros para obtener un producto.

Tabla 2.3 Tratamientos para cada relación entre las variables experimentales [Elaboración propia]

Tratamiento	Tratamiento térmico	Estado de madurez
1	Escaldado	1
2	Sin escaldar	1
3	Escaldado	2
4	Sin escaldar	2
5	Escaldado	3
6	Sin escaldar	3
7	Escaldado	4
8	Sin escaldar	4

2.2.1 Hipótesis:

Ho: El estado de madurez no afecta significativamente el contenido de polifenoles del producto final.

Ha: El estado de madurez afecta significativamente el contenido de polifenoles del producto final.

La variable de respuesta que se consideró para este diseño experimental fue el contenido de polifenoles para el cual se realizó una comparación con los resultados que se obtuvo de las muestras liofilizadas con la de la materia prima.

2.3 Determinación del grado de maduración

El grado de madurez de la pitahaya roja se determinó por el color de la fruta siguiendo los parámetros establecidos en el manual técnico de cosecha de pitahaya de Costa Rica, en donde se considera que el estado 1 es cuando la piel de la fruta se encuentra un 75% verde, el estado 2 la fruta presenta un quiebre de color, es decir, que comienza a pintarse de rojo, el estado 3 es cuando la fruta está totalmente roja y las puntas de sus brácteas presentan un color verde, finalmente en la maduración estado 4 la fruta se encuentra totalmente roja y sus brácteas adquieren una tonalidad café.

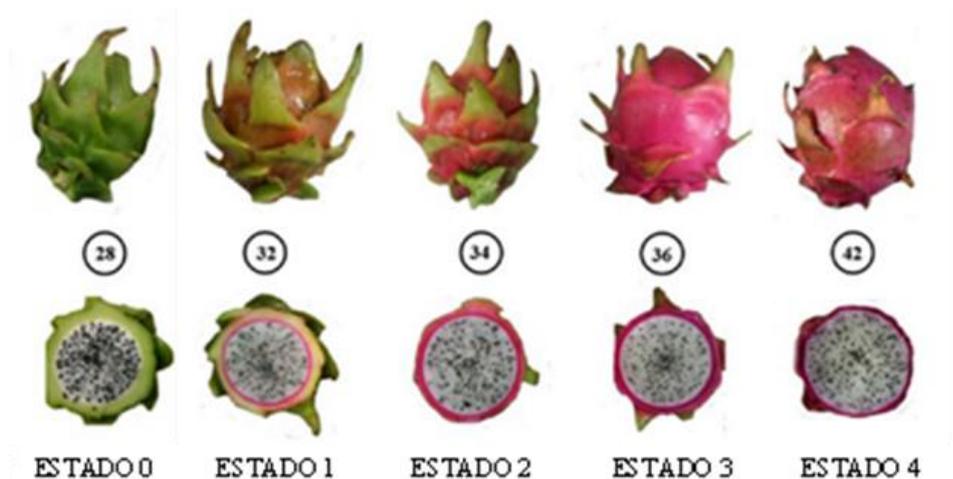


Figura 2.1 Estados de madurez de la pitahaya [Magalhaes et al., 2019]

2.4 Experimentación

El procedimiento experimental se desarrolló siguiendo el diagrama descrito a continuación, en el Apéndice B. Sección 2 se encuentra el proceso para obtener las muestras liofilizadas con los equipos utilizados.

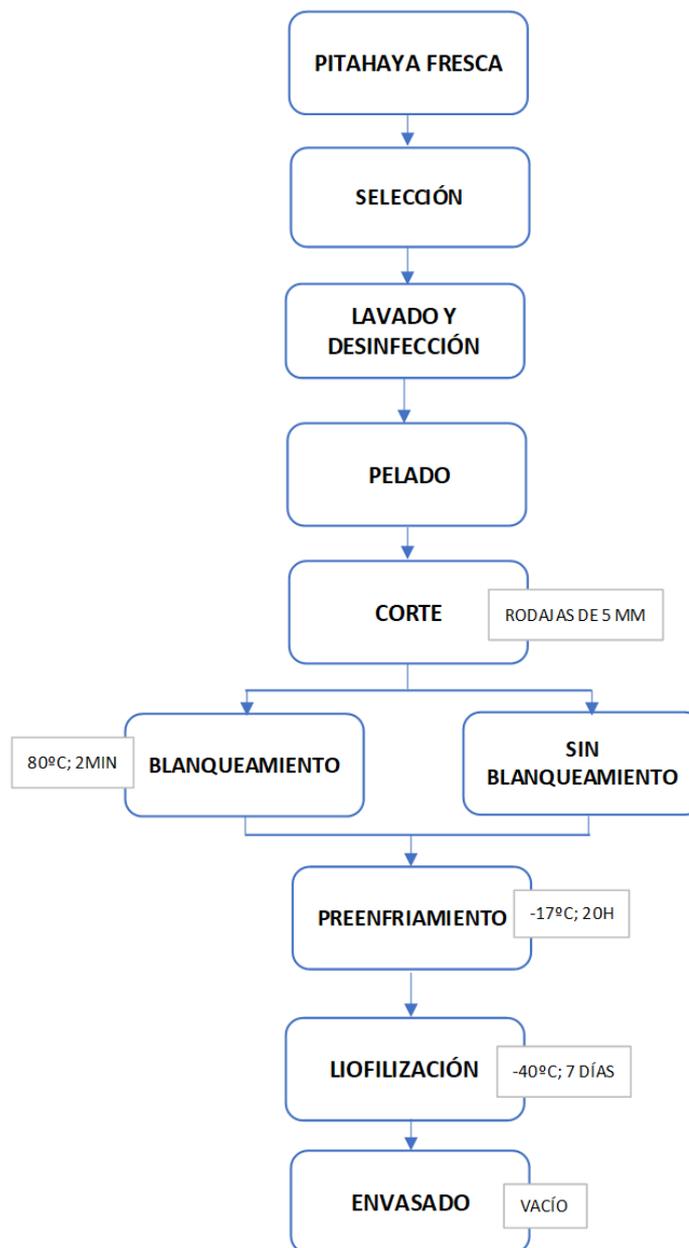


Figura 2.2 Diagrama de proceso de la experimentación [Elaboración propia]

2.4.1 Liofilización

La pitahaya utilizada fue cultivada en el cantón Buena Fe de la provincia de Los Ríos en estado 1 y 3 de maduración, se recibió la materia prima en el laboratorio y se seleccionaron aquellas frutas que no presentaban signos de deterioro, se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio 50 ppm. Luego se retiró la cáscara y se cortó la pulpa de dos formas: en cubos de 15 mm y rodajas de 2 mm de espesor. Previo al tratamiento de liofilización se escaldó parte de las muestras a 70°C por 2 minutos, la muestra fue sometida a congelación -17°C durante 20 h. Transcurrido este tiempo se colocaron las muestras en las válvulas del liofilizador; marca Labconco de capacidad de 6 litros, a una temperatura de -86°C y presión de vacío de 0,002 mBar.

2.5 Caracterización del producto terminado

2.5.1 Contenido de Humedad

Se determinó el contenido de humedad mediante el método de secado por termobalanza, utilizando un equipo de marca KERN modelo MLB 50-3 programada a una temperatura de 100°C, se pesaron 10 g de la muestra de pitahaya liofilizada y se colocaron dentro de la termobalanza para el análisis. Una vez concluido el tiempo de secado, se reportó el resultado obtenido.

2.5.2 Determinación de pH

Se calibró el pH-metro de la marca BOECO modelo BT-600 previamente a la medición con soluciones buffer 4, 7 y 10. Seguidamente, se diluyeron 10 g de muestra de pitahaya liofilizada en 100 ml de agua destilada y se realizó la medición del pH.

2.5.3 Determinación de °Brix

El contenido de °Brix se determinará utilizando el refractómetro manual ATC de marca HHTEC. En el que primero se calibró midiendo dos gotas de agua destilada, comprobando que la lectura diera cero, posterior a eso se diluye un poco del liofilizado en agua destilada y se realizó la medición siguiendo el método realizado para la calibración. Este procedimiento también se efectúa en producto final.

2.5.4 Contenido de polifenoles totales

Se determinó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, colocando en un tubo de ensayo 1 g de la muestra con una solución de metanol y ác. clorhídrico (37%) en relación 1000:1, poniendo en agitación a 200 rpm por 16 h. Se realizó una curva patrón con una solución estándar de ácido gálico de 450 µm/ml, a partir de la cual se prepararon soluciones diluidas de 10 ml con concentraciones de 0 a 16 ppm. Para determinar la cantidad de polifenoles en la muestra, se tomaron 100 µl del sobrenadante de la muestra previamente preparada y se adicionaron 250 µl de solución buffer de carbonato de sodio (7,5%) junto con 625 µl de agua ultrapura y 25 µl del reactivo Folin, seguidamente se agitó y se incubó a temperatura ambiente por 2 horas. Este proceso se repitió para cada dilución patrón de ácido gálico. Finalmente, se tomaron 200 µl de cada tubo de ensayo y se colocó en una placa de 96 micropocillos, la absorbancia se midió con el equipo Biotek a 765 nm.

2.6 Análisis microbiológicos

Se realizó un recuento de mohos y levaduras en medio PDA (Papa Dextrosa Agar), para lo cual inicialmente se realizaron diluciones seriadas (10-1, 10-2 y 10-3) en Agua Peptona como medio de pre-enriquecimiento, seguidamente se realizó la siembra de superficie en el medio PDA por duplicado de las 3 diluciones y se incubaron las placas a 25°C por 72 horas. Finalmente, en base al procedimiento descrito en la NTE INEN 1529-5, se realizaron los cálculos para determinar el número de microorganismos por gramo como media ponderada de dos diluciones sucesivas de acuerdo con la Ec. 1 del Anexo 1. Por otra parte, se determinó presencia/ausencia en 25 g para *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7 mediante pruebas rápidas de detección de las marcas RapidCheck Select y Reveal respectivamente. Estos análisis nos permitieron asegurar que el producto final cumpla con los requisitos de la norma INEN 2996 de Productos Deshidratados.

2.7 Análisis de costos

Para la estimación de los costos que se realizó se consideraron los costos directos e indirectos, además de los costos de las maquinarias seleccionadas durante el diseño de la planta y su depreciación. Cabe resaltar que el análisis de costos es una herramienta que se utilizó para determinar la viabilidad del proyecto y para identificar

los recursos que se utilizaron durante el desarrollo de éste. Por otra parte, también se obtuvo el punto de equilibrio, el cual indicó cual sería la cantidad que la empresa debería vender para obtener una ganancia. Para el análisis financiero, primero se realizó el flujo de caja con una proyección de 5 años, y luego se calculó dos índices el VAN (Valor neto actual) y el TIR (Tasa interna de retorno) con los que se determinó la viabilidad de la inversión.

2.8 Layout de la planta

El diseño de la planta se realizó mediante el software Corelap, generando una adecuada distribución y delimitación de las áreas en el espacio requerido para el correcto funcionamiento de la línea de producción.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados de análisis microbiológicos

Tabla 3.1 Resultados de análisis microbiológicos [Elaboración propia]

Análisis	Resultado	Límite máximo
<i>Salmonella</i>	Ausencia en 25 g	---
<i>E. coli</i> O157:H7	Ausencia en 25 g	5.0×10^2 NMP/g
Mohos y levaduras	$3,18 \times 10^1$ UFC/g	1.0×10^3 UFC/g

Mediante el cálculo descrito en el Apéndice A, se determinó el número de mohos y levaduras por gramo presente en el producto, donde se obtuvo un resultado de $3,18 \times 10^1$ UFC/g de acuerdo con la Tabla 3.1. Además, se presentó ausencia en 25 g para *Salmonella* y *E. coli* (Apéndice B. Sección 1). Estos resultados cumplen con lo establecido en la NTE INEN 2996 de Productos Deshidratados: Requisitos.

3.2 Resultados de análisis físico - químicos

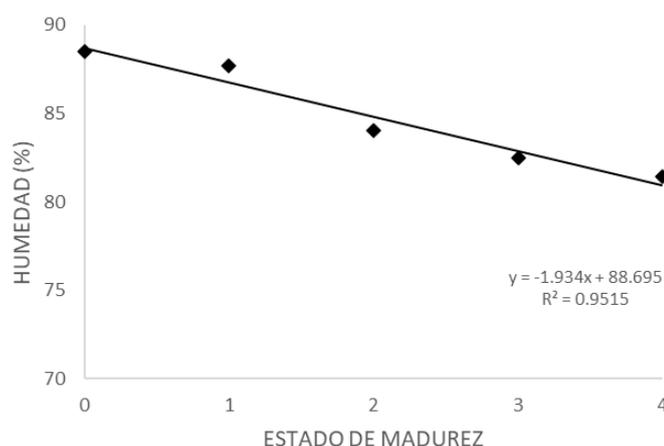


Figura 3.1 Gráfica de Humedad (%) vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca [Elaboración propia]

Las muestras analizadas de pitahaya roja fresca indican que la humedad de la fruta muestra un comportamiento lineal decreciente conforme aumenta su estado de maduración (Figura 3.1), se registró una humedad de 87,92% para la fruta en estado 0 de madurez descendiendo hasta 81,42% en estado 4. Mawilal et al. (2017) indican

que inicialmente la fruta tiene un 87,5% de humedad. Además, en un estudio para la caracterización de la pitahaya roja fresca se indica que la humedad de la pulpa tiene una disminución lineal a la vez de que incrementa su maduración, reportándose resultados de 87,13 a 80,13%, lo que representa una reducción del 7% desde el estado de madurez inicial al final (Magalhaes *et al.*, 2019). A su vez, se estima que la humedad de la fruta puede llegar hasta 79.31% en su máximo estado de madurez (Rodríguez, 2010).

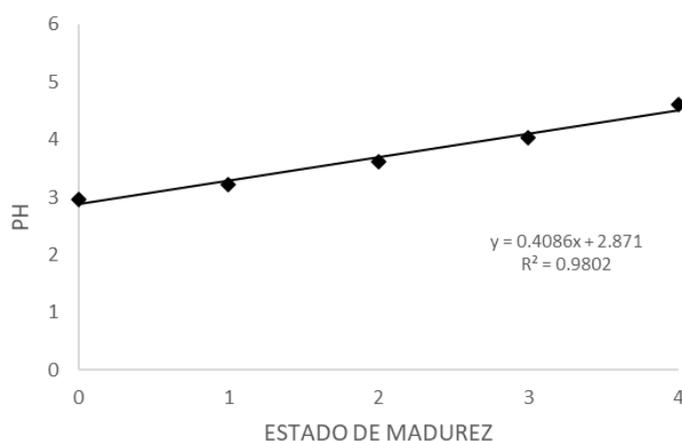


Figura 3.2 Gráfica del pH vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca
[Elaboración propia]

Las muestras de pitahaya fresca evaluadas a diferentes estados de madurez presentaron un incremento lineal con valores entre 2,98 y 5,20 (Figura 3.2). Estos resultados fueron contrastados con los obtenidos por Magalhaes *et al.* (2019), en donde se reportan valores de pH entre 3,05 y 4,50; observándose un comportamiento lineal creciente conforme se incrementa el estado de madurez con resultados muy similares a los obtenidos en esta experimentación. En efecto los ácidos orgánicos tienden a disminuir con la maduración debido a su participación como sustrato en la respiración o su conversión en azúcares, lo que conlleva un aumento en el contenido de sólidos solubles e incremento del pH (Magalhaes *et al.*, 2019).

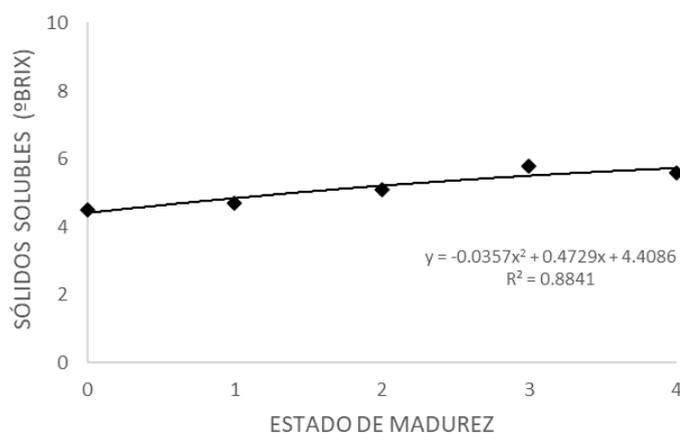


Figura 3.3 Gráfica de °Brix vs. Estado de madurez de la pitahaya roja fresca [Elaboración propia]

Respecto a los sólidos solubles totales se evidencia una tendencia creciente desde 4,5% en su estado inicial de madurez hasta alcanzar un valor máximo de 5,8% en el estado 3, mientras que en el estado 4 se observa una ligera disminución de los grados brix de la fruta llegando a 5,6% (Figura 3.3), esta disminución se debe a que los sólidos solubles consisten principalmente en azúcares, los cuales también pueden ser sustrato en procesos respiratorios, reduciendo los valores de sólidos solubles en etapas avanzadas de maduración en donde aumenta la respiración celular (Magalhaes *et al.*, 2019). Se han reportado valores entre 3,43% y 19,58% de sólidos solubles para la pitahaya roja, desde su estado de madurez inicial hasta su madurez avanzada, estos resultados guardan relación con los obtenidos en esta experimentación (Menezes *et al.*, 2015). Ortiz y Takahashi (2015) reportan un valor máximo de sólidos solubles de 12,2% con la fruta en estado 2 de madurez y valores mínimos del 3%. Por otra parte, Mallik *et al.* (2018) indican que el tiempo de floración de la fruta o la época de cosecha influye en el contenido de sólidos solubles reportándose mayor porcentaje de grados brix en la floración de mayo (27,2%) que en la de julio (22,0%) en el mismo estado de madurez. Por lo tanto, esta variación del porcentaje de sólidos solubles de la fruta en el mismo estado de madurez reportada en los estudios mencionados se debe principalmente a las diferentes épocas y condiciones de cosecha de la fruta analizada.

Tabla 3.2 Resultados de análisis fisicoquímicos [Elaboración propia]

Estado de madurez	Pitahaya fresca			Pitahaya liofilizada		
	Humedad (%)	pH	°Brix	Humedad (%)	pH	°Brix
1	87,69	2,98	4,7	5,38	2,88	4,8
2	84,03	3,53	5,1	4,93	3,52	5,0
3	82,50	4,61	5,8	4,57	4,56	5,7
4	81,42	5,20	5,6	3,98	5,37	5,6

Según lo observado en la Tabla 3.2, la humedad de la muestra liofilizada disminuye conforme aumenta el estado de madurez, es decir que la humedad conserva el comportamiento lineal registrado en la fruta fresca con resultados entre 5,38 y 3,98%, removiéndose en promedio un 92% del agua de la fruta. Diversos autores establecen que la liofilización es un proceso de secado eficiente para eliminar humedad de la pitahaya, reportando una remoción de humedad de hasta el 95%, alcanzando humedades finales entre 3,53 y 9,87% (Liaotrakoon *et al.*, 2012; Mawilai *et al.*, 2017). El pH de la fruta liofilizada muestra una tendencia creciente a medida que aumenta el estado de madurez, es decir que mantiene el mismo comportamiento evidenciado en la fruta fresca con valores de pH similares entre 2,88 y 5,37, esto ha sido reportado también en estudios previos donde se indica que la liofilización no causa alteraciones que impliquen una variación significativa del pH de la fruta (Liaotrakoon *et al.*, 2012). Finalmente, al igual que el pH los grados brix no presentan variaciones con el proceso de liofilización, los resultados de la fruta liofilizada están estrechamente relacionados con los obtenidos en la etapa previa al procesamiento. Esto concuerda con lo establecido en estudios anteriores de frutas liofilizadas, donde se indica que al rehidratar el liofilizado para la determinación de grados brix, esta muestra porcentajes de sólidos solubles totales muy cercanos a la fruta fresca (Gomes *et al.*, 2018).

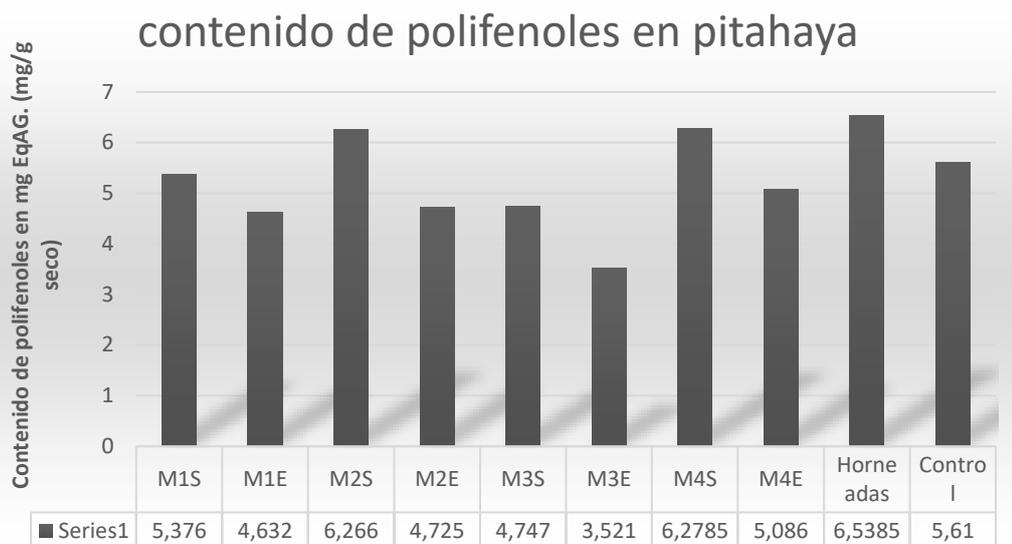


Figura 3.4 Gráfica de Contenido de polifenoles de la pitahaya roja [Elaboración propia]

En la Figura 3.4 se puede observar el contenido de polifenoles determinados de ocho muestras de pitahaya con diferentes tratamientos siendo así, las muestras M1E, M2E, M3E y M4E de pitahaya liofilizada escaldada con diferentes estados de madurez, los cuales son 1, 2, 3 y 4 respectivamente; a su vez, las muestras M1S, M2S, M3S y M4S corresponden a dichos estados de madurez, pero sin escaldar. La muestra control hace referencia a la pitahaya fresca y la muestra horneada representa a la pitahaya deshidratada por cabina; cabe aclarar que esta última es una muestra obtenida a partir de un producto elaborado por una empresa ecuatoriana. Se pudo evidenciar que la muestra control refleja un contenido de polifenoles de 5,6100 mg GAE/ gDW, sin embargo, este resultado no guarda relación con lo obtenido en el estudio realizado por Pásko *et al.*, (2021) en el que los valores para la pitahaya roja con pulpa blanca están entre 2,510 y 4,520 (mg GAE/ gDW), esto depende del reactivo con el que se realice la extracción, siendo metanol y agua respectivamente los utilizados para determinar ambas cantidades en dicho estudio.

