



ITCA
FEPADE

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

EXTRACCIÓN DE COLORANTES ORGÁNICOS A PARTIR DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS, FLOR DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA*) Y PITAHAYA (*HYLOCEREUS SPP.*) PARA LA APLICACIÓN EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN E
INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS,
CEICA**

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL

INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2025



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





ITCA
FEPADE

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

EXTRACCIÓN DE COLORANTES ORGÁNICOS A PARTIR DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS, FLOR DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA*) Y PITAHAYA (*HYLOCEREUS SPP.*) PARA LA APLICACIÓN EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN E
INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS,
CEICA**

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL
INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2025



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Rector

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrector

Ing. Christian Antonio Guevara Orantes

**Director de Investigación
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez

Téc. Cristina Michellé Vásquez Hernández

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

Directora de Escuela de Ingeniería Química

Licda. Cecilia Elizabeth Reyes de Cabrales

664.062

G216e

slv

García Barrera, Alma Verónica 1979 -

Extracción de colorantes orgánicos a partir de estructuras vegetativas, flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y Pitahaya (*Hylocereus spp.*), para la aplicación en productos alimenticios. En Asocio con el Centro de Educación e Investigación en Ciencias Aplicadas CEICA / Alma Verónica, García Barrera. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv.: ITCA Editores, 2025. 70 p.: il.; 28 cm.

ISBN: 978-99983-69-55-9 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-56-6 (E-Book, pdf)

1. Colorantes en los alimentos – Flor de Jamaica.
2. Colorantes en los alimentos – Pitahaya.
3. Tecnología de los Alimentos.
4. Colorantes Naturales. I. Título.

Autora

Inga. Alma Verónica García Barrera

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2025

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América
Sitio Web. www.itca.edu.sv
TEL. (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	8
2.3.	JUSTIFICACIÓN	8
3.	OBJETIVOS.....	9
3.1.	OBJETIVO GENERAL	9
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.	HIPÓTESIS.....	9
5.	MARCO TEÓRICO	9
5.1.	ADITIVOS ALIMENTARIOS.....	9
5.2.	PITAHAYA	11
5.3.	FLOR DE JAMAICA.....	14
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	16
6.1.	METODOLOGÍA.....	16
6.2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	17
6.3.	FASE DE LABORATORIO.....	17
6.4.	TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
6.5.	EXTRACCIÓN DEL COLORANTE DE LA PITAHAYA.....	18
6.6.	APLICACIÓN DEL COLORANTE DE LA PITAHAYA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.....	19
	FORMULACIONES DE YOGUR CON COLORANTE DE PITAHAYA	19
	FORMULACIONES DE SORBETE CON COLORANTE DE PITAHAYA.	24
	FORMULACIONES DE CURTIDO DE CEBOLLA CON COLORANTE DE PITAHAYA.....	25
6.7.	EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE FLORES DE ROSA DE JAMAICA	27
6.8.	APLICACIÓN DE COLORANTE EXTRAÍDO DE LA FLOR DE JAMAICA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.	32
	FORMULACIONES DE YOGUR CON COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA.....	32
	FORMULACIÓN DE BIZCOCHO ESPONJOSO CON COLORANTE DE ROSA DE JAMAICA.	33
	FORMULACIÓN DE ESPUMILLAS CON COLORANTE DE ROSA DE JAMAICA.	34
	FORMULACIÓN DE CREMA PASTELERA CON COLORANTE DE ROSA DE JAMAICA.	35
7.	RESULTADOS.....	35
	EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE LA PITAHAYA Y CARACTERIZACIÓN.....	35
7.1.	APLICACIÓN DE COLORANTE EN YOGUR	37
7.2.	APLICACIÓN DE COLORANTE EN SORBETE	43
7.3.	APLICACIÓN DE COLORANTE EN CURTIDO DE CEBOLLA.....	45
7.4.	EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE LA FLOR DE JAMAICA Y CARACTERIZACIÓN.....	46
7.5.	APLICACIÓN DEL COLORANTE DE LA FLOR DE JAMAICA EN YOGUR	51
7.6.	APLICACIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN BIZCOCHO ESPONJOSO.....	52
7.7.	APLICACIÓN DEL COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN ESPUMILLAS.....	54
7.8.	APLICACIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN CREMA PASTELERA	55
8.	CONCLUSIONES.....	56

9.	RECOMENDACIONES.....	57
10.	GLOSARIO	58
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
12.	ANEXOS	60
12.1.	ANEXO A. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE LA PULPA DE LA PITAHAYA.....	60
12.2.	ANEXO B. PROCESO GENERAL DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A PROTOTIPOS DE YOGUR	61
12.3.	ANEXO C. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A PROTOTIPOS DE SORBETE	62
12.4.	ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A ENCURTIDO DE CEBOLLA	63
12.5.	ANEXO E. PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA.....	64
12.6.	ANEXO F. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS A COLORANTE DE ROSA DE JAMAICA.	65
12.7.	ANEXO G. CÁLCULOS PARA PORCENTAJE DE MASA EXTRAÍDA DE LA LIXIVIACIÓN DE LA FLOR DE JAMAICA	66

1. INTRODUCCIÓN

Estudios recientes han demostrado que el consumo excesivo de colorantes artificiales está relacionado a padecimientos como alergias y otras afecciones para la salud, los consumidores cada vez más rechazan productos que contengan este tipo de sustancias.

Es por ello, que esta investigación busca aprovechar las propiedades químicas que se encuentran en componentes vegetales, como la flor de Jamaica y la Pitahaya, para la obtención de colorantes orgánicos y la aplicación de éstos en productos alimenticios, los metabolitos secundarios (betalainas y antocianinas) que se encuentran en este tipo de estructuras vegetativas son el objeto de estudio para esta investigación, estos pigmentos biológicos cumplen doble función al ser aplicados en alimentos, pues brindan color y aportan actividad antioxidante. Este estudio se enfoca en los métodos de extracción del colorante de la pulpa de la pitahaya y de la flor de Jamaica, así como la aplicación de los respectivos colorantes en productos alimenticios.

La fase de experimentación se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química, en el Laboratorio de pastelería de la Escuela de Tecnología de Alimentos de ITCA-FEPADE y en los Laboratorios de I+D en Alimentos y Procesos Químicos del CEICA-MINEDUCYT, donde se realizaron de manera conjunta el tratamiento y extracción de los colorantes de la pitahaya y flor de Jamaica; así como la aplicación de dichos colorantes orgánicos en las formulaciones de los productos alimenticios

Del colorante de la pitahaya se pudo comprobar que, de los dos métodos de extracción ensayados, los cuales fueron centrifugación y separación por columna empacada, el que reportó mejores resultados en cuanto a intensidad del color fue este último. El extracto fue analizado y tiene carácter ácido ($\text{pH}=3.64$). Además, se aplicó el colorante en la fabricación de alimentos como yogur, sorbete y encurtido de cebolla. De estas formulaciones se concluyó que el colorante no es estable a incrementos de temperatura ni a pH ácidos, pues se degrada totalmente.

Para extraer el colorante de la flor de Jamaica se empleó la lixiviación, el solvente utilizado fue retirado por medio de un rotoevaporador para concentrar la cantidad de pigmentos vegetales. Dicho colorante fue caracterizado por medio de pruebas fisicoquímicas reportando un contenido positivo de antocianinas y que rondan los 2,862.4 mg/L en concentración, además es de carácter ácido ($\text{pH} = 2.52$), más denso que el agua (densidad = 1.25 g/ml) y con 56 °Brix. El pigmento vegetal se incorporó en la formulación de los siguientes alimentos. yogur, bizcocho esponjoso, espumillas y crema pastelera. De estos prototipos se determinó que el colorante exhibe buena estabilidad a altas temperaturas y a pH s ácidos, pero es incompatible con ciertos ingredientes como la yema de huevo, esto es debido a sus diferencias de acidez.

Con base a los resultados obtenidos de los estudios de colorimetría en las diferentes formulaciones de alimentos que contenían el colorante de pitahaya se puede concluir que no es estable a temperaturas mayores a la del medio ambiente, aproximadamente 25 °C, ni a pH ácidos. Por cual, no se recomienda su adición en productos alimenticios que requieran calentamientos, incluso moderados, ni tampoco a alimentos de carácter ácido. Los mejores resultados se obtuvieron en el sorbete, pues este producto por sus características de elaboración y de almacenamiento no requiere de altas temperaturas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Estudios recientes han demostrado que el consumo excesivo de colorantes artificiales está relacionado a padecimientos como alergias y otras afecciones para la salud, los consumidores cada vez más rechazan productos que contengan este tipo de sustancias químicas.

Este proyecto se vincula con el ODS “Hambre Cero” ya que promueve la alimentación sana y nutritiva, así como el desarrollo de la investigación agrícola y desarrollo tecnológico en el área de alimentos.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Se utilizó la base de patentes Espacenet.com tomando en cuenta solo patentes de los últimos 20 años, los resultados más relevantes fueron.

CN209685661U. Elementos de extracción de pigmentos de fruta del dragón. El modelo de utilidad describe elementos de extracción de pigmentos de pitahaya que pertenecen al campo de los equipos de extracción, incluidos el pulverizador, la máquina de pretratamiento de emulsificación, el tanque de fermentación, el separador centrífugo, el dispositivo de filtra-do, el pulverizador y la cabina de secado al vacío.

CN103360785A. Pigmento natural extraído de la fruta del dragón, así como método de extracción y aplicación del mismo. La invención describe un pigmento natural extraído de la fruta del dragón, así como un método de extracción y su aplicación. El método comprende las siguientes etapas (1) preparar polvo seco de pitahaya y/o extracto crudo de pigmento; (2) envasar el polvo seco de pitahaya y/o el extracto crudo del pigmento en una bolsa de membrana semipermeable, para obtener el pigmento de fruta del dragón.

CN115553365A. Caramelo blando funcional capaz de mejorar el estreñimiento y método de preparación del mismo. La invención es adecuada para el campo técnico de los alimentos funcionales, y proporciona un dulce suave capaz de mejorar el estreñimiento, que comprende las siguientes materias primas en peso. la bebida que contiene alcohol de lactosa comprende cristales de lactitol, galactooligosacárido, un gel, un acidulante, un tónico y una esencia (extraída de la flor de Jamaica), en donde la proporción de masa de los cristales de lactitol al galactooligosacárido es (1,25-2).

2.3. JUSTIFICACIÓN

Los metabolitos secundarios, betalaínas y antocianinas, presentes en la flor de Jamaica y la Pitahaya son una excelente opción para la obtención de colorantes naturales debido a la cantidad (rendimiento de tinción), las propiedades químicas (antioxidantes) y la estabilidad que estos metabolitos presentan al ser aplicados en productos alimenticios.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Extraer colorantes naturales de estructuras vegetativas flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y pitahaya (*Hylocereus* spp.) para la utilización en productos alimenticios.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar fisicoquímicamente los extractos obtenidos (flor de Jamaica y Pitahaya) mediante pruebas de pH, grados brix y espectrofotometría UV - VIS.
2. Extraer el colorante de la flor de Jamaica y la cáscara Pitahaya por medio de procesos físicos (deshidratación, filtración, centrifugación, extracción por solvente).
3. Aplicar los colorantes obtenidos en productos alimenticios. sorbete, yogur, curtido de vegetales y productos de panadería.
4. Evaluar la estabilidad y eficacia de la aplicación de los colorantes obtenido por medio de estudios de colorimetría.

4. HIPÓTESIS

A partir de la flor de Jamaica y la Pitahaya es posible obtener colorantes que son aplicados en productos alimenticios.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ADITIVOS ALIMENTARIOS

Los aditivos alimentarios son sustancias o mezclas utilizadas intencionalmente en la producción, envasado y conservación de alimentos con el propósito de mejorar sus características organolépticas y facilitar el proceso de elaboración y conservación [1].

El uso de aditivos tiene como objetivo principal incrementar la aceptación comercial de los alimentos, presentándolos con un aspecto similar al que tendrían si no hubiesen sido manipulados. Estas sustancias son herramientas valiosas para la industria alimentaria, permitiendo mejorar la textura, color, olor y sabor de los productos.

Sin embargo, es fundamental destacar que su uso debe estar regulado de manera estricta para garantizar que no representen un riesgo para la salud y que no se utilicen de manera fraudulenta para ocultar deficiencias en las materias primas.

Diversas organizaciones a nivel internacional se encargan de la regulación y especificación de los aditivos alimentarios. Algunas de estas son la FDA (Food and Drug Administration) en los Estados Unidos, el Comité Científico de Alimentos de la Unión Europea (SCF), el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), el Comité de Aditivos Alimentarios y Contaminantes del

Reino Unido (FACC), y el Comité Científico para la Alimentación Humana (CCAH). Estas organizaciones elaboran listas de aditivos permitidos, asegurándose de que cumplan con estándares internacionales que protejan la salud del consumidor y eviten barreras comerciales entre países.

La regulación de aditivos se realiza mediante la elaboración de listas que detallan qué aditivos pueden utilizarse y para qué fines específicos. Estas listas están en constante revisión, permitiendo la inclusión de nuevos aditivos que cumplen con criterios de seguridad y eficacia, así como la eliminación de aquellos que puedan representar un riesgo para la salud. Los estudios que respaldan la inclusión de un aditivo se centran en criterios toxicológicos y de pureza.

En general, el uso de aditivos está bien aceptado por la sociedad, siempre y cuando estos estén incluidos en las listas de aditivos permitidos. La revisión constante de estas listas garantiza que la inclusión de aditivos se base en criterios rigurosos de seguridad y beneficio, minimizando los riesgos asociados con su consumo.

Clasificación y codificación de los aditivos alimentarios

En la Unión Europea, los aditivos alimentarios autorizados se clasifican y codifican mediante un sistema estandarizado que utiliza la letra E seguida de un número de tres o cuatro cifras. Esta codificación abarca diversas categorías de aditivos, cada una identificada por un rango específico de números como se muestra en la Tabla 1 [2].

TABLA 1. Codificación de aditivos para la UE. Fuente. Córdoba, 2014

Aditivos	Códigos
Derivados del almidón	Superior E1000
Ceras, gases, edulcorantes y productos para tratamiento de harina	E900 - E999
Gelificantes, estabilizantes y espesantes	E400 – E459
Agentes antioxidantes	E300 – E385
Colorantes alimentarios	E100 – E180

Esta clasificación y codificación estandarizada facilita la identificación y regulación de los aditivos alimentarios en la Unión Europea, garantizando transparencia y seguridad en su uso en la industria alimentaria.

Colorantes alimentarios

Los colorantes alimentarios, clasificados bajo los códigos E100-E180, son compuestos químicos que proporcionan o intensifican el color de los alimentos. Estos pueden derivar de fuentes naturales como vegetales, animales o minerales, o ser producidos sintéticamente. La industria de colorantes es de gran magnitud a nivel mundial, generando 700 toneladas/año de pigmentos naturales y sintéticos. El mercado de pigmentos sintéticos representa un volumen de ventas de 400 millones de dólares/año, siendo el 50% destinado a la industria textil y el 25% a la industria alimentaria [1].

El consumo diario de alimentos nos expone a una variedad de colores que estimulan el apetito, y los colorantes alimentarios desempeñan un papel crucial al mejorar la apariencia visual de los productos. Tanto los colorantes sintéticos como los naturales presentan ventajas y desventajas a considerar en la industria alimentaria. Aunque los sintéticos pueden ofrecer colores más llamativos, es esencial sopesar los posibles riesgos para la salud del consumidor asociados con su uso. Este balance entre aspecto visual y seguridad del consumidor es fundamental en la elección y regulación de los colorantes alimentarios.

Clasificación de los colorantes según su origen

La clasificación de los colorantes varía según su origen, es esencial para comprender su diversidad y aplicaciones en la producción alimentaria.

Categorías de Colorantes [2].

- **Minerales.**

Ejemplos. Lacas, sulfato de cobre, cromato de potasio, entre otros.

Uso. No se emplean en la industria alimentaria debido a la presencia de iones metálicos, que podrían representar riesgos para la salud.

- **Sintéticos.**

Ejemplos. Tartrazina, amarillo anaranjado, azorrubina, eritrosina rojo Ponceau, negro brillante, amarillo de quinoleína, indigotina, azul V.

Uso. Obtenidos por síntesis química, estos colorantes sintéticos son ampliamente utilizados en la industria alimentaria debido a su estabilidad y capacidad para producir colores intensos y variados.

- **Orgánicos o Naturales.**

Ejemplos. Clorofila, carotenos, betalaínas, flavonoides, antocianinas, entre otros.

Uso. Provenientes de fuentes naturales como plantas y animales, estos colorantes orgánicos se utilizan tanto por razones estéticas como para responder a la demanda creciente de ingredientes naturales en la industria alimentaria.

La regulación de la FDA distingue dos tipos de aditivos colorantes.

- Colorantes Certificados (Artificiales).
- Colorantes “No Certificados” (Naturales).

5.2. PITAHAHA

La pitahaya es un cactus trepador originario de Mesoamérica. Existen pitahayas rojas y amarillas, en El Salvador se cultiva principalmente la pitahaya roja. La pitahaya, también conocida como fruta del dragón, pertenece a la familia de las Cactaceae. Dentro de esta familia, la variedad más común para su cultivo es del género *Hylocereus*, que cuenta con alrededor de 17 especies diferentes.

Clasificación taxonómica

La pitahaya se encuentra clasificada dentro de la familia de las Cactaceae. La variedad más común para su cultivo es del género *Hylocereus*, que abarca aproximadamente 17 especies diferentes. La clasificación taxonómica se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la pitahaya. Fuente. Verona, Urcia & Paucar, 2020

Nombre científico	<i>Hylocereus</i> spp.
Reino	Plantae
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale
Familia	Cactaceae – cactácea
Tribu	<i>Hylocereus</i>
Género	<i>Hylocereus</i>
Especie	<i>H. undatus</i>

Características generales y fisicoquímicas

La pitahaya, o fruta del dragón, se caracteriza por su corteza de color rojo (*Hylocereus undatus*), con pliegues que le otorgan el apodo de "fruta dragón". La pulpa, de color blanquecino, contiene pequeñas semillas negras. Estas características la hacen considerada como una fruta exótica.

En la Tabla 3 se presentan las características fisicoquímicas detalladas de tres especies de pitahaya.

Tabla 3. Características fisicoquímicas de tres especies de pitahaya. Fuente. Verona, Urcia & Paucar, 2020.

Características	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Hylocereus megalanthus</i>	<i>Hylocereus monacanto</i>
Piel	Rosa	Amarilla	Rosa
Pulpa	Blanca	Blanca	Rosa
Peso (g)	406.7 – 556.8	260 – 395	277.17 – 335.17
Grados Brix	16 – 18	20.74	15.3 – 17.88
pH	5.72 ± 0.6	4.86	3.63 – 4.48

Composición nutricional

La pitahaya destaca por su rica composición nutricional. Su fruto es reconocido por su alto contenido de fibra, calcio, fósforo y vitamina C. Ha demostrado ser beneficiosa para la salud, especialmente en el tratamiento de enfermedades como la gastritis y otros problemas estomacales [3]. Su capacidad antioxidante, atribuida a las semillas y su alto contenido de ácidos grasos como el ácido linoléico, palmítico y oleico, la convierten en un aliado en la prevención de enfermedades [4].

En la Tabla 4 se detallan las características nutricionales de la pitahaya, incluyendo su contenido en fibra, calcio, fósforo, vitamina C y otros componentes importantes.

Tabla 4. Composición nutricional de la fruta fresca de pitahaya. Fuente. Santarrosa, 2013.

Componentes	Contenido en 100 g
Calorías	36.00 g
Agua	89.40 g
Carbohidratos	9.20 g
Fibra	0.30 g
Grasa total	0.10 g
Proteínas	0.50 g
Cenizas	0.40 g
Ácido ascórbico	25 mg
Calcio	6.00 mg
Fósforo	19.00 mg
Niacina	0.02 mg
Riboflavina	0.03 mg

Aplicación agroindustrial de la Pitahaya

La pitahaya ha sido tradicionalmente utilizada con fines ornamentales debido a su llamativa apariencia y colorido. Su presencia en jardines y paisajes agrega un toque exótico y estético. En la actualidad, el interés comercial e industrial en la pitahaya ha ido en aumento, impulsado por sus beneficios nutricionales y su versatilidad en aplicaciones culinarias.

El fruto de la pitahaya es apreciado en su forma fresca y también en trozos, a menudo combinado con otras frutas. