



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE PITAHAYA ROJA APLICADO EN UN YOGUR”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR: DIEGO FERNANDO SANGOQUISA HINOJOSA

DIRECTOR Ing. LUIS FERNANDO ARBOLEDA ALVAREZ PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

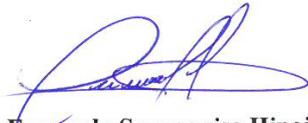
© 2023, **Diego Fernando Sangoquisá Hinojosa**

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.

Yo, DIEGO FERNANDO SANGOQUISA HINOJOSA, declaro que el presente trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de febrero de 2023



Diego Fernando Sangoquisa Hinojosa
050389887-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación “**OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA ROJA APLICADO EN UN YOGUR**”, realizado por el señor: **DIEGO FERNANDO SANGOQUISA HINOJOSA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Belén Bravo Avalos PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-02-10
Ing. Luis Fernando Arboleda Álvarez PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-02-10
Ing. Luis Antonio Velasco Matveev MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-02-10

DEDICATORIA

A Dios, por darme una familia llena de amor y que me apoyan incondicionalmente, por su amor y cariño absoluto que siempre me mantuvo de pie en los momentos más adversos.

A mis padres que siempre estuvieron guiándome a cada paso que daba, ayudándome a levantarme cuando me caía, y aconsejándome cuando el rumbo de mi camino por momentos se perdía, no existe palabra ni acto alguno que pueda expresar mi infinito agradecimiento por brindarme el regalo más maravilloso que es contar con una preparación profesional.

Diego

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme salud, paciencia, coraje y valor para seguir firme a cada paso.

Quiero agradecer a mi familia, sin su apoyo nada de esto sería posible. A mis padres; Juan y Lidia, por darme los valores que tengo, por estar cada vez que los he necesitado y por nunca dejar de creer en mí. A mis hermanos Cristian y Jonathan, gracias por su amor y preocupación.

A mis amigos y personas que he conocido en este largo trayecto que he recorrido, gracias por enseñarme lecciones que en las aulas faltaron.

A mis profesores por compartir sus conocimientos y experiencias como profesionales, me han ayudado a formarme como una persona de valores, habilidades y destrezas.

Diego

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. Pitahaya.....	4
2.1.1. <i>Clasificación taxonómica y descripción botánica</i>	5
2.1.1.1. <i>Hábitat</i>	5
2.1.1.2. <i>Distribución</i>	5
2.1.1.3. <i>Cultivo</i>	5
2.1.1.4. <i>Desarrollo de la Planta</i>	6
2.1.1.5. <i>Las condiciones óptimas para el Cultivo de Pitahaya</i>	6
2.1.2.1. <i>Maduración y cosecha</i>	6
2.1.2.2. <i>Poscosecha</i>	7
2.1.3. <i>Potencial Industrial</i>	8
2.1.3.1. <i>Producción</i>	9
2.1.3.2. <i>Presentación del Producto</i>	9
2.1.3.3. <i>Composición Química</i>	9
2.1.3.4. <i>Partes importantes que tiene la pitahaya roja</i>	10

2.1.4.	<i>Composición nutricional de la Pitahaya</i>	11
2.1.2.1.	<i>Betalainas en frutos de Hylocereus</i>	12
2.1.5.	<i>Color</i>	13
2.1.5.1.	<i>Colorantes</i>	13
2.1.5.2.	<i>Usos de los Colorantes</i>	13
2.1.5.3.	<i>Normativas de los Colorantes</i>	14
2.1.5.4.	<i>Aditivo alimentario</i>	14
2.1.6.	<i>Clasificación de colorantes</i>	14
2.1.6.1.	<i>Colorantes sintéticos</i>	15
2.1.6.2.	<i>Colorantes Naturales</i>	15
2.1.7.	<i>Clasificación de los colorantes naturales</i>	16
2.1.8.	<i>Tipos de pigmentos vegetales</i>	17
2.1.8.1.	<i>Clorofílicos</i>	17
2.1.8.2.	<i>Carotenoides</i>	17
2.1.8.3.	<i>Antociánicos</i>	17
2.1.8.4.	<i>Flavonoides</i>	18
2.1.8.5.	<i>Betalainicos</i>	18
2.1.9.	<i>Técnica de extracción de colorante natural</i>	19
2.1.9.1.	<i>Extracción con Soxhlet:</i>	19
2.1.9.2.	<i>Extracción sólido-líquido a temperatura ambiente:</i>	20
2.1.9.3.	<i>Extracción por Arrastre de Vapor</i>	21
2.1.10.	<i>Solventes</i>	21
2.1.10.1.	<i>Solventes utilizados para la extracción</i>	22
2.2.	Liofilización	22
2.2.1.	<i>Fundamentos de la liofilización</i>	24
2.2.2.	<i>Equipo utilizado para la liofilización comercial</i>	24
2.2.3.	<i>Características de los alimentos liofilizados</i>	24
2.2.4.	<i>Ventajas de la liofilización</i>	24
2.3.	El Yogur	25
2.3.1.	<i>Clasificación del yogurt</i>	25
2.3.1.1.	<i>Según su estructura física</i>	25
2.3.1.2.	<i>Según su contenido en grasa</i>	26
2.3.1.3.	<i>Según los productos añadidos</i>	26
2.3.1.4.	<i>Casos en los que se recomienda yogurt</i>	26

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1.	Localización y duración de experimento	27
3.2.	Unidades experimentales	27
3.3.	Materiales, equipos, reactivos e insumos	27
3.3.1.	Materiales de laboratorio	27
3.3.2.	Equipos	28
3.3.3.	Reactivos	28
3.3.4.	Insumos	28
3.4.	Tratamientos y diseño experimental.....	28
3.5.	Mediciones experimentales	29
3.5.1.	Caracterización de las variables físico- químicos	29
3.5.2.	Análisis fisicoquímicos del yogur	29
3.5.3.	Caracterización de los requisitos microbiológicos del yogur.....	29
3.5.4.	<i>Análisis sensorial</i>	30
3.5.5.	<i>Análisis Económico</i>	30
3.4.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	30
3.4.1.	<i>Esquema del “ADEVA”</i>	30
3.5.	Procedimiento experimental	31
3.5.1.	<i>Recepción de la Materia Prima</i>	32
3.5.2.	<i>Lavado</i>	32
3.5.3.	<i>Separación</i>	32
3.5.4.	<i>Deshidratación</i>	32
3.5.5.	<i>Pesado</i>	32
3.5.6.	<i>Maceración</i>	32
3.5.7.	<i>Destilación</i>	33
3.5.8.	<i>Liofilización</i>	33
3.5.9.	<i>Pesado</i>	33
3.5.10.	<i>Almacenamiento</i>	33
3.6.	Metodología de evaluación.....	33
3.6.1.	<i>Determinación de densidad del colorante</i>	33
3.6.2.	<i>Determinación del pH del colorante</i>	34
3.6.3.	<i>Determinación de solubilidad del colorante</i>	34
3.6.4.	<i>Determinación de proteína del producto</i>	34
3.6.5.	<i>Determinación de grasa del producto</i>	35
3.6.6.	<i>Calidad microbiológica del producto</i>	36
3.6.7.	<i>Análisis sensorial</i>	37
3.6.8.	<i>Análisis Económico</i>	37

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	38
4.1.	Análisis Físicoquímico del extracto de colorante de pitahaya.....	38
4.1.2.	<i>Densidad</i>	38
4.1.3.	<i>pH</i>	38
4.1.4.	<i>Solubilidad</i>	39
4.2.	Análisis Físicoquímico del yogurt con diferentes niveles de colorante de la cáscara de pitahaya.	39
4.2.1.	<i>Proteína</i>	40
4.2.2.	<i>Grasa</i>	41
4.2.3.	<i>pH</i>	42
4.3.	Análisis microbiológico del yogurt aplicado el colorante	43
4.4.	Análisis sensorial del yogurt adicionado el colorante.....	43
4.4.1.	<i>Color</i>	44
4.4.2.	<i>Olor</i>	45
4.4.3.	<i>Sabor</i>	46
4.4.4.	<i>Apariencia</i>	47
4.5.	Evaluación de los costos de producción.....	47

CAPITULO V

CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía de la pitahaya roja.....	5
Tabla 2-2:	Composición nutricional en 100 g del fruto de la pitahaya roja	11
Tabla 3-2:	Colorantes naturales hidrosolubles.....	17
Tabla 4-2:	Ventajas y Desventajas de uso del Método Soxhlet.....	21
Tabla 5-2:	Clasificación de los Solventes	22
Tabla 1-3:	Esquema del experimento.....	29
Tabla 2-3:	Esquema del análisis de varianza.....	30
Tabla 3-3:	Solubilidad del colorante.....	34
Tabla 4-3:	Análisis organoléptico y solubilidad del colorante.	34
Tabla 5-3:	Escala hedónica.....	37
Tabla 1-4:	Análisis fisicoquímico del extracto del colorante de pitahaya.....	38
Tabla 2-4:	Análisis fisicoquímico del yogur.	39
Tabla 3-4:	Resultados de los requisitos microbiológicos del yogurt aplicado el colorante.....	43
Tabla 4-4:	Valoraciones del análisis sensorial en el que se aplicó diferentes porcentajes decolorante al yogur.....	43
Tabla 5-4:	Evaluación económica del colorante natural	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Fruta de pitahaya roja	10
Figura 2-2:	Tallos de la pitahaya roja	11
Figura 3-2:	Clasificación de Colorantes.....	15
Figura 4-2:	Extractor Soxhlet	20
Figura 1-3:	Diagrama de Flujo obtención del colorante de la cáscara de pitahaya roja.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Contenido de proteína del yogurt, aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya	40
Gráfico 2-4:	Contenido de grasa del yogurt, aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya.	41
Gráfico 3-4:	pH del yogurt aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya.....	42
Gráfico 4-4:	Parámetro color en los 4 tratamientos.	44
Gráfico 5-4:	Parámetro olor en los 4 tratamientos.	45
Gráfico 6-4:	Parámetro sabor en los 4 tratamientos.	46
Gráfico 7-4:	Parámetro apariencia en los 4 tratamientos.	47

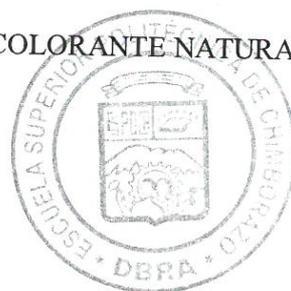
ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ADECUACIÓN DE DESHIDRATACIÓN DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA
- ANEXO B:** ENSAYOS PRELIMINARES CONCENTRACIONES DE ALCOHOL ETÍLICO
- ANEXO C:** OBTENCIÓN DEL COLORANTE NATURAL
- ANEXO D:** ANALISIS FISICOQUÍMICOS DEL COLORANTE
- ANEXO E:** ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL COLORANTE
- ANEXO F:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL YOGURT APLICADO EL
COLORANTE
- ANEXO G:** ANALISIS SENSORIAL DE YOGURT APLICADO EL COLORANTE

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue utilizar la cáscara de la pitahaya roja *Hylocereus undatus* en la obtención de un colorante natural, por lo cual se estableció la mejor concentración utilizando distintos niveles como (0, 2, 4, 6) % de colorante, determinando así sus características físico química, microbiológicas y organolépticas, comprobando su rentabilidad con el beneficio costo. La adquisición de la fruta se lo obtuvo de la provincia de Tungurahua cantón Ambato, para efectuar las características físicas químicas del producto se determinó mediante, densidad, pH, solubilidad para el yogur se realizó las pruebas de proteína, grasa y pH en base a la normativa INEN 2395:2011, para los análisis microbiológicos se los estableció por medio de la norma INEN 2395:2011 la cual menciona que debe realizar *Escherichia coli*, Mohos y levaduras UFC/g para el yogur, en cuanto a las características organolépticas con los atributos color, olor sabor y apariencia mediando una escala hedónica de cinco puntos a evaluadores no entrenados. Para en análisis estadístico se utilizó la prueba de Tukey dando como resultado diferencias significativas únicamente para proteína a diferencia de las demás características fisicoquímicas que no presento significancia alguna, en los análisis microbiológicos presento ausencia microbiana en todos los tratamientos, para el análisis organoléptico el mejor tratamiento fue T3, finalmente se verifico que la mayor rentabilidad del producto fue T3 con un total de ingresos de 0,57 \$ por cada 200 ml de yogur. Se concluye que la composición física química del yogur con la adición del colorante y sensorialmente del producto fue T3 donde presentó 1,47% proteína, 2,18% grasa y 4,17% pH cumpliendo con la normativa, con una rentabilidad de 1,13 \$ dólar americano. Se recomienda continuar con el estudio con la utilización de la cáscara de la pitahaya para posteriores productos alimenticios debido a sus propiedades que presenta.

Palabras clave: < PITAHAYA ROJA (*Hylocereus undatus*) >, < COLORANTE NATURAL >, < YOGUR >, < COLOR >.




D.B.R.A.I.
Ing. Cristian Castillo

0784-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The objective of this study was to use the skin of red dragon fruit (*Hylocereus undatus*) to obtain natural dyes for which the best concentration was established using different levels, such as 0, 2, 4, 6 % of dye. The physical, chemical, microbiological, and organoleptic properties were determined, and its profitability with cost benefit ratio was verified. The fruit was gotten in the canton of Ambato, province of Tungurahua, and the physicochemical properties of the product, such as density, pH, and solubility were determined. For the yogurt, protein, fat, and pH were tested according to the INEN 2395:2011 regulation. The microbiological analysis was established by the INEN 2395:2011 regulation, and it indicates that *Escherichia coli*, mold, and yeasts CFU/g for yogurt must be determined. Untrained tasters evaluated characteristics, such color, odor, taste, and appearance using a five-point hedonic scale. For the statistical analysis, the Turkey test was used, and it showed significant differences in protein, whereas the other physicochemical characteristics did not show significant differences. Regarding the microbiological analysis, microorganisms were not present in all the treatments. The best treatment was T3 for the organoleptic analysis. Finally, T3 was the most profitable (\$ 0.57 per-200 ml of yogurt). It is concluded that the physicochemical content of yogurt with natural dye and sensorial characteristics showed the best results in T3 with (1.4%), fat (2.18), pH (2.1%) and met the regulation with a profit of \$1.13. It is recommended to carry out further studies of use of the red dragon fruit skin for other food because of its properties.

Keywords: <RED DRAGON FRUIT (*Hylocereus undatus*)>, <NATURAL DYES>, <YOGURT>, <COLOR >.



Dra. Rocío Barragán M.

0602768293

INTRODUCCIÓN

La obtención de colorantes naturales se remonta a tiempos prehistóricos; sin embargo, su importancia disminuyó debido al uso de colorantes sintético. La tendencia actual de la industria textil, farmacéutica, cosmética y alimentaria es indagar y desarrollar nuevos colorantes naturales para sustituir los colorantes artificiales, debido al alto grado de toxicidad que presentan numerosos químicos utilizados en su proceso, y la dificultad de degradación que incide en la contaminación del medio ambiente (Quizhpe, 2016, pp. 16-17).

La coloración en los alimentos de origen vegetal y animal es determinante para su comercialización y consumo, debido que el color determina el primer juicio sobre la calidad del alimento, es un factor importante dentro del conjunto de sensaciones que aporta el alimento. Esta coloración en los alimentos es producida de manera natural por diversas sustancias químicas, una de las sustancias químicas que proporciona coloración a los alimentos y que ha impactado en la industria alimentaria son las antocianinas y betalaínas, debido que estas presentan colores atractivos como en el caso de la pitahaya, presenta alto contenido de betalaínas, pigmentos que han sido considerados como una opción al uso de colorantes artificiales en productos alimenticios (Cervantez, et al., p. 66).

Los colorantes naturales son considerados en general como inócuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales. Un criterio útil de clasificación de los colorantes naturales es en base a su estructura molecular, que permite agrupar componentes afines en cuanto a su comportamiento y propiedades genéricas, con los colorantes naturales se comienza a estudiar al grupo más numeroso, como es el de los colorantes vegetales, que se pueden agrupar en seis familias que son: carotenoides, clorofílicos, antocianinicos, flavonoideos, betalaínicos y tanínicos (Ramos, 2020, p. 15).

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El uso de los colorantes artificiales conlleva a enfermedades principalmente en los niños quienes son propensos a presentar alergias debido al uso excesivo de estos colorantes en diversos productos alimenticios.

La realización de este trabajo trae consigo el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta nuestro País como es la pitahaya roja en especial los desechos que se produce en la industria de frutas, en nuestros hogares son los residuos sólidos, como es la cáscara, que causan la presencia de insectos o roedores especialmente en las industrias, y de esta manera dar lugar a un colorante natural que influye de manera importante en la aceptación de un yogur debido a que en la actualidad los colores de los alimentos se convierte en un indicador de aceptación del consumidor

1.2. Justificación

El presente proyecto de investigación experimental se promueve el uso de colorantes naturales a partir de la cáscara de la pitahaya roja de la especie *Hylocereus undatus* con el fin de evitar los productos basados en colorantes artificiales es por ello que este estudio se enfoca en la obtención de un colorante natural que satisfaga las exigencias del mercado actual dando una alternativa para disminuir el problema a la salud de los consumidores utilizando los residuos sólidos que están en la vida cotidiana para una mejor la calidad de vida de las personas.

La realización de este trabajo trae consigo el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta nuestro País como es la pitahaya roja en especial los desechos que se produce en la industria de frutas, en nuestros hogares son los residuos sólidos, como es la cáscara, que causan la presencia de insectos o roedores especialmente en las industrias, y de esta manera dar lugar a un colorante natural que influye de manera importante en la aceptación de un yogur debido a que en la actualidad los colores de los alimentos se convierte en un indicador de aceptación del consumidor. Al introducir en el mercado local un colorante natural que cumpla con las características apropiadas para el uso en yogurt, se fomentaría la industria láctea y se realizarán investigaciones que permitan una mejor utilización de los recursos que tiene nuestro país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Obtener un colorante natural a partir de la cáscara de pitahaya roja aplicado en un yogur.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el colorante natural a partir de la cáscara de la pitahaya roja de la especie *Hylocereus undatus*, aplicando el método SOXHLET.
2. Determinar la solubilidad del colorante natural, en un yogur.
3. Establecer la concentración con diferentes niveles al (2%, 4%, 6%), del colorante extraído aplicado en un yogur.
4. Realizar la rentabilidad de producción mediante el indicador costo-beneficio

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Pitahaya

El origen de la pitahaya roja viene de la especie *Hylocereus* es endémica de América Latina, del área del sur de México, del Pacífico de Guatemala, de Costa Rica y El Salvador. Se cultiva y naturaliza comúnmente en las tierras bajas tropicales de América, las Antillas, las Bahamas, las Bermudas, el sur de Florida y los trópicos del Viejo Mundo (Vargas, 2019, p. 22).

Su origen es incierto, dado que algunos autores alegan que la fruta es proveniente de México debido a que se encuentra en muchas partes de sus bosques tropicales, por otro lado, autores colombianos afirman en que su origen está en su país y lo demuestran con sus grandes exportaciones de esta fruta, pero otros investigadores aluden a su hallazgo en América del sur sin especificar el país.

En varios países latinoamericanos este género de *Hylocereus* es sembrada en tierras familiares, utilizando mano de obra tradicional, seleccionando la fruta por ellos mismos y haciendo un riego donde implica una tecnología básica, mientras que otros países como Israel que tiene altas ventas de pitahaya debido a su tecnología invertida en la agricultura, pueden obtener mayores toneladas de cultivo por hectárea.

En el Ecuador se siembran tanto las pitahayas rojas como amarillas, la pitahaya roja se la encuentra en la provincia del Guayas y en la región amazónica, mientras el cultivo de pitahaya amarilla se encuentra en la provincia de Pichincha y en la región amazónica.

Aunque las pitahayas se consumen principalmente de forma fresca, las que se procesan industrialmente tienen mayor vida de anaquel que las frescas, lo que permite su venta en mercados lejanos. Mediante la industrialización también se puede extender el abasto a otros meses, también se pueden controlar mejor tanto los precios como la calidad del producto, otra ventaja del procesamiento es el valor agregado que se le da al producto y que con la diversidad de productos obtenidos con la industrialización se hace posible la diversificación en diferentes mercados. Al mismo tiempo, la industrialización hace posible la generación de empleo rural, lo cual contribuye a aumentar el ingreso en beneficio de las comunidades productoras (Corrales, 2002, p. 16-17).

2.1.1. Clasificación taxonómica y descripción botánica

Tabla 1-2: Taxonomía de la pitahaya roja

Nombre común:	Pitahaya roja, Fruta de dragón, Pitahaya, cerezo, Floreciente nocturno, reina de la noche, pera Fresa, nanettika.
Categoría	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Tribu	Hylocereeae
Género	Hylocereus
Especie	<i>H. undatus</i> (Haworth) D.R

Fuente: (Chino, 2020, p. 19).

2.1.1.2. Hábitat

Pitahaya (*Hylocereus undatus*) es una planta que requiere de poca cantidad de agua para su supervivencia y, por lo tanto, se considera como resistente a la sequía. Esta planta puede crecer desde el nivel del mar hasta los 1850 m. s. n. m. Las condiciones climáticas favorables para su desarrollo son entre 18 y 26 °C, y con precipitaciones entre 650 y 1500 m. s. n. m. por año. Este cactus se desarrolla mejor en climas cálidos subhúmedos.

2.1.1.3. Distribución

La distribución de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) como cultivo intensivo partió desde Nicaragua, y de allí, debido a su adaptabilidad, se ha extendido a 8 Centroamérica; y a países de América latina posee gran variedad los países como, México, Guatemala, Costa Rica, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; Asia en países como Vietnam, Malaysia, Tailandia y Taiwan; Medio Oriente, Oceanía, y países tropicales y subtropicales en todo el mundo

2.1.1.4. Cultivo

El cultivo de (*Hylocereus undatus*) no requiere de una tecnología muy avanzada. La forma de cultivo más frecuente son por trasplante de planta enraizada y siembra por estacas, haciendo el

riego de 3 veces a la semana y debe realizarse una poda que consiste en eliminar la mayor parte de los brotes para mantener una estructura firme y mantener una producción de frutos adecuados. El cultivo de pitahaya es una buena alternativa para los pequeños y medianos productores en el Ecuador las épocas de cosechas son cuatro en el año y corresponden a los meses de diciembre, enero, mayo y junio (Chino, 2020, p. 19).

2.1.1.5. Desarrollo de la Planta

Se recomienda no usar semillas debido a que su desarrollo es muy lento, llegando a casi dos años antes de que sea trasplantada al huerto donde se realizó la preparación del terreno. Su multiplicación y/o reproducción se realiza de forma vegetativa, es decir cortando los tallos maduros y poniéndolos en un depósito con el fin de que sus raíces crezcan, con lo que se obtiene una nueva planta de hasta 20 cm de longitud momento en el cual se encuentra lista para ir al terreno previamente preparado

2.1.2. Las condiciones óptimas para el Cultivo de Pitahaya

- Altitud 1.400 m. s. n. m. – 1.700 m. s. n. m.
- Temperatura 14 °C – 26° C
- pH: 5.5 – 6.5
- Sombrío 40 % - 60 %
- Exposición a la luz solar 50 %

Para el cultivo tiene que ser un suelo con alto contenido de materia orgánica y el periodo de producción rentable sobre el cultivo de Pitahaya es hasta los 8 años, luego la producción descenderá.

2.1.2.1. Maduración y cosecha

Durante el crecimiento del fruto de la especie *Hylocereus undatus*, la maduración se presenta entre los 25 y 31 días después de la apertura floral, indicado por una transición en el color de la cáscara que va de un verde claro, con partes de color rojo incipiente, a un rojo-púrpura, reduciéndose progresivamente la firmeza del fruto; al mismo tiempo, aumentan los grados de Brix y los azúcares reductores. Por otro lado, el ácido málico y el ascórbico disminuyen con la maduración. Todos estos factores contribuyen a que las propiedades organolépticas del fruto de pitahaya tengan mayor aceptación a los 29-31 días de maduración, en general, para los diferentes mercados.

El manejo cosecha de la pitahaya es sumamente rústico, tal vez por la buena aceptación de la fruta y poca exigencia del mercado en cuanto a su aspecto exterior de la fruta. Sin embargo, con el incremento de la producción de la pitahaya en la actualidad se exige la implementación de nuevos huertos con un mejor manejo técnico del cultivo, es necesario hacer varias mejoras en el proceso de cosecha, forma de empaque, en el almacenamiento de refrigeración por periodos cortos de la fruta ante los posibles excedentes de la misma (Domínguez, 2017, p. 22).

Estudios realizados en Israel y Vietnam mostraron que la cosecha del fruto de *Hylocereus undatus* se efectúa cuando estos adquieren el color rojo entre los 28 y 30 días después de antesis. Resultados similares se lograron en un estudio sensorial, donde los frutos más aceptados se cosecharon entre los 25 y 31 días después de la antesis.

En California, E.E.U.U, la maduración de las pitahayas ocurre entre 40 y 45 días después de la floración, tiempo en que los frutos alcanzaron el nivel máximo de sólidos solubles totales (13 a 16 °Brix). En general, se señala que el desarrollo del color de los frutos se relaciona con su contenido de sólidos solubles totales (Montesinos & Rodríguez, 2015, p. 5).

En cuanto al color rojo del fruto de *Hylocereus*, este se debe a las betalainas. Por otra parte, existe una correlación significativa negativa entre valores de °Hue (ángulo de matiz) y el contenido total de betacianinas de cáscara y fruto de *H. polyrhizus*, las cuales brindan tonalidades rojas y se forman por condensación de una estructura ciclo-DOPA (dihidroxifenilalanina) con el ácido betalámico, con un drástico incremento de 90 y 65 %, respectivamente, entre los 25 y los 30 días después de la antesis, mientras que se requieren valores menores o iguales a 30 °Hue para que las pitahayas se comercialicen.

2.1.2.2. *Poscosecha*

El color de la cáscara es variable durante el almacenamiento y entre los estados de madurez (inicial, media y completa), presentándose valores de ángulo de matiz que disminuyen gradualmente desde los colores rojo-naranja, rojo y rojo morado.

Los frutos de pitahaya cosechados en madurez media y completa mantienen mejores características del color de la cáscara y en el nivel de sólidos solubles totales durante 12 días de almacenamiento (20 ± 2 °C), que los frutos cosechados en madurez inicial. Sin embargo, la rápida disminución de la acidez afecta su calidad.

Los frutos del género *Hylocereus* resisten hasta siete días a temperatura ambiente y a temperaturas de 10-12°C se pueden almacenar durante 14 días, el tiempo de almacenamiento se puede aumentar a temperaturas más bajas, pero al transferirse a temperatura ambiente los frutos tienden a desarrollar síntomas de daño por frío, tales como oscurecimiento de la cáscara (Nerd & Mizrahi 1999, p. 22).

Por otra parte, los frutos cosechados en madurez inicial conservan los mayores niveles de firmeza, acidez y vitamina C y mejor relación °Brix/acidez, hasta el día 10 de almacenamiento. Los frutos cosechados con un 70-100 % de color, se pueden mantener a temperatura ambiente, entre seis a ocho días de vida útil con los parámetros de calidad requeridos (AT, 0,24 %; menor o igual a 30 Hue; relación Brix/ AT, menor de 40, pérdida de peso menor de 5 %) y entre 10 y 12 días en condiciones con aire acondicionado a 20 + -2 °C. La permanencia superior, aún bajo estas condiciones se deteriora la calidad interna del fruto, afectando su consistencia, producto del ablandamiento de la pulpa de pitahaya que se relaciona con un incremento en la actividad de la enzima pectinmetilesterasa durante la maduración y a la disolución de la lámina media de sus tejidos, aunque su apariencia externa se mantiene y su aceptación para el mercado en general.

2.1.3. Potencial Industrial

La pitahaya tiene gran potencial industrial debido a su alto contenido de betalaínas, pigmentos que poseen propiedades antioxidantes y son considerados como una alternativa al uso de colorantes artificiales en alimentos. Estas ventajas para la agroindustria han incrementado el interés internacional por este cultivo, tanto para la comercialización como para la búsqueda de alternativas de procesamiento. La especie roja es valorada por la producción de betalaínas, por lo que la extracción y aprovechamiento de la misma ha sido objeto de amplios estudios.

En los últimos años han proliferado los estudios sobre las betalaínas y sus propiedades en varias especies de los géneros *Opuntia* e *Hylocereus*, además de dar coloración a los frutos y poseer actividad antioxidante, las betalaínas son reconocidas por otras importantes actividades biológicas, tales como la inducción de la quinona reductasa, potente enzima de detoxificación en la quimio prevención del cáncer y su actividad antiproliferativa de células del melanoma maligno (Montesinos & Rodríguez, 2015, p. 6).

El contenido de betalaínas es diferente en los grupos de especies, en dependencia del color del fruto. Dado que las betalaínas se encontraron en mayor proporción que los fenoles, se considera como los compuestos que más contribuyen a la actividad antioxidante observada.

Además, su elevado contenido de sólidos solubles (hasta 18 °Brix), le confiere gran potencial comercial y agroindustrial. En todas las pitahayas se puede procesar la pulpa (congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, procesamiento térmico y preservación química), así como extraer los colorantes y pectinas contenidos en la cáscara o en la pulpa, para lo cual se cuenta con tecnología a escalas casera, artesanal o industrial; también es empleada en la producción de jugos, sorbetes, gelatina, helados, yogurt, mermelada, almíbar, dulces y pasteles.

2.1.3.1. Producción

La producción de (*Hylocereus undatus*) comienza a los 2 años después de la plantación y a los 5 años alcanza su mayor producción. El rendimiento promedio es de 10-12 ton/ha. Sin embargo, plantaciones comerciales en Israel, Malasia y Taiwán producen entre 16-27 ton/ha. El manejo apropiado de la planta y el raleo de frutos mejoran el calibre y el rendimiento. El peso promedio de los frutos es aproximadamente 250 g a 800g. En Sri Lanka pueden obtenerse 18-22 ton/ha de frutos con un peso que varía entre 350-850 g/fruto, mientras que en México se obtuvieron 3.5 y 9.0 ton/ha al 3 y 4 año de plantación de pitahaya.

2.1.3.2. Presentación del Producto

La fruta debe lucir fresca, tener un color intenso y brillante, sus pupos no pueden estar lastimados, debe estar libre de picaduras, golpes y no tener indicios de marchitamiento o decadencia para evitar que sea rechazada por el importador / distribuidor. Según la variedad de pitahaya puede medir ente 8 y 12 cm de largo y 6 a 10 cm de diámetro y llegar a pesar hasta 380 g, se comercializan la fruta de (180 – 320) g, el rendimiento estimado promedio es de 8 a 10 toneladas de fruta/há (Molina & Vásquez, 2019, p. 3).

2.1.3.3. Composición Química

La composición química de (*Hylocereus undatus*) es muy amplia y varía significativamente, no solo por su variabilidad genética individual. La característica más notable de los frutos de pitahaya es la presencia de pigmentos betalánicos y esta se divide en betacianinas y betaxantinas. Las betacianinas son glucósidos o acilglucósidos de betanidina, formados a partir de ácido betalámico y ciclo-DOPA, mientras que las betaxantinas son productos de condensación del ácido betalámico con aminas o aminoácidos. El efecto positivo de las betalainas contra los trastornos relacionados con el estrés en los seres humanos se debe a su potencial para inhibir la oxidación y la peroxidación lipídica (Chino, 2020, p. 20).

2.1.3.4. Partes importantes que tiene la pitahaya roja

- Flor y tallo

Las flores del *Hylocereus* son las más grandes de la familia de los cactus y las más grandes superan fácilmente las 12 pulgadas (30 cm) de longitud y diámetro. Los tubos florales son gruesos con abiertas unas pocas horas y solo una noche. Este mecanismo de floración nocturna de la flor es un mecanismo de protección del cactus contra las depredaciones de aves y escamas frondosas y sin espinas, cerdas o pelos. Las flores son principalmente blancas fragantes que se abren por la noche. Sorprendentemente, estas flores masivas solo permanecerán animales de la flor.

Son denominados vainas, acumulan humedad de manera más eficiente y regula la pérdida de humedad durante las temporadas secas y en las horas de mayor calor. El tallo varía dependiendo de las diferentes especies de pitahaya. Podemos conseguir los siguientes tipos de tallos o aristas: Trigonus con tallos de tres aristas, Tetragonus con tallos de cuatro aristas, Pentagonus con tallos de cinco aristas. El tipo más conocido y cultivado comercialmente es el de tres aristas o Trigonus

- Fruto

Son conocidas como vainas oblongas, sub glubosa a elipsoide en el ovario del tubo de flores a medida que se fertiliza, son generalmente sin espinas con persistentes hojas suculentas como escamas de color verde, la pulpa es de color blanco, además tiene un peso de 300 a 600 gramos.



Figura 2-2: Fruta de pitahaya roja

Fuente: (Vargas, 2019, p. 27).



Figura 4-2: Tallos de la pitahaya roja

Fuente: (Vargas, 2019, p. 28).

- Cáscaras y semillas

(Esquivel & Quesada, 2012, p. 5) las cáscaras y semillas contienen celulosa, hemicelulosa y pectina, además encontramos las betacianinas, betalainas y tres aminoácidos como prolina, taurina, carnosita, adicionalmente tiene un alto contenido de azúcares y polifenoles y alrededor de 650 semillas negras.

2.1.4. Composición nutricional de la Pitahaya

Tabla 2-2: Composición nutricional en 100 g del fruto de la pitahaya roja

Nutriente	Cantidad
Energía	67,70 Kcal
Agua	85,30 g
Proteínas	1,10 g
Grasa	0,57 g
Fibra	11,34 g
Sorbitol	32,70 mg
Niacina	2,8 mg
ácido ascórbico	25 mg
Sodio	50 mg
Calcio	10,20 mg
Fósforo	27,50 mg
Hierro	0,70 mg
Potasio	3,37 mg
Zinc	0,35 mg
Magnesio	38,9 mg
Fructosa	3,20 mg

Fuente:(Vargas, 2019, p. 28).

La pitahaya roja es una fruta con un alto valor nutricional, contiene antioxidantes, mucílagos, ácido ascórbico, fenoles, es rica en Vitamina C, contiene también vitaminas del grupo B, minerales como calcio, fósforo, hierro, y tiene un alto contenido en agua, posee proteína vegetal y fibra soluble. Las semillas, que son comestibles, contienen ácidos grasos beneficiosos y una de sus propiedades más destacadas es su acción antiinflamatoria y antioxidante, por todo ello la OMS recomienda su consumo en la dieta diaria (San Juan, 2020, p. 1).

*2.1.2.1. Betalaínas en frutos de *Hylocereus**

Se conoce la existencia de betalaínas en trece familias de plantas del orden Caryophyllales, nunca se ha encontrado la presencia simultánea de betalaínas con antocianinas. Las betalaínas son pigmentos nitrogenados solubles en agua que usualmente se encuentran en las vacuolas de las plantas. Están divididas en betacianinas y betaxantinas. Las betacianinas son glucósidos o acilglucósidos de betanidina, formados a partir de ácido betalámico y ciclo-DOPA, mientras que las betaxantinas son productos de condensación del ácido betalámico con aminas o aminoácidos (Esquivel & Quesada, 2012, p. 6).

El efecto positivo de las betalaínas contra los trastornos relacionados con el estrés en los seres humanos se debe a su potencial para inhibir la oxidación y la peroxidación lipídica. Han sido observados efectos antiinflamatorios, antirradicales, actividad antioxidante y también ha sido descrito el efecto inhibitorio de la betanina en el crecimiento de las células del melanoma.

Además de las antocianinas, los carotenoides y las clorofilas, las betalaínas representan una de las cuatro clases de pigmentos vegetales utilizados comercialmente como colorantes naturales en alimentos.

En comparación con los colorantes sintéticos, las betalaínas no son tóxicas ni causan reacciones alérgicas. En contraste con las antocianinas estables únicamente en medio ácido, el color de las betalaínas se mantiene en un amplio rango de pH de 3 a 7. Esta propiedad las convierte en alternativa para colorear alimentos de baja acidez. Dado que las betalaínas poseen altos coeficientes de extinción molar, su poder colorante es comparable con los colorantes sintéticos. Debido a la diversidad estructural de las betacianinas rojo-violeta (presentes en los frutos de la pitahaya y de la tuna) y las betaxantinas amarillo-naranja (presentes en los frutos de la „tuna“), se puede lograr una amplia gama de tonalidades mediante la mezcla de distintas betalaínas. En el caso de la pitahaya se ha observado principalmente la presencia de betacianinas, mientras que las betaxantinas solo se han detectado en pequeñas cantidades (Esquivel & Quesada, 2012, p. 8).

2.1.5. Color

Es una de las principales fuentes de contacto que existe entre el consumidor y el producto debido a su grado de influencia con la vida cotidiana, sin tomar en cuenta la apariencia sanitaria, toxicológicos y nutricionales, se basan en los siguientes aspectos como determinar textura, calidad y el sabor. Este depende de los grupos cromóforos que son parte visible de la molécula coloreada, responsable de la absorción de la luz en una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm (espectro visible). La afinidad de las fibras es dada por el grupo auxocrómico conformado por un grupo de átomos ligados al cromóforo que modifica la afinidad de este para absorber la luz (Cevallos & Guerrero 2017, p. 12).

2.1.5.1. Colorantes.

El colorante es una sustancia que se aplica a cualquier cuerpo para efectuar una modificación persistente del color original y que, en varias formas de su aplicación, puede ser disuelto o dispersado en un fluido, difundiéndose de este modo dentro del cuerpo a colorear, también es considerado en general como inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales (Ramos, 2020, pp. 51-54).

Un colorante en forma genérica se puede definir como: “Cualquiera de los productos químicos que pertenecen a un extenso grupo de sustancias, empleados para tejidos, fibras, tintas, productos alimenticios y otras sustancias. En la moderna terminología industrial se amplía el concepto de colorantes a los productos que contienen colorantes orgánicos puros junto con agentes reductores o de relleno que los hacen más manejables.”

La apariencia de un producto alimenticio, especialmente el color, ejerce un efecto decisivo en el consumidor al momento de comprar o consumir y aquí contribuye, por tanto, al éxito económico del producto. El color a su vez tiene influencia psicológica en cuanto al sabor del producto porque se asocia con la calidad y frescura del alimento (Marcano, 2018, p. 188). Los colorantes han sido ampliamente utilizados en la preparación de alimentos y bebidas, y siguen siendo a nivel mundial una contribución significativa en la preparación y procesamiento de los mismos.

2.1.5.2. Usos de los Colorantes

El uso de los pigmentos naturales como colorantes depende de sus costos de extracción de fuentes naturales. Durante la extracción sufren las mismas reacciones que en su aplicación: oxidación, foto oxidación, formación o pérdida de complejos metálicos, isomerización.

Favorecer los procesos de fabricación, transformación o almacenado de un alimento, siempre que no se enmascare materias primas defectuosas o prácticas de fabricación inadecuadas (Cevallos & Gerrero 2017, p. 12).

2.1.5.3. Normativas de los Colorantes

Según FDA (Food and Drugs Administration) de los Estados Unidos las regulaciones de los colorantes se dividen en dos categorías:

- **Colorantes exentos de certificados.** - son aquellos que se obtienen principalmente de fuentes minerales, vegetales y animales. Estos no están sujetos a los requisitos de certificación.
- **Colorantes sujetos a certificación.** - son aquellos que se los obtienen de síntesis químicas se los conoce como tinturas de alquitrán de hulla (Cevallos & Gerrero 2017, p. 18)

2.1.5.4. Aditivo alimentario

Sustancia natural o artificial que es añadida al alimento intencionalmente con la finalidad de mejorar el producto alimenticio desde cualquiera de sus fases de procesamiento, que no se lo consume como alimento ni es un ingrediente básico del mismo (Llamuca, 2018, p. 27).

2.1.6. Clasificación de colorantes

Los colorantes se pueden dividir según su uso, origen y estructura.

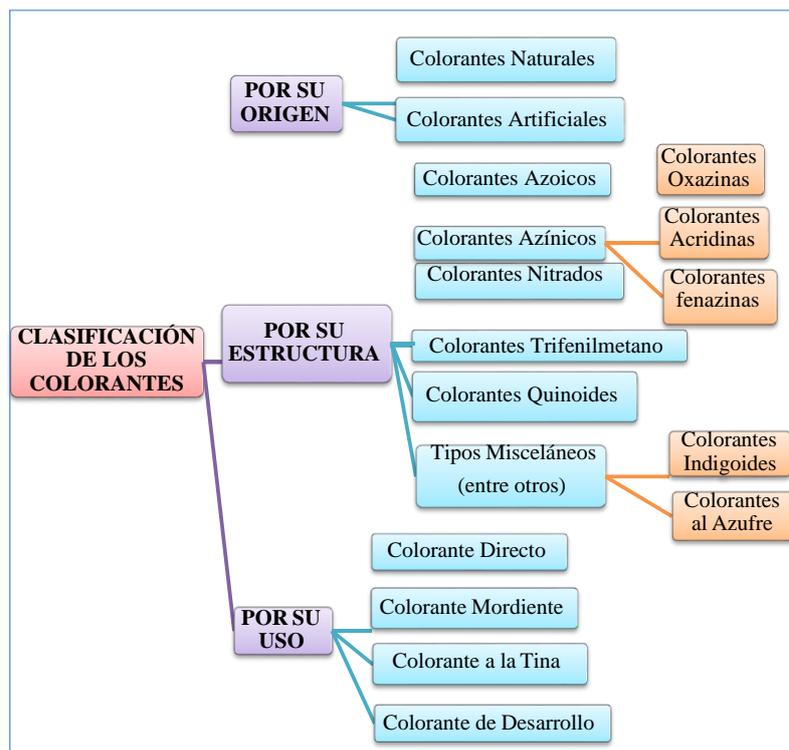


Figura 7-2: Clasificación de Colorantes

Fuente:(Quizhpe, 2016, p. 22)

La Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosmética divide a los colorantes en dos clases: sintéticos y naturales.

2.1.6.1. Colorantes sintéticos

Conocidos también como colorantes sujetos a certificación son un tipo de colorante originarios del petróleo o colorantes orgánicos sintéticos, requieren de un documento que los certifique para ser utilizados en la elaboración de alimentos, drogas y cosméticos; estos tienden a ser identificados por la numeración que se les da, la característica sobresaliente de estos colorantes es la solubilidad en agua (Llamuca, 2018, p. 27).

2.1.6.2. Colorantes Naturales

Un colorante natural es toda aquella materia colorante que tiene origen vegetal o animal, estos colorantes se los ubican en la naturaleza por ciertas características que ofrecen como son intensifican o modifican el color. Para que una sustancia coloreada, sea considerada un colorante, deberá contener grupos cromóforos llamados auxocromos.

Los colorantes naturales son los productos de extracción que proceden de materias primas alimentarias y pueden estar asociados a numerosas impurezas; en efecto, los procedimientos de extracción tiene un valor técnico variable si bien los compuestos obtenidos no tienen composición ni propiedades colorantes constantes; todo esto hace que los colorantes naturales sean, frecuentemente, más fáciles de fabricar por síntesis que por procedimientos de extracción y presenten así mejores características de pureza

Debido a los serios problemas generados por el efecto de los colorantes sintéticos en el medio ambiente y la salud humana, se ha renovado el interés en los colorantes naturales. El aumento de la demanda del tinte natural en la industria de tintorería, así como en la de alimentos, cosméticos y medicinas entre otras ha motivado el incremento del número de países en que se está dando el renacimiento del cultivo y producción del mismo (Ramos, 2020, pp. 51-54).

(Chala & Palacios, 2003, p. 3) en su investigación realizada, sobre la obtención de colorante de pitahaya presento una tonalidad rosa moderado, este color obtuvo cuando la fruta se encontraba en un estado fisiológico total de madurez, ya que en estudios realizados se ha demostrado que cuando los frutos presentan bastante madurez el colorante obtenido es mayor y atractivo, también de que es posible que se obtenga una coloración diferente y de mejor calidad, si se hacen pruebas con las hojas y tallos de estas especies.

2.1.7. Clasificación de los colorantes naturales.

Los colorantes naturales se clasifican en:

- Carotenoides
- Flavonoides
- Antocianinas
- Betalaínas
- Quinonas
- Misceláneos

Tabla 3-2: Colorantes naturales hidrosolubles

Colorantes naturales hidrosolubles	
Curcumina (E100)	Riboflavina, lactoflavina o B2 (E101)
Cochinilla o ácido camínico (E120)	Caramelo (E150)
Betanina o rojo remolacha (E162)	Antocianos (E163)
Colorantes naturales liposolubles	
Clorofilas (E140 y 141)	Carotenoides (E160)
Xantofilas (E161)	
Minerales	
Carbón vegetal (E153)	Carbonato cálcico (E170)
Dióxido de titanio (E171)	Óxidos e hidróxidos de hierro (E172)
Aluminio (E173)	Plata (E174)
Oro (E175)	

Fuente: (Sánchez, 2013, p. 6).

2.1.8. Tipos de pigmentos vegetales

2.1.8.1. Clorofílicos

Son los pigmentos mayoritarios de la naturaleza se localizan en los cloroplastos de las plantas, su función principal es la fotosíntesis, es responsable del color verde característico de las plantas, por lo general este pigmento sobreabunda en las hortalizas. Su estructura consta de una porfirina que tiene unido a un magnesio en el eje del núcleo tetrapirrólico.

2.1.8.2. Carotenoides

Pigmentos asociados a la clorofila derivados del isopreno, se clasifican en: xantofilas, caroteno y licopeno son los que dan los colores rojo, anaranjado y amarillo. En su estructura química estos pigmentos contienen dobles enlaces insaturados, las xantofilas se caracterizan porque en su estructura tienen átomos de oxígeno, mientras que el resto de los carotenoides no.

2.1.8.3. Antociánicos

Este tipo de pigmentos están presente más en frutas que en hortalizas y verduras pueden ser de rojos, azules y púrpuras. La función de este pigmento en las plantas es la protección solar y atraer insectos polinizadores; su característica principal es que son hidrosoluble, en su estructura

química son los glucósidos que contienen antocianidinas procedentes del catión flavilio (2-fenilbenzopiridilo).

2.1.8.4. *Flavonoides*

Dentro de los flavonoides podemos encontrar a los flavonoles, catequinas y las antocianinas son las encargadas de dar el color a las frutas, los más comunes son la quercetina, miricetina kaempferol. Se caracterizan por ser polifenoles solubles en agua.

2.1.8.5. *Betaláinicos*

Es un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles derivados de la 1,7-diazoheptametina, de apariencia semejante a la de las antocianinas y los flavonoides, se encuentran en 10 familias de las centrospermas, como el betabel y la tuna, se han dividido en betaxantinas y betacianinas, siendo estas de color rojo o violeta, se extraen fácilmente con agua y menos con metanol, se degradan térmicamente y son estables en un pH de 4 a 7.

La betanina de fórmula $C_{24}H_{26}O_{13}N_2$ y de peso molecular 550.50 g/mol, es una betacianina formada por una molécula de glucosa, unida al carbono 5 de la betanidina, se encuentra en el betabel, de intenso color rojo, hidrosoluble, estable a pH de 4 a 7, sensible al calor y a la luz

Betanina o rojo de remolacha (E162): color rojo oscuro, se consigue por prensado y extracción de la remolacha, se encuentra en productos de pastelería, chicle, yogur, salsas, postre, se considera inocuo y en ciertas investigaciones o estudios se ha comprobado acción anticancerígena (Sánchez, 2013, p. 9).

La estabilidad de las betalaínas es favorecida en técnicas alimenticias como carbohidratos, proteínas y otros componentes naturales. Son utilizadas en combinación con otros colorantes naturales en alimentos con características como: baja actividad acuosa, baja vida de anaquel y que no son sometidos a altas temperaturas de proceso, las betalaínas son aminoácidos con un grupo amino cuaternario (Ocampo & Rodríguez 1995).

La actividad enzimática degrada las betalaínas con pérdida de color, esta actividad está ligada a componentes subcelulares de la raíz que da efectos adversos en la manufactura de betalaínas como colorantes, los sistemas enzimáticos betalainasa (betalaina oxidasa) tienen mejor actividad a 40°C y pH 3.4, las soluciones de NaCl del 3% tienen efecto inhibitor del 95% de actividad enzimática, la anaerobiosis reduce su actividad.

2.1.9. Técnica de extracción de colorante natural

El proceso de extracción (sólido- líquido) es un proceso de separación de porciones activas por medio de la utilización de un solvente. Complejo en el desarrollo del proyecto, la purificación nos ayuda a identificar cuáles serán las propiedades físicas y químicas.

El proceso de extracción sólido-líquido se basa principalmente en la interacción de la muestra y el disolvente es decir la separación de una mezcla de sustancias por disolución de cada componente, puede ser usada como técnica preparativa de muestra como paso previo al análisis mediante otra técnica instrumental, por ejemplo, la extracción de colorante natural para su posterior determinación mediante espectrofotometría UV.

2.1.9.1. Extracción con Soxhlet:

En esta técnica el disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido, además que el disolvente está caliente y eso favorece la solubilidad del analito. Esta técnica tiene el inconveniente que ocupa mucho tiempo en su realización y no se puede acelerar. La extracción Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente (etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él. Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente exactamente es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones.

Éste funciona de la siguiente forma: Cuando se evapora, el disolvente sube hasta el área donde es condensado; aquí, al caer y regresar a la cámara de disolvente, va separando los compuestos hasta que se llega a una concentración deseada (Ramos, 2020, p. 51).

El procedimiento para llevar a cabo su extracción se basa en la extracción sólido-líquido en continuo, empleando un disolvente, con posterior recuperación de éste y por último verificar cuanto es el rendimiento obtenido.

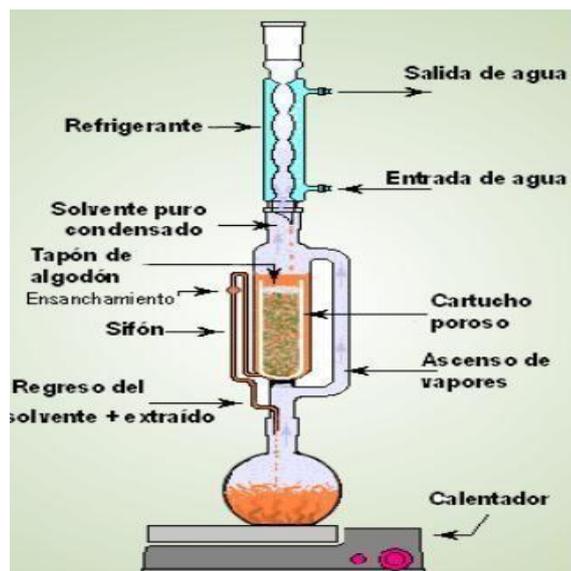


Figura 8-2: Extractor Soxhlet

Fuente: (Llamuca, 2018, p. 35).

El equipo Soxhlet realiza un sinfín de extracciones de modo automática, con el solvente que se evapora y condensa llegando siempre pura al material, para ello se fundamenta en las siguientes etapas:

1. Previo a la extracción, el equipo debe estar armado y contener la muestra, entonces ubicar el solvente en el balón.
2. Encender el reverbero para producir la ebullición del solvente que se evapore hasta un condensador.
3. El condensado cae sobre un recipiente que sujeta el dedal con la muestra.
4. El nivel del solvente sube cubriendo el dedal hasta un punto en que se produce el reflujó el cual vuelve con el solvente y el material extraído al balón.
5. Este proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que la muestra quede consumida.
6. El material extraído o principio activo se ira concentrando en el balón que contiene el solvente.(Llamuca, 2018, p. 35).

2.1.9.2. Extracción sólido-líquido a temperatura ambiente:

Esta técnica se emplea cuando la sustancia que se desea extraer está contenida en un material sólido, junto con otros componentes, los cuales deberán ser prácticamente insolubles en el disolvente utilizado. Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido. El inconveniente de esta técnica es que al realizarse a temperatura ambiente no se aumentará la solubilidad del analito.

Tabla 5-2: Ventajas y Desventajas de uso del Método Soxhlet

Ventajas	Desventajas
La muestra está en contacto con la parte fresca del disolvente	Tiempo necesario para la extracción varía de 6-12 horas
La metodología que se aplica es simple	Las cantidades de disolvente podría estar entre 50 a 800 ml
Es un método que no necesita depender de una matriz	Es necesario agregar la muestra al rotavapor para recuperar el disolvente
No es necesaria la filtración después de la extracción	Este método no es automático

Fuente: (Cevallos & Gerrero 2017, p. 20)

2.1.9.3. Extracción por Arrastre de Vapor

El empleo de este método garantiza que durante la extracción no existe la posibilidad de degradar las moléculas de colorantes por efecto de temperatura debido a que se emplean bajas temperaturas durante la operación, además de permitir el uso de distintos disolventes según convenga.

- Rotavapor

Es un equipo que, mediante una destilación a vacío, permite la evaporación rápida de disolvente de una disolución, recuperando el soluto (líquido o sólido). Generalmente se utiliza una trompa o una bomba de membrana o de vacío (Brito, 2001, p. 30).

El rotavapor tiene la finalidad de llevar a cabo, destilaciones de una sola etapa de manera rápida, el principio de este método es la condensación y la evaporación, de disolventes, una de las ventajas de este equipo es en la que, en un proceso de destilación simple con ayuda de la bomba de vacío que incrementa el rendimiento y ayuda a proteger los productos (Operation Manual 093076 BÜCHI Labortechnik AG Rotavapor R-210/215., 2015).

2.1.10. Solventes

Los solventes son sustancias orgánicas líquidas provenientes de hidrocarburos volátiles derivados del petróleo y del gas cuyo punto de ebullición es bajo, por lo que al entrar en contacto con el aire se evaporan. De acuerdo a su importancia y patrón de uso se clasifican en solventes activos, co-solventes, solventes y diluyentes.

Uno de los solventes más común para la extracción es el etanol que actúa de manera directa con la capa lipídica de los vegetales por lo tanto modifica, el área y el espesor de la capa fenómeno, que incrementa la fluidez de la membrana aumentando la permeabilidad de la bicapa lipídica a las moléculas polares, además no es tóxico para la salud (Llamuca, 2018, p. 34).

2.1.10.1. Solventes utilizados para la extracción

Alcohol metílico: Líquido incoloro, volátil, tóxico y puede disolverse en agua. Se lo utiliza frecuentemente como solvente de tintes, resinas y adhesivos.

Alcohol isopropílico: Isómero del propanol es incoloro e inflamable, posee intenso olor y es miscible en agua. Es ampliamente utilizado como solvente y como fluido de limpieza, principalmente para la remoción de aceites.

Alcohol Etílico: Etanol o alcohol etílico es un compuesto químico perteneciente a la familia de los alcoholes, en condiciones normales es de apariencia líquida, presenta puntos de ebullición de 78°C y un punto de fusión de -114,1°C. Su inflamabilidad es alta, soluble en agua en cualquier relación, tiene reacción violenta con oxidantes fuertes y lentamente con hipoclorito de calcio, óxido de plata y amoníaco (Caldas, 2012, pp.20-21).

Tabla 8-2: Clasificación de los Solventes

Grupo Químico	Nombre de los Solventes
Aromáticos	Benceno, tolueno, Etilbenceno
Alcoholes	Alcohol Metílico, Alcohol Isopropílico, Alcohol Butílico, Alcohol Etanol
Gasolventes	Heptano, Hexano

Fuente: (Cevallos & Gerrero 2017, p. 20)

2.2. Liofilización

Es un método de deshidratación que es aplicado en casos muy especiales donde la presión de vapor de agua del hielo es de 4,6 mm; por lo tanto, si una sustancia que contiene agua se somete a un vacío menor que el indicado, se helará y el agua se sublimará desde el hielo sólido, este método es lento y caro, precisa de un equipo muy grande, este equipo se utiliza para la desecación de productos biológicos que no deben exponerse a altas temperaturas o a oxidaciones, permite hacer mediciones a escala de laboratorio, donde se puede programar las etapas que conforman el protocolo de liofilización dependiendo de la muestra; ingresando variables de presión, temperatura y tiempo (Muñoz, 2012, p. 22).

La deshidratación por congelación o liofilización es el método de deshidratación en donde la mayor parte del agua del alimento se elimina mediante su sublimación, desde el estado congelado al ejercer un suficiente vacío en el sistema (Colina, 2010, p. 165).

La liofilización permite obtener alimentos deshidratados de calidad muy superior comparada con cualquier otro método de deshidratación, la que la convierte en un atractivo método para extender casi inmediatamente la vida de almacenamiento de los alimentos. Las bajas temperaturas de procesamiento y la relativa ausencia de agua minimizan las reacciones deteriorantes como la desnaturalización de proteínas y el oscurecimiento enzimático, entre otras, lo cual evita cambios en textura, apariencia, sabor, aroma y valor nutricional de los alimentos.

Además, los productos liofilizados pueden ser reconstruidos prácticamente a su estructura y forma originales cuando se les adiciona agua. La eliminación de la mayor parte de agua por sublimación impide la aglomeración de sólidos en la superficie de los productos y origina un producto ligero de estructura porosa que conserva el tamaño y forma del producto original y permite una rehidratación rápida y completa.

La liofilización es un proceso que se desarrolló para superar las pérdidas de los compuestos que posee un producto, los cuales se perdían en los procesos convencionales de secado y está confirmado como un método efectivo para ampliar la vida media de los productos (Orrego, 2008, p. 57).

Las mayores desventajas de la liofilización son el elevado costo energético y de las instalaciones, así como mayor tiempo de deshidratación comparado con la deshidratación convencional. Además, la estructura porosa hace a los productos liofilizados muy susceptibles a daños mecánicos y oxidación, por lo que requieren ser envasados y manejados en condiciones adecuadas. Hoy en día gran diversidad de alimentos de mucho valor, alto contenido nutricional o de aroma y textura delicados se liofilizan con fines comerciales, entre lo que se incluyen: extractos de café y té, hortalizas, frutas, carnes, mariscos, pescados, especias y alimentos con fines especiales.

En la liofilización, se congela el agua del producto y a esa disminución de temperatura que impide cambios químicos de deterioro, se le somete a un alto vacío (por debajo del punto triple) lo que permite el paso del agua en estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido (sublimación), esta es una forma de secar un producto a bajas temperaturas, sin el deterioro que produciría el recalentamiento (Barbosa, 2000, p. 27).

2.2.1. Fundamentos de la liofilización

El proceso de liofilización consiste básicamente en tres etapas:

- Congelación del alimento, que propicia la separación del agua de los componentes hidratados del producto, mediante la formación de cristales de hielo o mezcla eutécticas.
- La sublimación del hielo bajo presión reducida, eliminando el agua del seno del producto.
- La desorción o evaporación del agua residual, no congelada que se encuentra absorbida por los componentes del alimento (Colina, 2010, p. 165).

2.2.2. Equipo utilizado para la liofilización comercial

La liofilización a nivel comercial normalmente se efectúa en cámaras al vacío con sistemas de calentamiento para proporcionar el calor latente de sublimación, y que están conectadas a sistemas de extracción del vapor o condensadores (Colina, 2010, p. 166).

2.2.3. Características de los alimentos liofilizados

Los alimentos liofilizados, adecuadamente envasados, conservan la mayor parte de sus características físicas, sensoriales y valor nutricional por largo tiempo. Las bajas temperaturas de proceso empleadas en la liofilización evitan cambios adversos en las vitaminas como la Tiamina y ácido ascórbico, y en componentes como: proteínas, almidones y otros carbohidratos. Además gran parte de los componentes volátiles responsables del aroma de los alimentos, normalmente no se encuentran en el agua libre que se congela y no son arrastrados por el vapor de agua durante la sublimación, sino que son retenidos en la matriz del alimento liofilizado, por lo que la liofilización es una buena alternativa para conservar alimentos como: carnes, hortalizas y frutas, que contienen gran cantidad de proteínas o componentes volátiles y que son susceptibles a reacciones de oscurecimiento. Los alimentos liofilizados contendrán una estructura porosa, tipo esponja, por los espacios vacíos ocupados previamente por los cristales de hielo, que dan lugar a productos muy livianos en peso (10 a 15 % de su peso original), es decir de baja densidad y que permite una rehidratación fácil y completa, por lo que la liofilización resulta muy útil en la obtención de los productos instantáneos (Colina, 2010, p. 165).

2.2.4. Ventajas de la liofilización

- Conserva la mayor parte de la calidad dietética y organoléptica de los alimentos.
- Permite la rehidratación instantánea sin necesidad de cocción

- Genera un reducido peso, diez veces menor al peso inicial.
- Es una técnica de preservación que no necesita aditivos.
- Genera productos más estables con una larga vida de anaquel.
- Los productos son duraderos en un rango muy amplio de temperaturas, lo que elimina la necesidad
- preparadas, café, esencias saborizantes y varios otros productos. de contar con métodos complicados de cadena de distribución en frío.
- El peso reducido y la facilidad en el manejo reduce notablemente los costos de embarque.
- Aseguran la conservación de una calidad excelente en una amplia variedad de productos como vegetales, frutas de climas templados y tropicales, pescados, carnes, comidas
- Mantiene su sabor original, las proteínas y las vitaminas.
- Los productos mantendrán su forma, color y texturas originales y la rehidratación es rápida e íntegra.
- Detiene el desarrollo de microorganismos (hongos, moho, etc.), inhibe el deterioro de sabor y color por reacción químicas, enrancia- miento y pérdida de propiedades fisiológicas; y facilita el almacenamiento y la distribución.
- La forma y características del producto final son esencialmente las originales.
- Se obtiene un contenido muy bajo de humedad final.

Todas estas particularidades pueden resumirse en: una permanencia óptima, una solubilidad fácil, rápida y completa; una conservación ilimitada; una buena influencia frente a las recomendaciones externas nocivas y una rápida disponibilidad de uso (Ramírez, 2006, p. 20).

2.3. El Yogur

Es un producto lácteo fermentado, semilíquido, considerado un alimento saludable. Se elabora con leche entera o descremada, cocida y concentrada por evaporación. La fermentación se consigue añadiendo a ésta cultivos de dos bacterias, *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. Se pueden obtener nuevos lotes de yogur añadiendo a la leche concentrada una porción del lote anterior. Este tipo de leche fermentada es desde hace mucho tiempo, un importante elemento de la dieta tanto en el sureste de Europa como en Asia Menor (Gagñay, 2010, p. 24).

2.3.1. Clasificación del yogurt

2.3.1.1. Según su estructura física

- Yogurt firme o yogurt clásico: el coagulo se mantiene integro, con lo que su estructura es una masa continua semisólida. La coagulación de la leche se lleva a cabo en el recipiente de venta al consumidor.
- Yogurt batido: el coagulo está roto, por la estructura es una masa casi líquida muy viscosa. La coagulación se realiza en depósitos y, después de fermentada la leche, se rompe el coagulo antes de la refrigeración y envasado finales. Es el yogurt batido de baja viscosidad, con un extracto seco inferior normalmente homogenizado.

2.3.1.2. Según su contenido en grasa

- Yogurt entero: con más de 3 % de grasa.
- Yogurt semi descremado: entre el 0.5 % y el 3 % de grasa.
- Yogurt descremado: con el 0.5 % o menos de grasa.

2.3.1.3. Según los productos añadidos

- Yogurt natural: es el tradicional con un sabor ácido neutro. Yogurt azucarado: es el yogurt natural al que se le ha añadido azúcar.
- Yogurt edulcorados: es el yogurt natural al que se le ha añadido edulcorantes.
- Yogurt con frutas, zumos y otros productos naturales: es el yogurt natural al que se le ha añadido alguno de los mencionados productos.
- Yogurt aromatizado: en el que la fruta se constituye por aromatizantes sintéticos y naturales.

2.3.1.4. Casos en los que se recomienda yogurt

- En dietas Hipocalóricas en su versión descremado saborizado, con frutas ó cereales sin azúcar.
- En dietas para patología digestiva e intestinal, en versión descremado saborizado, sin frutas ni cereales. Por tener menor concentración de lactosa.
- En dietas para constipación, en versión descremado o entero con frutas y cereales integrales, por su fibra y su complementación proteica (Jimenez & Vargas, 2012, p. 22).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización y duración de experimento

El presente trabajo experimental se desarrolló, en los laboratorios de Microbiología y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Sur km 1 1/2. La investigación tuvo una duración de 180 días, tanto para el procesamiento como los respectivos análisis físicos- químicos y microbiológicos del producto obtenido.

3.2. Unidades experimentales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó 12 muestras con un tamaño de unidad experimental (TUE) de 200 ml de muestra es decir 600 ml por tratamiento, dándonos un total de 2400 ml de yogur.

3.3. Materiales, equipos, reactivos e insumos

Para la realización de esta investigación se utilizaron los materiales, equipos e instalaciones que se describen a continuación:

3.3.1. *Materiales de laboratorio*

- Cuchillo de cocina
- Tabla de picar
- Bandejas
- Papel aluminio
- Cajas Petri
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Probetas
- Tubos de ensayos
- Gradilla
- Papel industrial

3.3.2. Equipos

- Deshidratador de bandejas
- Liofilizador *FreeZone*
- Rotavapor novachem
- Medidor de humedad
- Balanza normal marca Ohaus Camry
- Balanza analítica marca Ohaus Pioneer
- Autoclave marca Phoenix Lúterco
- Agitador magnético marca Termo Scientific
- Vórtex
- Mechero bunsen
- Ph-metro
- Computadora

3.3.3. Reactivos

- Alcohol etílico 96°
- Alcohol etílico 70°
- Agua destilada

3.3.4. Insumos

- Pitahaya roja (cáscara)
- yogur
- Agua vivan
- Cuaderno de apuntes
- Indumentaria (mandil, cofia, guantes, mascarilla)

3.4. Tratamientos y diseño experimental

En la presente investigación se utilizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones en diferentes porcentajes de colorante (2%, 4%, 6%) y un tratamiento testigo de (0%), aplicado al yogur. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) que se ajusta al siguiente modelo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = valor del parámetro en determinación.

μ = efecto de la media por observación.

T_i = efectos de los tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental.

Tabla 1-3: Esquema del experimento

Niveles de colorante	Código	Repeticiones	*TUE (ml)	Total (ml)
0%	T0	3	200	600
2%	T1	3	200	600
4%	T2	3	200	600
6%	T3	3	200	600
Total (ml)				2400

*T.U. E: Tamaño de la Unidad Experimental (200 ml)

Realizado por: Sangoquis, Diego, 2023.

3.5. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales que se consideraron en el estudio fueron las siguientes:

3.5.1. Caracterización de las variables físico- químicas

- Densidad
- pH
- solubilidad

3.5.2. Análisis fisicoquímicos del yogur

- Proteína
- grasa
- pH

3.5.3. Caracterización de los requisitos microbiológicos del yogur

- *Escherichia coli*
- Mohos y Levaduras

3.5.4. *Análisis sensorial*

- Color
- Aroma
- Sabor
- Apariencia

3.5.5. *Análisis Económico*

- Costo/ Beneficio

3.4. **Análisis estadísticos y pruebas de significancia**

Los resultados obtenidos fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas:

- Estadística descriptiva
- Análisis de varianza para las diferencias de las medias. ADEVA
- Estadística descriptiva para las pruebas microbiológicas.
- Separación de medias según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.4.1. *Esquema del “ADEVA”*

Tabla 2-3: Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (n-1)	11
Tratamientos (t-1)	3
Error experimental (n-1) - (t-1)	8

Realizado por: Sangoquis, Diego, 2023.

3.5. Procedimiento experimental

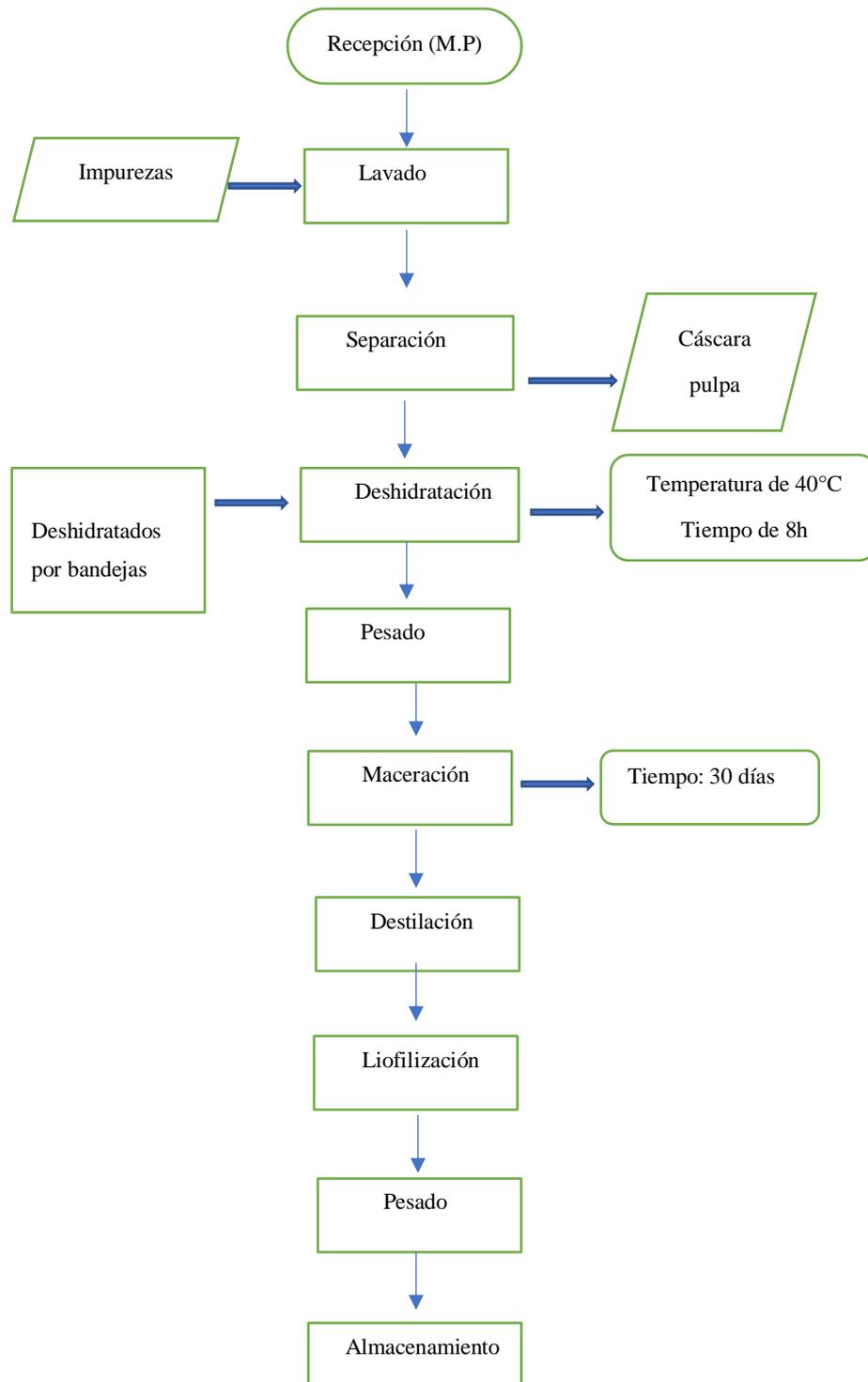


Figura 1-3: Diagrama de Flujo obtención del colorante de la cáscara de pitahaya roja

Realizado por: Diego Sangoquisá, 2023.

3.5.1. Recepción de la Materia Prima

Se partió con la selección de la materia prima, la cual fue adquirida en el “Mercado Mayorista” de la provincia de Tungurahua, en la ciudad Ambato, para lo cual fue aplicado un tipo de muestreo aleatorio simple. Se tomó en consideración sus características organolépticas como el color, aspecto y aroma, que se encuentren en un nivel óptimo de madurez y frescura, que estén sanas, sin picaduras de insectos y sin golpes, por otro lado, se excluyeron aquellas que no cumplieron con las especificaciones anteriores.

3.5.2. Lavado

Se hizo un lavado para retirar cualquier partícula o sustancia extraña o ajena de la fruta

3.5.3. Separación

Se realizó una selección cuidadosa para separar las frutas en estado de deterioro o descomposición, se retiró la cáscara, se cortó en pequeños trozos y se colocó en bandejas.

3.5.4. Deshidratación

Se adquirió primeramente todos los materiales, materia prima e insumos necesarios y se puso por medio de bandejas a una temperatura de 40°C por 8 horas, con el fin de mantener las propiedades que posee la cáscara.

3.5.5. Pesado

Se pesó las bandejas cada 30 minutos, hasta que se mantuvo constante por 90 minutos, una vez deshidratada la cáscara se pesó para ver su rendimiento.

3.5.6. Maceración

Se ejecutó un experimento preliminar con la cáscara deshidratada, dejando macerado 3 muestras en alcohol etílico al 50%, al 60 % y etílico más éter etílico, teniendo un mejor resultado en alcohol etílico al 60%, el cual se dejó durante un mes, donde se concentraron todos los pigmentos de la cáscara.

3.5.7. Destilación

Para la separación del alcohol del colorante, se utilizó un rotavapor que ayuda a la evaporación rápida mediante la condensación y la evaporación, de disolventes, se trabajó a 50°C a 100 RPM, donde concentra todo el pigmento ayudando a proteger el producto.

3.5.8. Liofilización

Una vez obtenido el colorante en líquido, se procedió a liofilizar en frascos de 300 ml, utilizando nitrógeno líquido a una temperatura de -59 °C a 0.150 torr, donde se dejó por 4 días, adicionando constantemente nitrógeno, para tener un mejor resultado en la liofilización del colorante.

3.5.9. Pesado

Se pesó el colorante, mediante una balanza analítica para sacar el rendimiento.

3.5.10. Almacenamiento

Se almacenó en un frasco ámbar, en un ambiente fresco sin presencia de la luz solar, con el fin de mantener el colorante natural obtenido.

3.6. Metodología de evaluación

3.6.1. Determinación de densidad del colorante

Este análisis se lo realizo por el método del picnómetro propuesto por Gay-Lussac, el cual consiste en:

- Pesar el picnómetro vacío y anotar su masa (m_0)
- Enrasar el picnómetro con agua (fluido de referencia) y anotar su masa (m_1).
- Enrasar el picnómetro con disolución (líquido cuya densidad queremos hallar) (m_2)

Calculo

$$P_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_0} \times P_w$$

Donde:

m0 = masa del picnómetro vacío
 m1 = masa del picnómetro con agua
 m2 = masa del picnómetro con el líquido a investigar
 P. w = densidad del agua a temperatura experimental

3.6.2. Determinación del pH del colorante

Para la determinación del pH se realizó con un pH- metro digital de la marca OAKION, donde se registró los valores obtenidos del colorante.

3.6.3. Determinación de solubilidad del colorante

Para determinar la solubilidad, se realizó en una solución acuosa (agua) y en yogur.

Tabla 3-3: Solubilidad del colorante

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
La solubilidad constituye un parámetro indispensable para que un colorante pueda aplicarse a un alimento, generalmente estos aditivos son hidrosolubles.	Vasos plásticos Pipeta de 10 ml Rollo de papel toalla Varilla de agitación	Solubilidad en agua En un vaso agregamos 50 ml de agua, con una pipeta añadimos 1 ml de colorante Homogenizar con una varilla de agitación por 2 min y observar.
		Solubilidad en yogur En un vaso agregamos 50 ml de yogur, con una pipeta añadimos 1 ml de colorante Homogenizar con una varilla de agitación por 2 min y observar.

Realizado por: Sangoquis, Diego, 2023.

Tabla 4-3: Análisis organoléptico y solubilidad del colorante.

Colorante	Color	Olor	Sabor	Apariencia	Solubilidad	
					Agua	Yogur
Pitahaya	Cereza	Sin olor	Insípido	Polvo	Soluble	Soluble

Realizado por: Sangoquis, Diego, 2023.

3.6.4. Determinación de proteína del producto

En la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl mencionado en el libro Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos realizado por (Zumbado, 2020, p. 243). La cual dice que:

- Se pesó exactamente 1g muestra seca (sólida) o de 2-5 g de muestra fresca (líquida) e introducirla en el balón de digestión Kjeldahl.
- Se añadió 1g de sulfato de cobre y 9 g de sulfato de sodio; más 25 ml de ácido sulfúrico concentrado procurando no manchar las paredes del balón.
- Se colocó el balón en el digestor y calentar hasta obtener un líquido verde esmeralda.
- Se enfrió el balón y su contenido, adicionar 200 ml de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica.
- Se cerró la llave, agregamos 100 ml de NaOH al 40% abrir la llave y verter dejando pasar lentamente al balón de destilación.
- Se recibió el destilado en un vaso conteniendo 100 ml de H₃BO₃ al 2,5% y de 3 a 4 gotas del indicador mixto rojo de metilo y verde de bromocresol. El tubo de salida del destilador debe estar sumergido en el vaso que contiene los reactivos.
- Se destilo hasta obtener 100 ml aproximadamente de destilado.
- Se tituló el destilado con HCl N/10

CÁLCULOS

$$\%P = V \times N \times F \times 0.014/m *100$$

Donde:

%P = contenido de proteína en porcentaje de masa.

f = factor para transformar el %N₂ en proteína, y que es específico para cada alimento.

V = volumen de HCl o H₂SO₄N/10 empleado para titular la muestra en ml.

N₁ = normalidad del HCl.

m= masa de la muestra analizada.

3.6.5. Determinación de grasa del producto

Para la determinación de la grasa del yogurt se utilizó el método Gerber:

- Se tomó con la ayuda de una pipeta 10 ml de ácido sulfúrico y colocamos en un
- butirómetro, sin mojar el cuello de este.
- Se agregó 11 ml de la muestra, por las paredes del butirómetro.
- Se añadió 1ml de alcohol amílico, mediante el grifo de medición
- Se tapó el butirómetro con el tapón sin mezclar los líquidos
- Se agitó, las mezclas se debe colocar el tapón hacia abajo en el cartucho
- Se dejó en la centrifugadora por 4 minutos y se anotó los resultados.

3.6.6. *Calidad microbiológica del producto*

Se evaluó la calidad microbiológica del yogur con la adición del colorante, mediante la siembra en cajas Petri para determinar la presencia o ausencia de mohos y levaduras en base al método de ensayo descrito en la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-18 sobre control microbiológico de mohos y levaduras viables en los alimentos, para el recuento de *E coli* el método de ensayo descrito en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 16649-2.

- El respectivo análisis se realizó en el laboratorio de ciencias biológicas para lo cual
- primeramente, el método de vertido en placa se procedió a esterilizar las pipetas, tubos de ensayo y demás instrumentos de laboratorio a utilizar.
- Se realizó la preparación de un medio de cultivo para la siembra de mohos y levaduras se
- utilizó 22 g de Agar PDA, se preparó 22 g del Agar y se disuelve en 540 ml de agua purificada, se homogeniza y se esteriliza en autoclave a 121°C por 15 minutos.
- Para la siembra y conteo de *E coli* se utilizó Agar EMB para *E coli* el cual se preparó 21
- gramos del Agar y se disuelve en 540 ml de agua purificada, se homogeniza y se esteriliza en autoclave a 121°C por 15 minutos.
- Luego de haber preparado los medios de cultivos se colocó 10 ml de agar en cada una de
- las cajas Petri para consiguiente proceder con la siembra. Se llevó a cabo una disolución de la muestra de 10^{-3} es un proceso que se basa brevemente en: tomar un mililitro de una muestra y depositarlo usando para ello una pipeta en un tubo conteniendo 9 ml de una solución estéril, después de lo cual se lleva al vortex por 10 segundos, posterior a esto, 1 ml de este tubo se remueve y se introduce en un segundo tubo conteniendo también 9 ml de solución estéril. Este procedimiento se repitió hasta que la muestra estuviera diluida adecuadamente.
- Para realizar la siembra en los medios de cultivos se colocó las cajas Petri con agar para *E coli*, mohos y levaduras sobre una superficie plana y nivelada, se levantó la tapa
- superior y se agregó 1ml de la disolución preparada de 10^{-3} con ayuda de una
- micropipeta en el centro de la caja Petri, se bajó la tapa superior, se distribuyó la muestra de manera uniforme agitando la caja Petri en sentido horario.
- Se incubo las cajas a $22-25^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas en posición horizontal, en pilas de no
- más de 3 placas. Se realizo el conteo de los resultados pasado el lapso correspondiente que fueron 48 horas después de haber realizado la siembra.
- Para el conteo, se escogió las placas que presentaron colonias, para ello se colocaron la
- placa Petri invertida con la superficie de vidrio hacia arriba, con un contó metro manual.

Fórmulas para conteo de UFC

$$\text{No. Colonias} = (\text{CA} + \text{CM} + \text{CB} / 3) * 65$$

Donde:

CA= cuadrante A

CM= cuadrante M

CB= cuadrante B

UFC/ml o UFC/g = No. de colonias por placa X el factor de dilución / ml de la muestra sembrada

3.6.7. *Análisis sensorial*

Se midió la aceptabilidad del yogur aplicado el colorante en los consumidores para cada tratamiento al (0,2,4,6) % mediante una evaluación sensorial considerando 4 parámetros (1: Malo, 2: Bueno, 3: Muy Bueno, 4: Excelente) a los cuales se les asignó una puntuación de 1 a 4 respectivamente, la evaluación sensorial se aplicó a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Agroindustrias.

Se llevó a cabo la introducción respectiva sobre la experimentación y se procedió a repartir un vaso de agua como borrador universal por cada evaluador acompañado de 4 vasos con las muestras individuales respectivas se da un tiempo de 10 minutos para la evaluación del producto y se procede a retirar las hojas de evaluación.

Tabla 5-3: Escala hedónica

ANÁLISIS	VALORACIÓN
Apariencia	4 puntos
Sabor	4 puntos
Color	4 puntos
Olor	4 puntos

Realizado por: Sangoquisá, D, 2023.

3.6.8. *Análisis Económico*

Beneficio / costo para determinar la rentabilidad del producto

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{ingresos totales}}{\text{egresos totales}}$$

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis Físicoquímico del extracto de colorante de pitahaya

Tabla 1-4: Análisis físicoquímico del extracto del colorante de pitahaya

EXTRACTO DEL COLORANTE	
Parámetro	Resultado
Densidad (g/ml)	1,0978
pH	4,9
Solubilidad	Soluble

Realizado por: Sangoquisa, Diego, 2023.

4.1.2. Densidad

En la tabla 1-4, la densidad del colorante extraído de la cáscara de pitahaya fue de 1,0978 g/ml el cual es mayor al mencionado por (Ordóñez & Saavedra, 2016, p. 95) que en su investigación sobre la extracción del colorante de la flor de Jamaica reportaron una densidad de 1.0123 g/ml y al obtenido por (Llamuca, 2018, p. 57) con una de densidad de 0.9890 g/ml en colorante de mora. Esto posiblemente se deba al diferente contenido de betalaínas presentes en la cascara de pitahaya, flor de Jamaica y mora como lo reporta (Montesinos et al, 2015 citado en Rivas & Tomalá, 2018, p. 32) quienes señalan que la pitahaya roja contiene un porcentaje alto de betalaínas.

4.1.3. pH

El pH del colorante extraído de la cáscara de pitahaya presento un valor de pH de 4,9 como lo señala la tabla 1-4. El valor obtenido coincide al reportado por (Ortiz, 2020, p. 51) que en el colorante de la pitahaya amarilla obtenido por el método de liofilización presentó un pH de 5,26.

De manera general se puede evidenciar que el pH del colorante de materia seca o deshidratada tienden a ser más ácidos que los de materia fresca. Según (Llamuca, 2018, p. 55). En su investigación menciona que el resultado de la deshidratación de la materia prima concentra y conserva sus componentes, mientras que en el caso de los colorantes de materia fresca, sus pH tienden a ser débilmente ácidos, debido la cantidad de agua que contienen ocasionan una hidrólisis de la molécula de antocianina reduciendo la acidez y la intensidad del color.

4.1.4. Solubilidad

En la tabla 1-4, la solubilidad constituye un parámetro indispensable para que un colorante pueda aplicarse a un alimento, para evaluar este parámetro físico se aplicó en unos vasos de precipitación 50 ml de agua destilada y sobre este 1 ml de colorante obtenido seguidamente se procedió a una agitación durante 2 minutos y se observó su solubilidad, al igual se realizó con el yogur 50 ml donde se adicionó 1 ml de pigmento se mezcló por 2 minutos donde se pudo observar una excelente solubilidad del producto, sin presencia de grumos en las dos soluciones.

4.2. Análisis Físicoquímico del yogurt con diferentes niveles de colorante de la cáscara de pitahaya.

Tabla 2-4: Análisis físicoquímico del yogurt.

Parámetros	Niveles de colorante de cáscara de pitahaya aplicado al yogurt				E.E.	p-valor	Sing.
	T0 (0%)	T1 (2%)	T2 (4%)	T3 (6%)			
Proteína	0,62 d	0,98 c	1,18 b	1,47 a	0,05	<0,0001	**
Grasa	2,13 a	2,15 a	2,15 a	2,18 a	0,03	0,6445	Ns
pH	4,15 a	4,15 a	4,15 a	4,17 a	0,01	0,4837	Ns

T: Tratamiento

E.E: Error Experimental.

Prob: Probabilidad

Sig: Significancia

Prob: <0,05: Existen diferencias estadísticas

Prob: >0,05: No existen diferencias estadísticas

Prob: <0,01: Existen diferencias altamente significativas

Realizado por: Sangoquisá, Diego, 2023.

4.2.1. Proteína

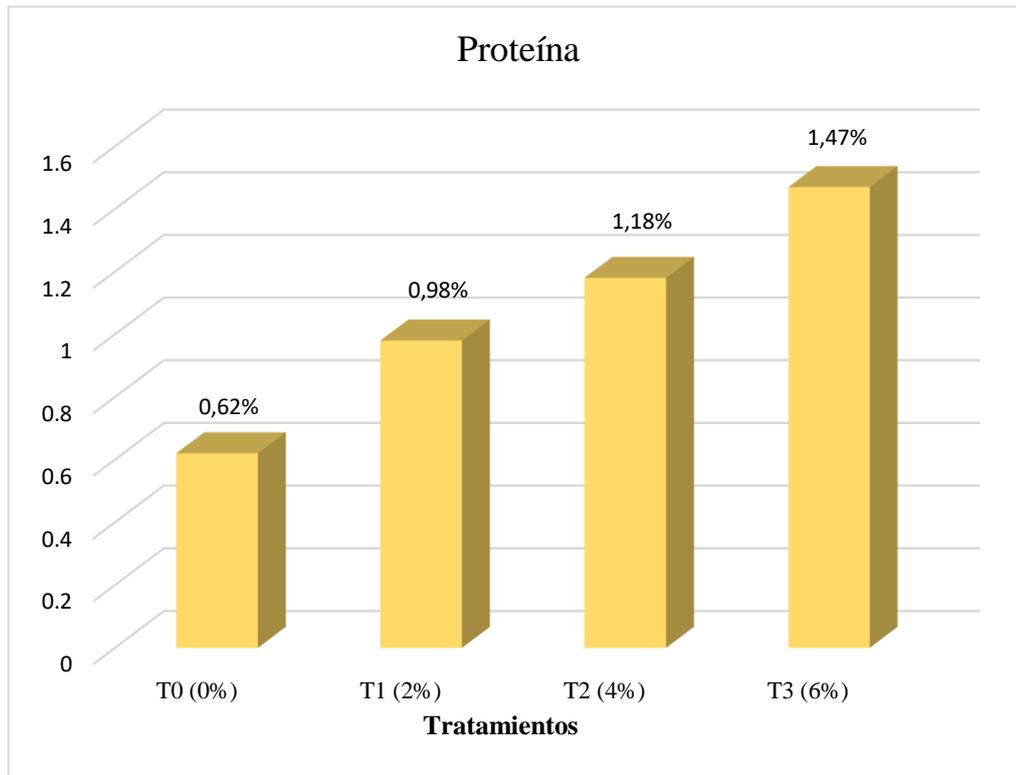


Gráfico 1-4: Contenido de proteína del yogurt, aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya.

Realizado por: Sangoquis, Diego, 2023.

La proteína del yogurt presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). Donde se puede observar en el Gráfico 1-4, que a medida que incrementa el contenido de proteína desde el tratamiento T0, presentando un valor de 0,62% siendo este de menor valor hasta el tratamiento T3 dándonos un porcentaje de 1,47% siendo el más alto, mientras que en los tratamientos con el T1 y T2 presentaron valores de (0,98 y 1,18) %, esto se debe a que la cáscara de la pitahaya contiene proteína como lo menciona (Hinojosa, 2019 pág. 2) en un estudio realizado sobre la química proximal de la cáscara fresca de pitahaya presentó un valor de (8.70 g / 100 m.s.) de proteína. (Ruiz & Cerna, 2020, p. 5) menciona en un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de la pitahaya pulpa blanca y piel rosa, donde presentó un valor de proteína de 0.5g por cada 100 g de residuo o desecho de la cáscara de la pitahaya roja.

4.2.2. Grasa

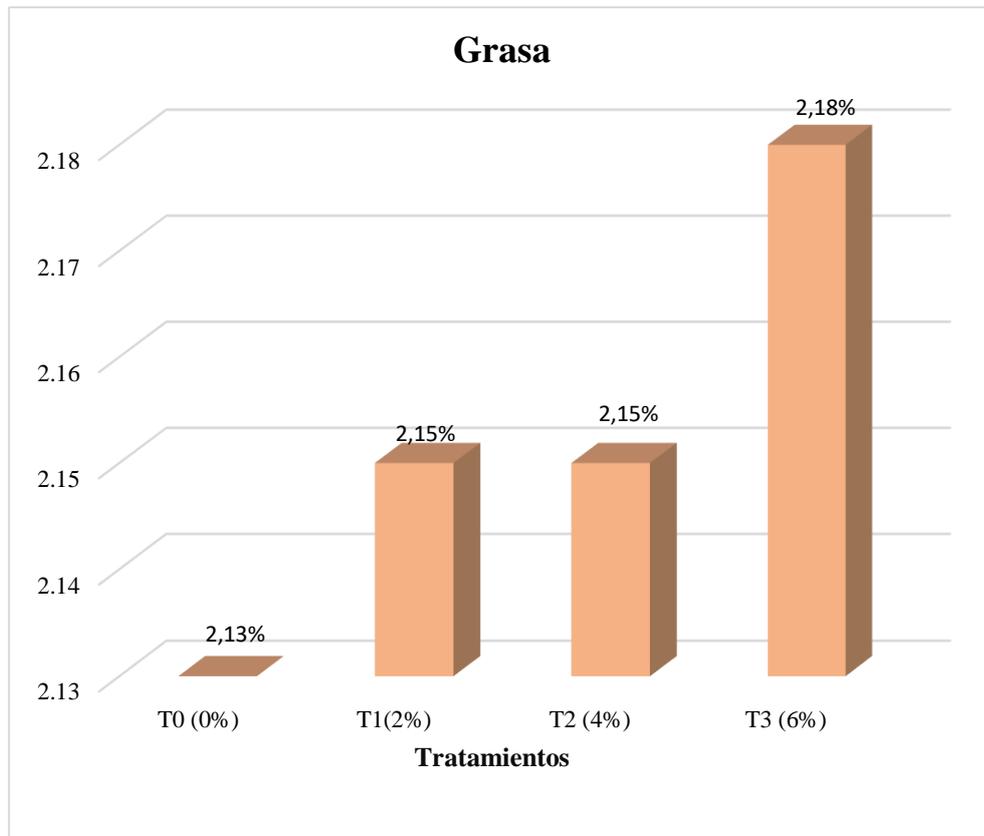


Gráfico 4-4: Contenido de grasa del yogurt, aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya.

Realizado por: Sangoquisa, Diego, 2023.

La grasa del yogurt no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) como lo indica la tabla 2-4, sin embargo, numéricamente el nivel más alto de grasa se obtuvo al aplicar el tratamiento T3 del colorante obtenido de la cáscara de la pitahaya con 2,18% siendo el más alto y el tratamiento con el T0 obtuvo un valor de 2,13% siendo el más bajo, mientras que en los tratamientos con el T1 y T2 presentaron valores de 2,15%.

Según (Vivar, 2019 pág. 2) menciona en un estudio sobre la composición química proximal de la cáscara, donde presenta un valor de (0,94 / 100 g m.s).

(Viñamahua M. y Sanchez R., 2005, pp. 47-63) en su investigación menciona que el porcentaje de grasa de la cáscara de la pitahaya es de (0,5 / 100 g m.s), lo cual aporta un cierto porcentaje de grasa al yogurt al aplicarlo el 6% del colorante natural de pitahaya.

4.2.3. pH

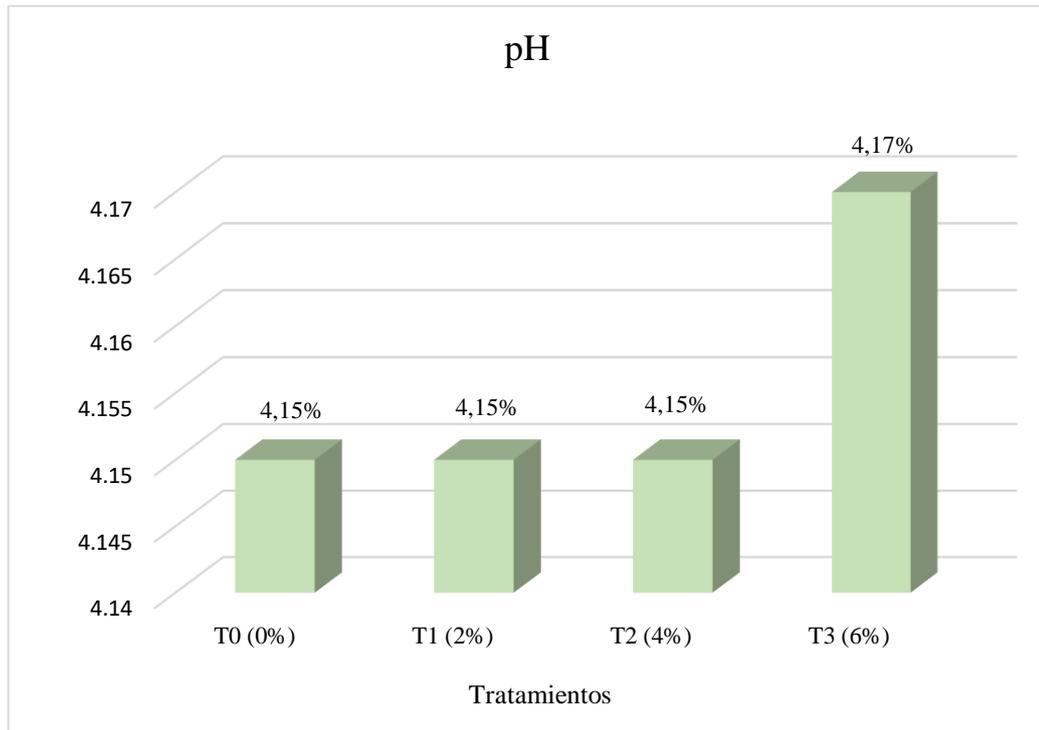


Gráfico 5-4: pH del yogurt aplicado el colorante de la cáscara de pitahaya.

Realizado por: Sangoquisa, Diego, 2023.

En la tabla 3-4, el pH del yogurt aplicado el colorante extraído de la cáscara de pitahaya no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) por lo que en el tratamiento T3 de colorante se obtuvo un valor de 4,17 %, siendo el más alto mientras que en los tratamientos T0, T1 y T2 presentaron valores de 4,15%.

Por lo tanto, se demuestra que los niveles de colorante no interfieren en el pH del yogurt. Según la normativa NTE INEN 2608:2012 para bebida de leche fermentada establece un rango de (3,9 a 4,5) pH donde se puede observar en la tabla 3-4, que el pH se encuentra dentro de la categoría establecido por la normativa técnica ecuatoriana.

4.3. Análisis microbiológico del yogur aplicado el colorante

Tabla 3-4: Resultados de los requisitos microbiológicos del yogurt aplicado el colorante.

Parámetros	Niveles de colorante aplicado al yogur			
	0%	2%	4%	6%
<i>Escherichia coli</i> UFC/g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Mohos y levaduras</i> UFC/g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Sangoquisa, Diego, 2023.

Mediante el análisis microbiológico el yogurt con el colorante extraído de la cáscara de pitahaya presento ausencia de *Escherichia coli* y *Mohos y levaduras* como señala la tabla 3-4 cumpliendo con lo establecido por la normativa NTE INEN 2395:2011 donde el nivel aceptable de calidad del yogurt es ausencia, en el caso de *Escherichia coli* y en cuanto al recuento de mohos y levaduras un mínimo de 200 UFC/g a 500 UFC/g.

4.4. Análisis sensorial del yogurt adicionado el colorante

Tabla 4-4: Valoraciones del análisis sensorial en el que se aplicó diferentes porcentajes de colorante al yogurt.

Atributos	Valoración sensorial de colorante de pitahaya aplicado en yogurt			
	0%	2%	4%	6%
Color	2,31	2,54	2,59	3,48
	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Olor	2,33	2,56	2,64	3,21
	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sabor	2,36	2,59	2,80	3,38
	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Apariencia	2,38	2,43	2,61	3,42
	Regular	Regular	Bueno	Bueno

Fuente: Sangoquisa, Diego, 2023.

4.4.1. Color

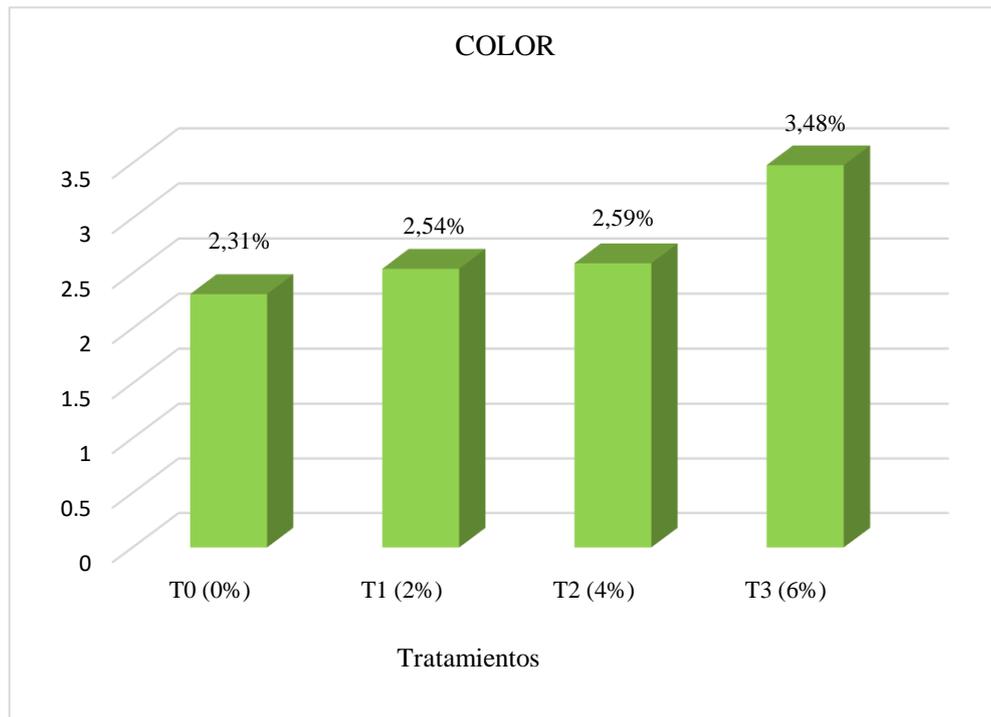


Gráfico 8-4: Parámetro color en los 4 tratamientos.

Realizado por: Sangoquis, D, 2023.

Como se observa en el gráfico 4-4. En cuanto al parámetro de color, según los niveles de colorante de la cáscara de pitahaya el mejor resultado se obtuvo al utilizar el tratamiento T3 de pigmento alcanzando una calificación de 3,48% lo que implica que color del producto gusto a los evaluadores. Sin embargo, los tratamientos están dentro de la categoría de (bueno), al igual que en los tratamientos con el T1 y T2 se obtuvo valores de (2,54 y 2,59) %, lo que en la escala hedónica hace referencia a bueno, resultados arrojados en el análisis sensorial del yogur con la adición de diferentes niveles tratamientos de colorante natural.

4.4.2. Olor

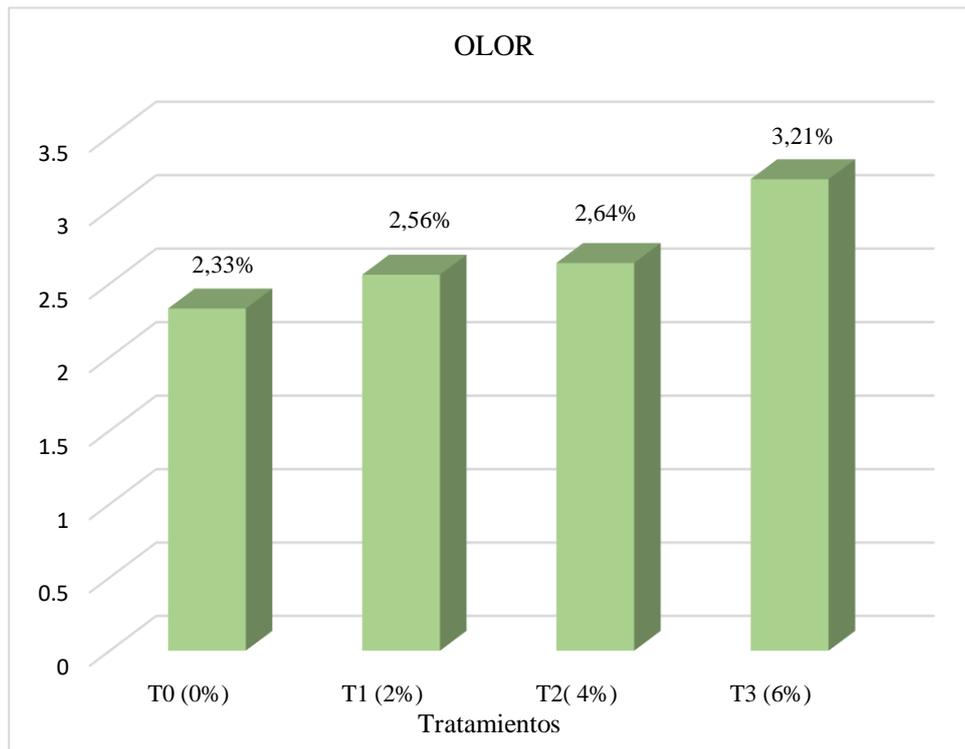


Gráfico 11-4: Parámetro olor en los 4 tratamientos.

Realizado por: Sangoquisá, D, 2023.

Como se observa en el gráfico 5-4. En cuanto al parámetro de olor, según los niveles de colorante de la cáscara de pitahaya el mejor resultado se obtuvo al utilizar el tratamiento T3 de pigmento alcanzando una calificación de 3,21% lo que implica que el olor del producto les gustó a los evaluadores. Sin embargo, los tratamientos están dentro de la categoría de (bueno), al igual que en los tratamientos con el T1 y T2 dándonos un resultado de (2,56 y 2,64) % lo que en la escala hedónica hace referencia a bueno, resultados arrojados en el análisis sensorial del yogur con la adición de diferentes tratamientos de colorante natural.

4.4.3. Sabor

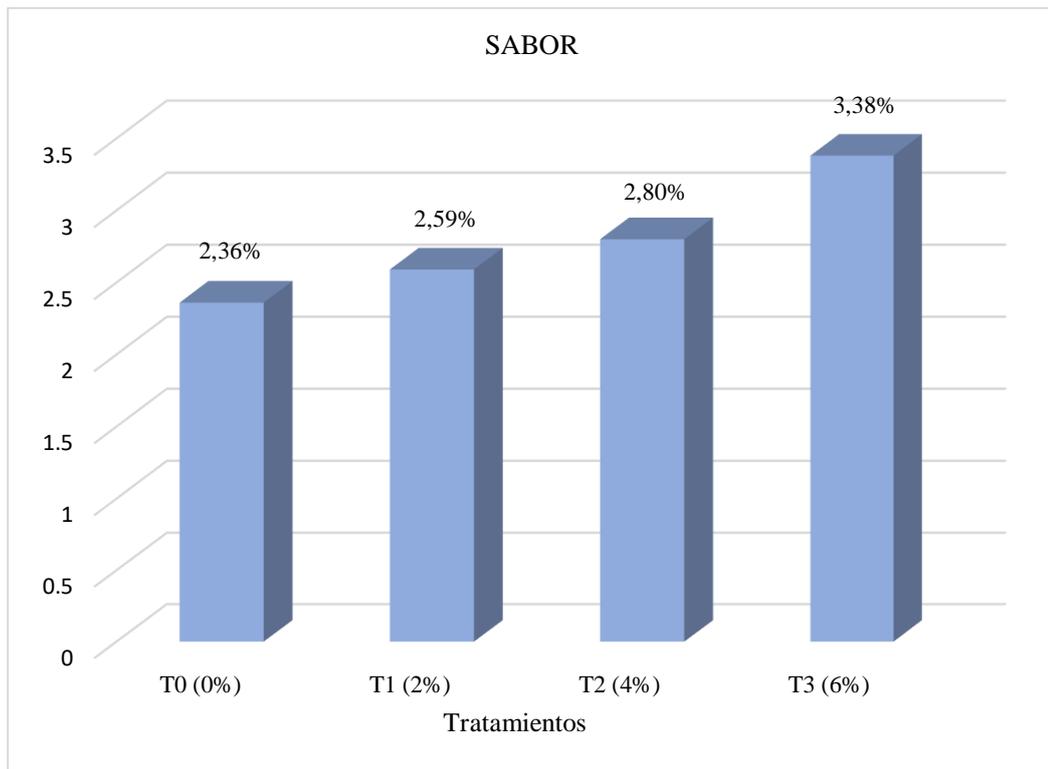


Gráfico 14-4: Parámetro sabor en los 4 tratamientos.

Realizado por: Sangoquisá, D, 2023.

Como se observa en el gráfico 6-4. En cuanto al parámetro de sabor, según los niveles de colorante de la cáscara de pitahaya el mejor resultado se obtuvo al utilizar el tratamiento T3 de pigmento alcanzando una calificación de 3,38 % lo que implica que el sabor del yogur les gusto a los evaluadores. Sin embargo, los tratamientos están dentro de la categoría de (bueno), al igual que en los tratamientos con el T1 y T2 se obtuvo valores de (2,59 y 2,80) % lo que en la escala hedónica hace referencia a bueno, resultados arrojados en el análisis sensorial del yogur con la adición de diferentes tratamientos de colorante natural de pitahaya.

4.4.4. Apariencia

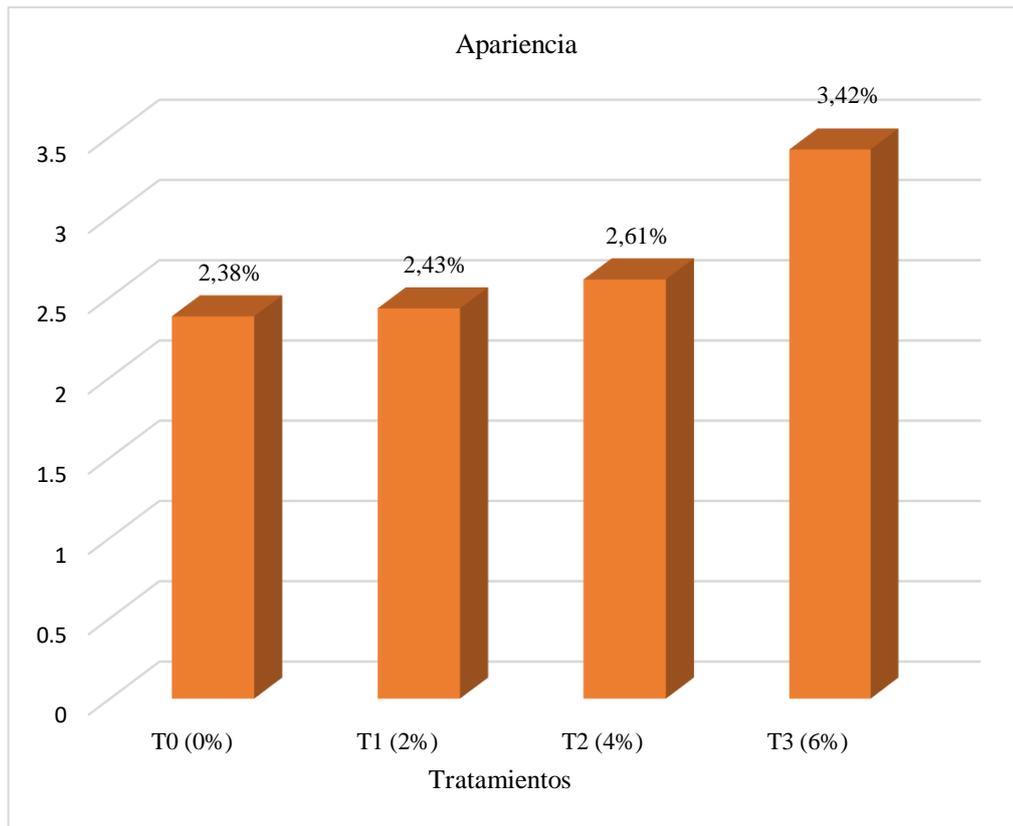


Gráfico 15-4: Parámetro apariencia en los 4 tratamientos.

Realizado por: Sangoquis, D, 2023.

Como se observa en el gráfico 7-4. En cuanto al parámetro de apariencia, según los niveles de colorante de la cáscara de pitahaya el mejor resultado se obtuvo al utilizar el tratamiento T3 alcanzando una calificación de 3,42 % lo que implica que la apariencia del yogur les gusto a los evaluadores. Sin embargo, los tratamientos están dentro de la categoría de (bueno), los tratamientos con el T1 y T2 se obtuvo valores de (2,43 y 2,61) % lo que en la escala hedónica hace referencia a bueno, resultados arrojados en el análisis sensorial del yogur con la adición de diferentes tratamientos de colorante natural.

4.5. Evaluación de los costos de producción

De acuerdo con el análisis económico en la tabla 5-4, del colorante natural de la cáscara de pitahaya, se encontró que los costos de producción por gramo, considerando que en el tratamiento 2, donde se aplicó el 2% del colorante se obtiene una ganancia mínima, mediante el cual se alcanza un beneficio/ costo 1,13 \$ que representa que por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 0.13 centavos, en el tratamiento 3, no se tiene una rentabilidad del producto.

Tabla 5-4: Evaluación económica del colorante natural

Concepto	Niveles de Colorante			
	T0 (0%)	T1 (2%)	T2 (4%)	T3(6%)
Yogurt	0,6	0,6	0,6	0,6
Colorante	0	0,25	0,35	0,5
Envases	0,24	0,24	0,24	0,24
Agua	0,31	0,31	0,31	0,31
Alcohol etílico	0,25	0,25	0,05	0,25
Total, Egresos (\$)	1,4	1,65	1,55	1,9
Cantidad (ml)	600	606	612	618
Costo prod. / unidad bebida (200ml)	0,47	0,54	0,51	0,61
Precio de venta, dólares/unidad (200ml)	0,95	0,95	0,95	0,95
Ingresos (\$)	0,48	0,57	0,57	0,57
Beneficio/Costo	1,03	1,05	1,13	0,93

Fuente: Sangoquisa, Diego, 2023.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Luego de la obtención del extracto de colorante natural de la cáscara de la pitahaya roja de la especie *Hylocereus undatus*, se realizó el análisis de la densidad y pH donde se obtuvo un colorante rojo cereza de alta densidad debido al gran aprovechamiento de betalaínas y al bajo nivel de pH en el extracto.
- Se determinó la solubilidad del colorante en yogur natural obteniéndose los mejores resultados al utilizar el 6% de pigmento donde se obtuvo una mejor coloración en el producto mostrando que a medida que incrementa el nivel de colorante natural de la cáscara de pitahaya roja mejora la solubilidad de este.
- Se analizó las características fisicoquímicas del yogur con las diferentes concentraciones del colorante al (0, 2, 4, 6) % cumpliendo con lo establecido por la normativa NTE INEN 2395:2011 para leches fermentadas donde los niveles no influyeron estadísticamente en los componentes fisicoquímicos de grasa y pH del yogur, sin embargo, hubo diferencias significativas en el contenido de proteína mostrando que a medida que aumenta el nivel de colorante de cascara de pitahaya roja incrementa el nivel de proteína con el tratamiento 3 como el mejor resultado.
- De acuerdo con al conteo microbiológico del yogur los tratamientos presentaron ausencia de *Escherichia coli*, *Mohos* y *levaduras* cumpliendo con la norma técnica NTE INEN 2395:2011 para leches fermentadas y en la evaluación sensorial en el tratamiento 3 se obtuvo una mejor aceptación con una calificación de 4 (bueno) el cual es agradable para el consumidor.
- Según el estudio económico en el tratamiento 1, aplicado el 2% del colorante, se obtuvo una ganancia de 0.5 centavos por cada dólar invertido, sin embargo, el mejor tratamiento en base a las pruebas sensoriales y fisicoquímicas fue el tratamiento 3, con el 6% de pigmento.

RECOMENDACIONES

- Incentivar más investigaciones sobre el uso de la cáscara de la pitahaya para la utilización en posteriores aplicaciones como la industria cárnica, láctea y textil.
- Reemplazar pigmentos sintéticos por colorantes naturales, en las industrias lácteas con el fin de evitar complicaciones en la salud que a largo plazo conllevan a ciertas enfermedades.
- Usar extractos de la cáscara de otras frutas con alto contenido de pigmentos rojos y amarillos con la finalidad de aprovechar los desperdicios o subproductos generados por grandes industrias dedicadas a la elaboración de bebidas, pulpas o néctares.
- Se recomienda utilizar porcentajes del 6% para la elaboración de yogures, donde se obtiene mayores concentraciones del colorante natural.

BIBLIOGRAFÍA

BARBOSA, G. *Deshidratación de alimentos* [en línea]. Zaragoza-España: Acribia. 2000. ISBN 978-84-200-0918-6. [Consulta: 8 septiembre 2022]. Disponible en: https://www.editorialacribia.com/libro/deshidratacion-de-alimentos_54064/.

BRITO, H. *Texto Básico de Operaciones Unitarias III*. 1. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2001. p. 30. [Consulta: 8 septiembre 2022].

CERVANTES, M. & HUICAB-, J. "Obtención de un colorante natural a partir de la pitahaya (*Hylocereus undatus* haworth, britton y rose) de la región sur del estado de Campeche". *Mexican journal of biotechnology* [en línea], 2017, (México) 2(2), pp. 65-73. [Consulta: 15 noviembre 2022]. ISSN 24486590. Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/38ce56_7607f0884b9b47a282d95a1912ed751f.pdf.

CEVALLOS, J. & GERRERO, J. Extracción y caracterización de colorante natural a partir de la borra de café (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química. (Guayaquil - Ecuador). 2017. pp.12-20. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18241/1/401-1223%20-%20Extracci%20y%20caracterizaci%20de%20colorante%20natural%20a%20partir%20de%20la%20borra%20de%20caf%20a9.pdf>.

CHALA, W. & PALACIOS, J. "Extracción artesanal decolorantes naturales, una alternativa de aprovechamiento de la diversidad biológica del choco, Colombia". *Acta Biológica Colombiana* [en línea], 2003. (Colombia) 8(2), pp. 4. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/EXTRACCION_ARTESANAL_DECOLORANTES_NATURA.pdf.

CHINO, Y. Composición Química y Efecto Terapéutico de Pitahaya (*hylocereus undatus*) Arequipa-2020 (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad Privada Autónoma del Sur, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica. (Arequipa - Perú). 2020. pp. 19-20. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upads.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UPADS/149/CHINO%20HUILLLCA%20YANET%20-%20bach..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

COLINA, M. *Deshidratación de alimentos* [en línea]. Iztapalapa-México: Trillas. 2010. ISBN 978-607-17-0401-6. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/LIOFILIZACI%20Juan%20Sebasti%20Ram%20Navas.pdf>.

CORRALES, J. *Caracterización postcosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas* [en línea]. Chapingo - México: CIESTAAM. ISBN 978-968-884-890-5. 2002.

[Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: [file:///C:/Users/Diego/Downloads/Caracterizacinpostcosechaaprovechamientoeindustrializacind epitayasypitahayas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Diego/Downloads/Caracterizacinpostcosechaaprovechamientoeindustrializacind epitayasypitahayas%20(1).pdf).

DOMÍNGUEZ, E. Evaluación de la calidad en frutos de pitahaya (*hylocereus undatus haw*) en tres estados de madurez en la zona de cerecita, provincia del guayas (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad agraria del ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de ingeniería Agronómica. (Guayaquil-Ecuador). 2017. p. 22. [Consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DOMINGUEZ%20DOMINGUEZ.pdf>.

ESQUIVEL, P. & QUESADA, A. "Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus sp.*) y su potencial de uso en la industria alimentaria". *Asociación RVCTA* [en línea], 2012, (Costa Rica) 1(1), pp. 5-8. [Consulta: 6 abril 2022]. ISSN 2218-4384. Disponible en: <https://oaji.net/articles/2017/4924-1495374112.pdf>.

GAGÑAY, L. Efecto de diferentes niveles de stevia rebaudiana como edulcorante en la elaboración de yogurt tipo II (Trabajo de titulación). [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Industrias Pecuarias. (Riobamba-Ecuador). 2010. p. 24. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/822/1/27T0154.pdf>.

JIMENEZ, J. & VARGAS, D. Proyecto de factibilidad para la creación de una Empresa Productora y Comercializadora de Yogurt de Pitahaya en la provincia de Chimborazo, ciudad Riobamba (Trabajo de titulación). [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de pEmpresas, Ingeniería Financiera y Comercio Exterior (Riobamba- Ecuador). 2012. p. 22. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10653/1/52T00260.pdf>.

LLAMUCA, A. Extracción de colorantes naturales de jamaica (*hibiscus sabdariffa*), mora andina (*rubus glaucus*) y uva (*vitis vinifera*) para el uso en la industria de alimentos .. [en línea]. Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica Farmacéutica (Riobamba-Ecuador). 2018. pp. 27-57. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8904/1/56T00794.pdf>.

MARCANO, D. *Introducción a la Química de los Colorantes* [en línea]. 2 Caracas - Venezuela: ACFIMAN. 2018. ISBN 978-980-6195-59-2. [Consulta: 8 enero 2023]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>.

MOLINA, D. & VÁSCONEZ, J. "Producción y Exportación de la fruta Pitahaya hacia el mercado europeo". *DSPACE en ESPOL* [en línea], 2019, (Ecuador) 1(1), p. 3. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6307/1/Produccion%20y%20Exportacion%20de%20la%20fruta%20Pitahaya%20hacia%20el%20mercado%20Europeo.pdf>.

MONTESINOS, J. & RODRÍGUEZI, L. "Pitahaya (*hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano". *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2015, (México) 36(5), pp. 5-32. [Consulta: 10 agosto 2022]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr07s115.pdf>.

MUÑOZ, E. Obtención de pulpa de frambuesa liofilizada y aplicación en yogur como colorante y saborizante natural (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química (Santiago-Chile). 2012. p. 22. [Consulta: 16 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130233/Obtencion-de-pulpa-de-frambuesa-liofilizada-y-aplicacion-en-yogur-como-colorante.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

NERD, A. & MIZRAHI, Y. *The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya*. [en línea]. 2. United States: Elsevier ISSN 0925-5214. 1999. p. 22. [Consulta: 18 septiembre 2022]. Disponible en: <https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?publisherName=ELS&contentID=S0925521498000805&orderBeanReset=true>

OCAMPO, A. & RODRIGUEZ, A. Extracción de un colorante natural a partir de la cascara de la pitahaya (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Química en Alimentos (México). 1995. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ppt1997/0224674/0224674.pdf>.

ORDÓÑEZ, I. & SAAVEDRA, R. Extracción y uso del Colorante Natural de la Flor de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) como alternativa para la elaboración de salchicha y yogur (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, (Cuenca-Ecuador). 2016. p. 95. [consulta: 31 enero 2023]. Disponible en: <https://1library.co/document/ydvk5r1y-extraccion-colorantes-natural-hibiscus-sabdariffa-alternativa-elaboracion-salchicha.html>.

ORREGO, C. *Congelación y liofilización de alimentos* [en línea]. 1. Manizales-Colombia: Matiz. 2008. p. 57. [Consulta: 26 noviembre 2022]. ISBN 978-958-44-4436-3. Disponible en: https://www.academia.edu/13425724/CONGELACION_Y_LIOFILIZACION_DE_ALIMENTOS.

QUIZHPE, E. Colorante orgánico para teñido en fibras de algodón (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad central del ecuador, facultad de ingeniería química, carrera de ingeniería química (Quito-Ecuador). 2016. pp. 16-22. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7187/1/T-UCE-0017-0033-2016.pdf>.

RAMIREZ, J. *Liofilización de alimentos* [en línea]. 2. Cali-Colombia: ReCiTeIA, 2006. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/66871539-Liofilizacion-juan-sebastian-ramirez-navas.html>.

RAMOS, B. Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L ssp *Vulgaris* var *crassa*) para teñido de fibra de ovino (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química, Ingeniería Química (Puno-Perú). 2020. pp. 15-54. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/q2noeo2q-obtencion-colorante-natural-remolacha-forrajera-vulgaris-vulgaris-tenido.html>.

RIVAS, Y. & TOMALÁ, Y. Estabilidad de betanina en extracto acuoso y etanólico en cáscaras de pitahaya roja (*hylocereus undatus* haw) (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera Química y Farmacia (Guayaquil-Ecuador). 2018. p. 32. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28415/1/BCIEQ-T-0273%20Rivas%20Serrano%20Yaritza%20del%20Pilar%3B%20Tomal%3A%20Pihuave%20Yuly%20Lisseth.pdf>.

RUIZ, A. & CERNA, J. "Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2020, (Perú) 11(3), p. 5. [Consulta: 2 febrero 2023]. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2020.03.16. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172020000300439&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

SAN JUAN LAURA. *Pitaya: la fruta exótica que deberías añadir a tu dieta.* [Blog]. España: AS.com. 26 de octubre 2020. [Consulta: 14 septiembre 2022]. Disponible en: https://as.com/deporteyvida/2020/10/26/portada/1603707256_664615.html.

SANCHEZ, J. "La química del color en los alimentos". *Universidad de Buenos Aires Argentina* [en línea], 2013 (Argentina) 12(3), pp. 14. [Consulta: 4 octubre 2022]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.

VARGAS, F. Extracción de pectina a partir de las cáscaras de dos variedades de pitahayas (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química (Quito-Ecuador). 2019. pp. 27-28. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19812/1/T-UCE-0008-CQU-177.pdf>.

ZUMBADO, H. *Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos* [en línea]. Luz María Rodríguez Cabral. La Habana - Cuba: Universitaria ISBN 978-959-16-0253-4. 2020. [Consulta: 8 enero 2023]. Disponible en: [file:///C:/Users/Diego/Downloads/AnalisisquimicodelosalimentosZumbadoFernandezHector%200\(1\).pdf](file:///C:/Users/Diego/Downloads/AnalisisquimicodelosalimentosZumbadoFernandezHector%200(1).pdf).


D. R. A.
Ing. J. Ángel Castillo



ANEXOS

ANEXO A: ADECUACIÓN DE DESHIDRATACIÓN DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA

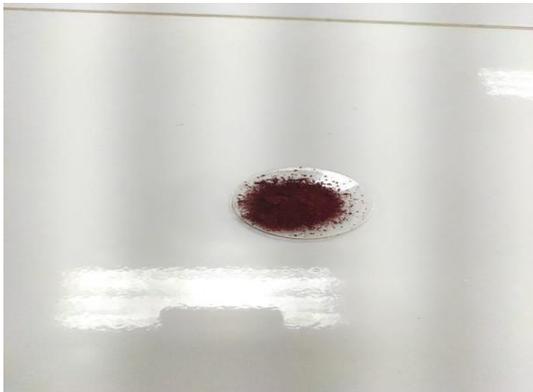


ANEXO C: ENSAYOS PRELIMINARES CONCENTRACIONES DE ALCOHOL ETÍLICO



ANEXO D: OBTENCIÓN DEL COLORANTE NATURAL





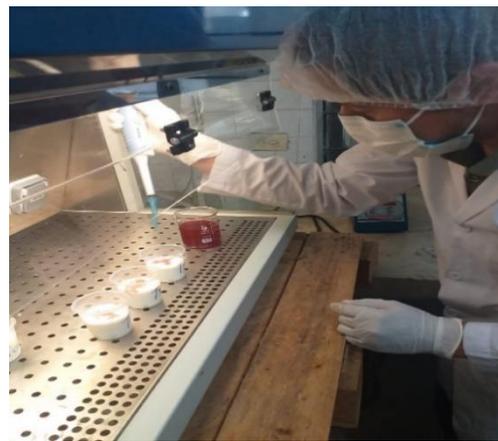
ANEXO E: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL COLORANTE



ANEXO F: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL YOGUR



ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL YOGURT APLICADO EL



ANEXO H: ANÁLISIS SENSORIAL DE YOGURT APLICADO EL COLORANTE





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Diego Fernando Sangoquis Hinojosa
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Ingeniería en Industrias Pecuarias
Título a optar: Ingeniero en Industrias Pecuarias
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



Ing. Cristhian Fernando Castillo

0784-DBRA-UTP-2023