Por otra parte, la muestra M1E, M2E, M3E y M4E de pitahaya escaldada liofilizada con diferentes estados de maduración son las que menor contenido de polifenoles tienen siendo estos de 4,632, 4,725 y 3,521 y 5,086 (mg GAE/ gDW) respectivamente, enfatizando que el tratamiento aplicado para el blanqueamiento fue de 2 min a 80°C y que luego de esto fue almacenado en un congelador por 20 horas. Es probable que la temperatura o el tiempo expuesto sea el precursor de la

disminución de su capacidad antioxidante. Según Murcia et al, (2009). el proceso de blanquear y luego congelar algunas hortalizas tales como acelgas, brócoli, ajo, espinacas y guisantes redujo la cantidad de antioxidantes solubles en agua y sólo hubo un caso en que esta cantidad aumentó, sin embargo, esto se debió a la adición de ácido ascórbico que es un aditivo utilizado para garantizar una mejor conservación del producto congelado.

Al comparar las muestras M2S y M4S con la muestra horneada, se puede observar que ambas tienen aproximadamente la misma cantidad de polifenoles, por esto, se puede deducir que los diferentes procesamientos aplicados tienen casi el mismo efecto sobre el contenido de polifenoles de la materia prima. Como se mencionó anteriormente la aplicación de blanqueamiento y congelación disminuiría los antioxidantes (Murcia *et al.*, 2009), sin embargo, las muestras M2S y M4S sólo fueron congeladas y luego pasaron a liofilizarse, por lo que la cantidad perdida fue muy baja con respecto a la contenida por la muestra control, además según los resultados, estos estados de madurez presentan el mayor contenido de polifenoles.

Por otra parte, la muestra horneada en la que se realizó un tratamiento térmico a altas temperaturas y que aun así presenta la misma cantidad de polifenoles que las muestras anteriores; podría ser debido a un incremento de la capacidad antioxidante como se describe en el estudio de Liaotrakoon *et al.*, (2011) que trata sobre el impacto de los tratamientos térmicos sobre las características fisicoquímicas, antioxidantes y reológicas de dos variedades de pitahaya, la roja con pulpa blanca y la roja con pulpa roja, en donde se evidencia incremento en el contenido de fenoles y por ende en la capacidad antioxidante sobre todo al someter la pulpa a variaciones de temperatura entre 50 y 90°C por 60 minutos destacando que este resultado se dio en las dos variedades evaluadas, algunas de las posibles razones por lo que este incremento sucede es debido a la presencia de las semillas en la pulpa las cuales se caracterizan por ser ricas en polifenoles.

3.3 Diseño de planta

El proceso de liofilizado de pitahaya roja (Figura 3.5) inicia con la recepción de la fruta fresca, luego se procede a realizar una selección descartando aquellas que puedan estar altamente deterioradas o que no cumplan con los parámetros para recepción del producto. Posteriormente se tiene una etapa de lavado y desinfección con hipoclorito de sodio a 50 ppm, en donde se ingresa la fruta previamente seleccionada a la máquina de lavado de disco con tambor vertical.

Una vez culmine el proceso de lavado se procede a pelar la fruta en las mesas de acero inoxidable para posteriormente ser pasadas por la cortadora de rodajas y distribuidas en bandejas de acero inoxidable las cuales ingresarán por el túnel de congelación rápida en la etapa de preenfriamiento, con una temperatura de salida de -20°C . Mediante una banda transportadora se conducen las bandejas hacia el liofilizador, en donde dos operarios las ubican dentro del equipo.

Al concluir la liofilización (-45°C) luego de 24h los operadores retiran el producto del liofilizador e ingresa a la etapa de envasado, en la cual el producto es dispuesto en una tolva que lo conduce mediante una banda transportadora hacia una empacadora automática flowpack con sistema de multibalanzas y se envasa el producto con atmósfera modificada en bolsas metalizadas.

Finalmente, los empaques serán dispuestos en cajas de cartón corrugado por 2 operarios y se colocarán sobre pallets para ser trasladados al área de almacenamiento de producto terminado y distribuidos posteriormente.

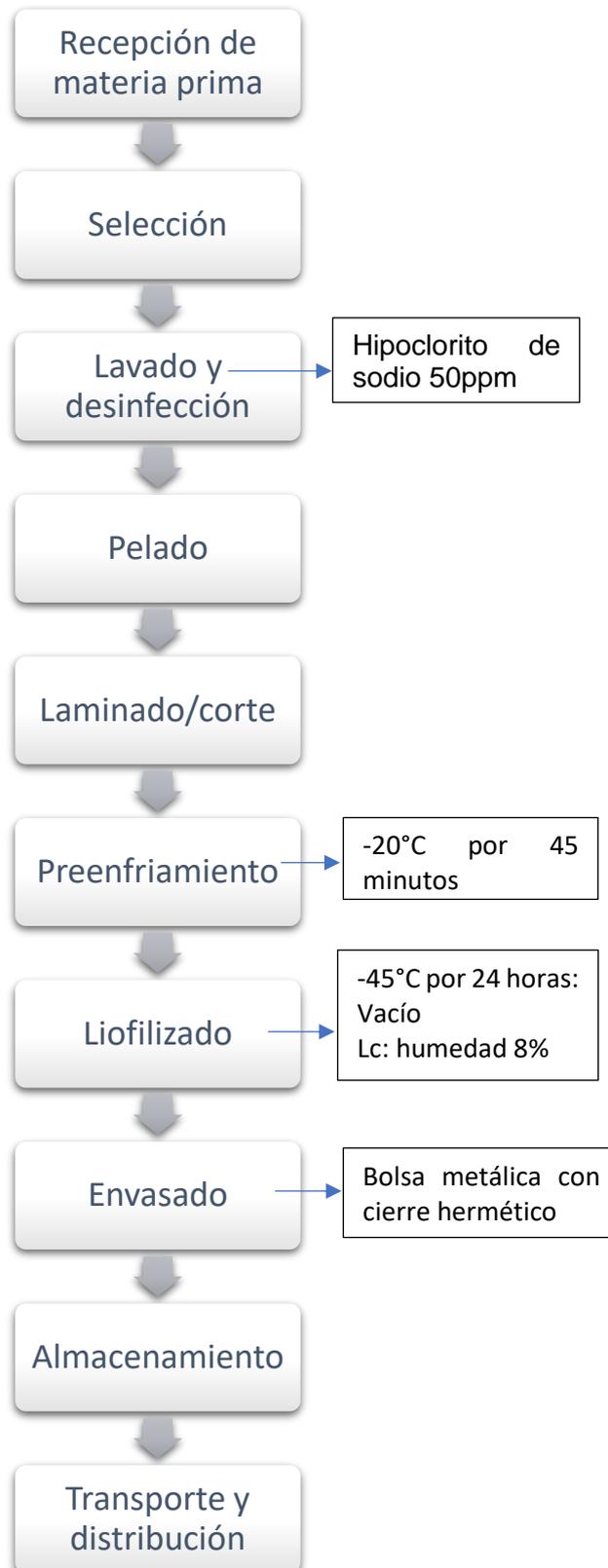


Figura 3.5 Diagrama de proceso de liofilizado de pitahaya roja [Elaboración propia]

3.4 Diagrama de Recorrido

Se dispuso las etapas requeridas para el proceso de elaboración de snack de pitahaya, con la identificación de cada área según 5 categorías: inspección, operación, espera, almacenamiento y transporte. En la Figura 3.6 se muestra el diagrama de las etapas con la categoría respectiva.

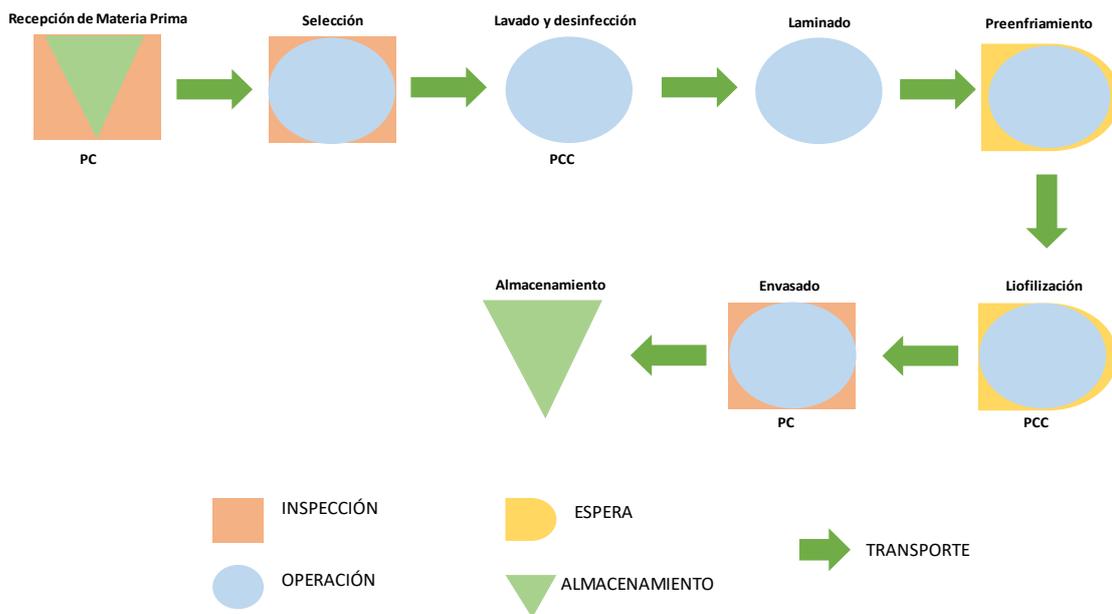


Figura 3.6 Diagrama de recorrido sencillo [Elaboración propia]

3.5 Tabla de Relación de Actividades

En base a la tabla de relación de actividades se dispuso cada una de las actividades de acuerdo con el código de proximidad, el cual consta de 6 letras, las cuales representan cada una de las opciones siendo A, cuando es absolutamente necesario, E, cuando es especialmente importante, I, es importante, O cuando es ordinario, U cuando es sin importancia y X cuando es rechazable. Cabe destacar que cada código está acompañado por un número que representa el motivo, este número va del 1 al 8. Y en la Figura 3.7 se muestran en su mayoría motivos de proximidad en el proceso representado con el número 1, motivos de accesibilidad representados con el número 8 y motivos de higiene representado con el número 2. Esta tabla fue

realizada como un paso previo para poder establecer el diseño de los espacios de la planta.

Actividades	
1	Recepción de materia prima
2	Selección
3	Lavado y desinfección
4	Pelado
5	Laminado
6	Preenfriamiento
7	Liofilización
8	Envasado
9	Almacenamiento
10	Control de calidad
11	Oficinas
12	Comedor
13	Vestidores
14	Baños

Figura 3.7 Tabla de relación de actividades [Elaboración propia]

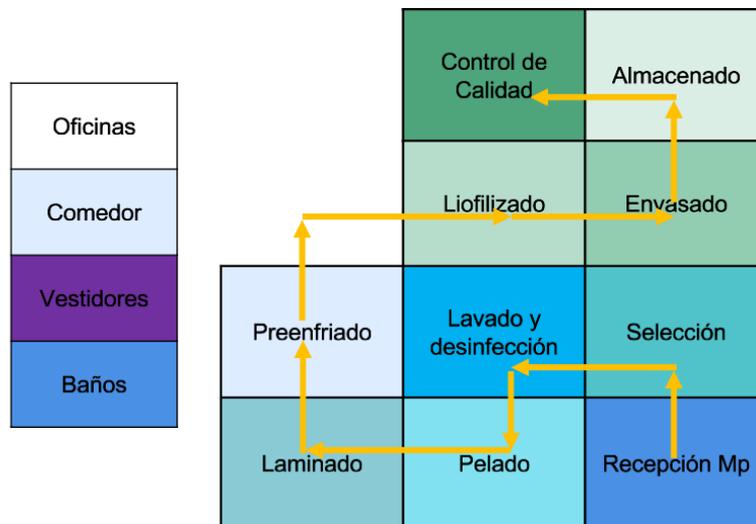
3.6 Layout de la planta

Mediante el software CORELAP se obtuvo el layout de la planta en un área de 300 m² con 249,6 m² de construcción, previo a esto se ingresó cada departamento, con el tamaño requerido y el resultado de la tabla de relación de actividades (Figura 3.8). En la Figura 3.9 se muestra el resultado del layout obtenido de la aplicación CORELAP en donde se puede apreciar el recorrido, esto permitió obtener el layout final indicado en la Figura 3.10, el cual fue realizado en la aplicación Microsoft Visio 2019.

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Recepción de MP	12	A	A	E	I	I	I	I	I	I	X	X	X	X	
2 selección	6		A	E	I	I	I	I	I	O	X	X	X	X	
3 lavado y desinfecc	6,4			E	I	I	I	I	O	O	X	X	X	X	
4 Pelado	6				E	I	I	I	O	O	X	X	X	X	
5 Laminado	8					E	I	I	O	O	X	X	X	X	
6 preenfriado	5						E	I	O	O	X	X	X	X	
7 liofilizado	30							E	O	O	X	X	X	X	
8 envasado	9,5								E	O	X	X	X	X	
9 almacenado	20,7									E	X	X	X	X	
10 control de calidad	15										O	X	X	X	
11 Oficinas	40											I	I	I	
12 comedor	32												I	I	
13 Vestidores	24													I	
14 Baños	35														I

Figura 3.8 Lista de departamentos ingresados en el software CORELAP [Elaboración propia]

LAYOUT DE LA PLANTA



Superficie Requerida: 249,6 m²

Figura 3.9 Layout obtenido del software CORELAP con recorrido [Elaboración propia]



Figura 3.10 Layout final de la planta [Elaboración propia].

3.7 Costos

En la Tabla 3.3 se consideraron los costos de los materiales indirectos durante el proceso de producción y se detallan las cantidades necesarias, sus costos unitarios y sus valores totales.

Tabla 3.3 Costos indirectos [Elaboración propia]

Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Mesas de acero inoxidable (150 x 60 x 90 cm)	2	\$180,00	\$360,00
Cuchillo acero inoxidable	2	\$10,00	\$20,00
Guantes de malla de acero inoxidable	2	\$42,00	\$84,00
Gavetas plásticas (40 x 60 x 30 cm)	20	\$12,50	\$250,00
Medidor de humedad de ambiente y T°	1	\$696,00	\$696,00
Refractómetro ATAGO Master 53α Humedad y Brix	2	\$125,10	\$250,20
Medidor de pH portátil	1	\$35,00	\$35,00
Mandil de plástico	8	\$3,50	\$28,00
Manguera	5	\$10,00	\$50,00
Pallets	12	\$11,80	\$141,60
TOTAL			\$1.773,20

3.7.1 Costos de equipos

En la tabla 3.4 se consideraron todos los equipos necesarios para la producción del snack liofilizado de pitahaya roja, se detallan las cantidades, los valores unitarios y totales.

Tabla 3.4 Costos de equipos [Elaboración propia]

Equipos	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Lavadora de pitahaya	1	\$1.800,00	\$1.800,00
Cortador de rodajas	1	\$2.000,00	\$2.000,00
Túnel de congelación rápida IQF Marca WADJAY	1	\$20.000,00	\$20.000,00
Banda transportadora	1	\$750,00	\$750,00
Liofilizador	1	\$200.000,00	\$200.000,00
Máquina automática de envasado vertical Marca ZON PACK	1	\$8.800,00	\$8.800,00
Balanzas	2	\$190,00	\$380,00
TOTAL			\$233.730,00

3.7.2 Depreciación de los equipos

En la Tabla 3.5 se detallan los costos de depreciación de los equipos utilizados para la producción del snack liofilizado de pitahaya roja. Se consideran los años de vida útil y se calculó la depreciación mensual y anual.

Tabla 3.5 Depreciación de equipos [Elaboración propia]

Equipos	Años de Vida Útil	Cantidad	Valor Unitario	Valor total	Depreciación Anual	Depreciación Mensual
Lavadora de pitahaya	10	1	\$1.800,00	\$1.800,00	\$180,00	\$15,00
Cortador de rodajas	10	1	\$2.000,00	\$2.000,00	\$200,00	\$16,67
Túnel de congelación rápida IQF Marca WADJAY	20	1	\$20.000,00	\$20.000,00	\$1000,00	\$83,33
Banda transportadora	15	1	\$1500,00	\$1500,00	\$50,00	\$4,17
Liofilizador	25	1	\$200.000,00	\$200.000,00	\$8000,00	\$666,67
Máquina automática de envasado vertical Marca ZON PACK	20	1	\$8.800,00	\$8.800,00	\$440,00	\$36,67
Montacargas manual	4	1	\$400,00	\$400,00	\$100,00	\$8,33
Montacargas	6	1	\$8.000,00	\$8.000,00	\$1.333,33	\$111,11
Balanzas	10	2	\$190,00	\$380,00	\$38,00	\$3,17
TOTAL DEPRECIACIÓN					\$10.141,48	\$845,12

3.7.3 Costos fijos directos / mano de obra

En la Tabla 3.6 se detallan la cantidad de operarios por cada departamento considerado, los salarios unitarios mensuales y totales mensuales de los trabajadores necesarios para laborar en la planta.

Tabla 3.6 Costos fijos directos / mano de obra [Elaboración propia]

Trabajador	Cantidad	Salario Unitario	Salario Total
Operario de recepción y lavado	1	\$425,00	\$425,00
Operario de pelado	2	\$425,00	\$850,00
Operario de corte	1	\$425,00	\$425,00
Operario de preenfriamiento	1	\$425,00	\$425,00
Operario de liofilizado	1	\$425,00	\$425,00
Ayudante	1	\$425,00	\$425,00
Operario de empaque	1	\$425,00	\$425,00
Supervisor	1	\$750,00	\$750,00
TOTAL			\$4.150,00

3.7.4 Costos variables

En la Tabla 3.7 se consideraron los recursos energéticos y potables, considerando la cantidad, el total mensual y anual.

Tabla 3.7 Costos variables [Elaboración propia]

Recursos	Unidad	Cantidad	Costos		10	DIAS
			Unitario	Total	Total mensual	Total anual
Energía eléctrica	KW/h	400	\$0,09	\$36,00	\$360,00	\$4.320,00
Agua potable	m3	2,5	\$0,55	\$1,38	\$13,75	\$165,00
TOTAL				\$37,38	\$373,75	\$4.485,00

3.7.5 Costos de materias primas e insumos

En la Tabla 3.8 se detallan las cantidades de materias primas y de empaques, así como el valor unitario, mensual y anual.

Tabla 3.8 Costo de materias primas e insumos [Elaboración propia]

Materia Prima/Insumos	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total P	Valor Total M
Pitahaya (KG)	1860,42	\$0,50	\$930,21	\$9.302,10
Empaques (polipropileno metalizado) 40G	3870	\$0,12	\$464,40	\$4.644,00
TOTAL			\$1.394,61	\$13.946,10

3.7.6 Cálculo de P.V.P y punto de equilibrio

En la Tabla 3.9 se detallan el precio de venta incluida el margen de ganancia y el punto de equilibrio que se debe alcanzar para recuperar la inversión inicial, el cual es de 631 unidades.

Tabla 3.9 Cálculo de PVP y punto de equilibrio [Elaboración propia]

Costos variables	\$18.096,10
Materia Prima/Insumos	\$13.946,10
Mano de obra	\$4.150,00
Costos fijos	\$1.323,31
Depreciación	\$949,56
Recursos	\$373,75
Costo Total de producción	\$19.419,41
Costo Unitario de producción	\$5,02
Ganancia (35%)	\$1,76
PVP	\$6,77
Costo Variable Unitario	\$4,68
Punto de Equilibrio	631

3.7.7 Costos de infraestructura

En la Tabla 3.10 se muestra el costo total de infraestructura considerando el área total de construcción de 249,6 m² y un costo de construcción promedio de \$400 por m², obteniéndose una inversión total en infraestructura de \$99840.

Tabla 3.10 Costos de infraestructura [Elaboración propia]

Área Total (m ²)	Costo de construcción por m ² (\$)	Costo Total (\$)
249,6	400	99840

3.8 Flujo de caja

En la Tabla 3.11 se muestra se muestran los valores de TIR Y VAN, que se obtuvieron de un flujo de caja proyectado a 5 años (Apéndice C), el cual evidenció un período de recuperación de 2,2 años.

Tabla 3.11 Resultado de flujo de caja TIR Y VAN [Elaboración propia]

Tasa de descuento	25%
VAN	\$ 438.034
TIR	26%

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El resultado de los análisis microbiológicos en las muestras evaluadas de pitahaya liofilizada está dentro de los parámetros establecidos en la NTE INEN 2996.
- En cuanto a la caracterización de la pitahaya fresca, el pH y los sólidos solubles muestran una tendencia creciente conforme aumenta el estado de madurez de la fruta, sin embargo, el contenido de humedad tiende a disminuir. Por otra parte, la liofilización no altera el pH ni el contenido de sólidos solubles.
- El resultado de contenido de polifenoles en la muestra control, no concuerda con los valores obtenidos en otros estudios, cabe destacar que la muestra obtenida para realizar el análisis fue de una pitahaya fresca por lo que no tuvo variaciones de temperatura durante los análisis.
- El escaldado a 80°C por 2 minutos como pretratamiento en la liofilización generó un efecto adverso sobre el contenido de polifenoles, mientras que las muestras no escaldadas mantienen una estrecha relación con la fruta sometida a un secado de cabina, por tanto, el blanqueamiento como pretratamiento no es viable si se requiere conservar la mayor cantidad de polifenoles.
- El estado de maduración del fruto afectó significativamente el contenido de polifenoles, encontrando mayor cantidad en los estados 2 y 4, por otra parte, en base a los polifenoles este procesamiento no muestra diferencias con un secado por cabina.
- A medida que aumenta el estado de madurez mejora el sabor de la fruta, sin embargo, si alcanza un estado de madurez muy avanzado esta adquiere un sabor poco agradable. Por tanto, se propone realizar el producto con un estado de madurez 3.

4.2 Recomendaciones

- Si se requiere hacer un polvo se recomienda hacer un tratamiento térmico previo al liofilizado para que las muestras no se oscurezcan y no sean afectadas tanto por la humedad.
- El método de liofilización si conserva las formas de los cortes realizados a la materia prima, siempre y cuando haya una correcta separación de las unidades.
- Controlar la humedad de las áreas de empaqueo y recepción del producto liofilizado es clave ya que es un producto muy higroscópico.
- Realizar un envasado con atmósfera modificada para que el producto final conserve su textura por más tiempo.
- Se puede evitar el proceso de liofilizado empleando un método de secado convencional, ya que no existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles de la fruta deshidratada por ambos métodos, lo cual permitiría abaratar costos.
- Realizar el ensayo en un equipo de liofilización de bandejas, para evitar que las muestras se peguen entre sí y conserven su forma.
- Es factible realizar el ensayo con un equipo de mayor capacidad para hacer un análisis organoléptico adecuado.
- Se deben definir réplicas en el diseño experimental para tener mayor confiabilidad en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J. y Herrera, W. (2017). *Diseño y construcción de un equipo liofilizador para la carrera de Ingeniera en alimentos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128254/D-CD88612.pdf>
- Barreto, Y. (2021). Capacidad antioxidante del zumo de *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla) y *Hylocereus undatus* (Pitahaya roja). [Tesis de grado, Universidad nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16409>
- Chino, Y. (2020). *Composición química y efecto terapéutico de pitahaya (Hylocereus undatus) Arequipa -2020*. [Tesis de grado, Universidad privada autónoma del sur]. <http://repositorio.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/149/CHINO%20HUILICA%20YANET%20-%20bach..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CODEX – STAN 237-2003. (2003). *Norma para la Pitahaya*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B237-2003%252FCXS_237s.pdf
- García, P., Plaza, L., Herrera, F., Alarcón, J., y Tapia, C. (2019). *Diseño, construcción y validación de un liofilizador para el secado de muestras de origen alimentario*. LACCEI Interntional Multi – conference for engineering, education, and techonology.
- Gomes, W., França, F., Denadai, M., Andrade, J., Da Silva, E., De Brito, E., & Narain, N. (2018). Effect of freeze-and spray-drying on physico-chemical characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of papaya pulp. *Journal of food science and technology*, 55(6), 2095-2102.
- Iman, T. y Zapata, J. (2021). Formulación y obtención de bebida funcional a base de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y jugo de pitahaya (*Hylocereus ocamponis*).
- Jiang, X., Lu, Y., y Liu, S. (2020). Effects of pectinase treatment on the physicochemical and oenological properties of red dragon fruit wine fermented with *Torulasporea delbrueckii*. *Lwt*, 132, 109929.
- Kishore, K. (2016). Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulture*, 213, 294 – 302. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.047>.

- Liaotrakoon, W., De Clercq, N., Lewille, B., & Dewettinck, K. (2012). Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus* spp.) as affected by freeze-drying. *International Food Research Journal*, 19(2).
- Liaotrakoon, W., De Clercq, N., Vera Van, H., Lewille, B., Dewettinck, K., Van de Walle, D. (2011). Impact of thermal treatment on physicochemical, antioxidative and rheological properties of white – flesh and red flesh dragon fruit (*Hylocereus* spp.) purees. *Food bioprocess technol* (2013), 6: 416 – 430.
- López, Y. y Vera, A. (2021). *Calidad postcosecha de pitahaya roja (Hylocereus undatus Haw) y amarilla (Selenicereus megalanthus)* en diferentes estados de madurez y temperaturas de conservación [Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1450>.
- Mallik, B., Hossain, M., & Rahim, M. Influences of variety and flowering time on some physio-morphological and chemical traits of dragon fruit (*Hylocereus* spp.). *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(2), 115-130. <http://dx.doi.org/10.22077/jhpr.2018.1492.1018>
- Magalhaes, D., Ramos, J., Pio, L., Boas, E., Pasqual, M., Rodrigues, F., & Dos Santos, V. (2019). Physical and physicochemical modifications of white-fleshed pitaya throughout its development. *Scientia horticultrae*, 243, 537-543. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.029>
- Mawilai, P., Chaloeichitratham, N., Pongsuttiyakorn, T., y Pornchaloempong, P. (2017). Effect of final drying condition on qualities of freeze dry dragon fruit (*Hylocercus undatus*). In *Proceedings of the 18th TSAE National Conference and 10th TSAE International Conference*, Bangkok, Thailand (pp. 7-9).
- Menezes, T., Ramos, J., Oliveira, L., Costa, A., Nassur, R., & Rufini, J. (2015). Physical and physico-chemical traits of red pitaya during ripeness. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 631-644.
- Muhialdin, B., Kadum, H., Zarei, M. y Hussin, A. (2020). Efectos de los cambios de metabolitos durante la lacto-fermentación sobre la actividad biológica y la aceptabilidad del consumidor para el jugo de fruta del dragón. *Lwt* , 121, 108992.
- Murcia, MA, Jiménez, AM, & Martínez-Tomé, M. (2009). Pérdidas de antioxidantes en vegetales durante el procesamiento industrial y el almacenamiento refrigerado. *Food Research International*, 42 (8), 1046-1052.

- Ngoc, B. & De Tantawan, P. (2019). Propiedades fisicoquímicas y actividades antioxidantes de la pectina de la cáscara de la fruta de dragón extraída con extracción convencional y ultrasonido. *Alimentos y agricultura convincentes*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1633076>.
- NTE INEN 2003. (2005). Fruta fresca. Pitahaya. Requisitos. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2003.pdf
- Ortiz, T., & Takahashi, L. (2015). Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 14422-14439.
- Panchal, J., Gaikwad, R., Dhemre, J. y Chavan, U. (2018). Studies on preparation and storage of jelly from dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 2648-2655.
- Paško, P., Galanty, A., Zagrodzki, P., Luksirikul, P., Barasch, D., Nemirovski, A. y Gorinstein, S. (2021). Las pitahayas como reservorio de polifenoles naturales con propiedades quimiopreventivas. *Moléculas*, 26 (8), 2158.
- Ramírez, J. (2006). Liofilización de alimentos (Disertación doctoral). Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Reyes, J. (3 de septiembre de 2020). Palora coloca su pitahaya en más de cinco países, pero lucha por mejores precios. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/08/31/nota/7957792/pitahaya-palora-exportaciones-precios-2020/>.
- Rodrigues, L. (2010). *Caracterização do desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (Selenicereus setaceus Rizz.) do cerrado brasileiro* (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 155p).
- Severiano – Perez, P. (2021). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7, 19.: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Soares, D., Mendes da Silva, D., Ramos, J. D., Salle, L., Pasqual, M., Barros, E., Galvao, E., Tadeu de Melo, E. (2019). Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red pulp dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae*, 253, 180 – 186. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.050>
- Som, A., Ahmat, N., Hamid, H. y Azizuddin, N. (2019). A comparative study on foliage and peels of *Hylocereus undatus* (white dragon fruit) regarding their antioxidant activity and phenolic content. *Heliyon*, 5(2), e01244. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01244>

- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C. y Viera, W. (2020). Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. INIAP. [Archivo PDF]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5551/1/INIAPMANUAL117-2020.pdf>
- Verona- Ruiz, A., Urcia- Cerna, J., Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus spp.*): cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia agropecuaria*, 11(3). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Vijayakumar, T., y Vinothkanna, M. (2020). Mellowness detection of dragon fruit using deep learning strategy. *Journal of Innovative Image Processing (JIIP)*, 2(01), 35-43. <https://doi.org/10.36548/jiip.2020.1.004>
- Zaidiyah, Anwar, S., Ayun, S. y Nasution, I. (2019). Shelf-life estimation of red dragon fruit jam using accelerated shelf-life testing (ASLT) method. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 365, No. 1, p. 012029). 10.1088/1755-1315/365/1/012029

APÉNCIDES

APÉNDICE A

De acuerdo con el procedimiento descrito en la sección 9 de la NTE INEN 1529-5, se empleó la siguiente fórmula para el cálculo del número de microorganismos por gramo (N):

$$N = \frac{\sum c}{V(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Donde:

$\sum c$: Suma de todas las colonias contadas en todas las placas seleccionadas.

V: Volumen inoculado en cada placa Petri.

n_1 : Número de placas de la primera dilución que se pueda contar.

n_2 : Número de placas de la segunda dilución que se pueda contar

d: Factor de dilución (valor de la primera dilución que se pueda contar)

Datos:

$$\sum c = 7$$

$$V = 1$$

$$n_1 = 2$$

$$n_2 = 2$$

$$d = 10^{-1}$$

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + 0.1n_2)d}$$

$$N = \frac{7}{1(2 + 0.1 * 2)10^{-1}}$$

$$N = 3,18 \times 10^1 \text{ UFC/g}$$

APÉNDICE B

Sección 1. Pruebas microbiológicas

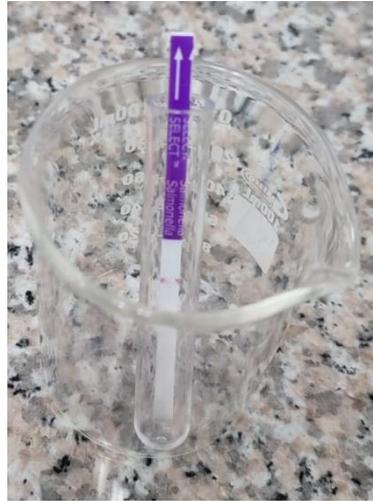


Imagen 1. Resultado de Test rápido para determinación de *Salmonella*.



Imagen 2. Test rápido para determinación de *E. coli* O157:H7.

Sección 2. Proceso experimental



Imagen 3. Selección de la fruta.

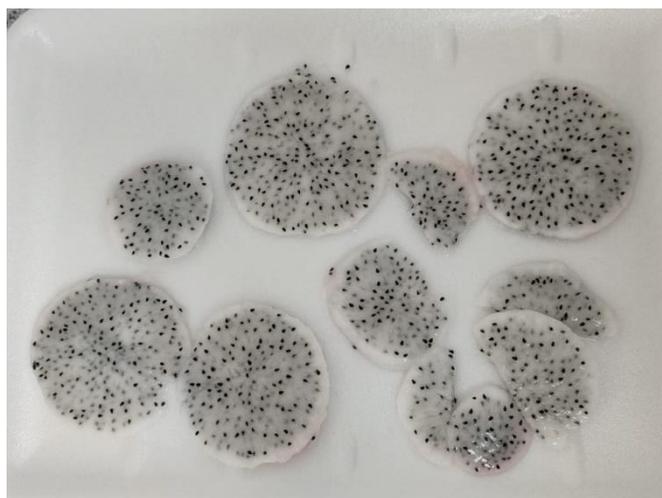


Imagen 4. Corte en rodajas de 5 mm.



Imagen 5. Escaldado de la pitahaya a 80°C por 2 min.



Imagen 6. Preparación para el preenfriamiento.



Imagen 7. Producto pre-enfriado a -17°C por 20h.



Imagen 8. Equipo liofilizador.



Imagen 9. Muestras liofilizadas de pitahaya.



Imagen 10. Muestras liofilizadas de pitahaya empacadas al vacío.

APÉNDICE C

	0	1	2	3	4	5
Precio de Venta		\$ 3,90	\$ 3,90	\$ 3,90	\$ 3,90	\$ 3,50
Producción		296043	296043	296043	296043	296043
Ingresos por Venta		\$ 1.154.567,70	\$ 1.154.567,70	\$ 1.154.567,70	\$ 1.154.567,70	\$ 1.036.150,50
Sueldos		\$ -183.093,33	\$ -183.093,33	\$ -186.755,20	\$ -186.755,20	\$ -190.490,30
Gastos producción		\$ -327.105,49	\$ -327.127,50	\$ -327.127,50	\$ -327.127,50	\$ -327.127,50
Varios		\$ -15.000,00	\$ -15.000,00	\$ -15.000,00	\$ -15.000,00	\$ -15.000,00
Gastos eléctricos		\$ -9.645,05	\$ -9.645,05	\$ -9.645,05	\$ -9.645,05	\$ -9.645,05
Depreciación maquinaria		\$ -2.691,00	\$ -2.691,00	\$ -2.691,00	\$ -2.691,00	\$ -2.691,00
Depreciación Construcción		\$ -15.901,00	\$ -15.901,00	\$ -15.901,00	\$ -15.901,00	\$ -15.901,00
Valor libro maquinaria		Varios	Varios	Varios	Varios	Varios
Valor libro Construcción						
Intereses		\$ -80.000	\$ -76.248	\$ -71.895	\$ -66.847	\$ -60.990
Utilidad antes de Impuestos		\$ 601.131,83	\$ 601.109,82	\$ 597.447,95	\$ 597.447,95	\$ 475.295,65
Impuestos		\$ -132.249,00	\$ -132.244,16	\$ -131.438,55	\$ -131.438,55	\$ -104.565,04
Utilidad Neta		\$ 468.882,83	\$ 468.865,66	\$ 466.009,40	\$ 466.009,40	\$ 370.730,61
(+) Depreciación Construcción		\$ 15.901	\$ 15.901	\$ 15.901	\$ 15.901	\$ 15.901
Depreciación Maquinarias		\$ 2.691	\$ 2.691	\$ 2.691	\$ 2.691	\$ 2.691
Valor libro maquinaria						
Valor libre obra física						
(-) Inversión por maquinaria	\$ -26.908					
Préstamo	\$ -500.000					
Inversión obra física	\$ -427.930					
Amortización		23450,541	-50653,169	-82208,2184	118812,074	161272,548
Capital de trabajo	\$ -30.000,00					
Flujo de caja neto	\$ -984.838	\$ 464.024	\$ 436.804	\$ 402.393	\$ 365.789	\$ 228.050
Flujo de caja acumulado		\$ -520.814	\$ 900.829	\$ 839.198	\$ 768.183	\$ 593.839
Tasa de descuento (TMAR)	25%					

VAN	\$ 308.195					
TIR	30%					

Año	0	1	2	3	4	5
		\$	\$	\$	\$	\$
Flujo de caja neto	\$ -30.000	464.0 24	436.8 04	402.39 3	365.7 89	228.0 50
Flujo de caja acumulado		\$ 434.0 24	\$ 900.8 29	\$ 839.19 8	\$ 768.1 83	\$ 593.8 39

Periodo de recuperación		2,2	años
-------------------------	--	-----	------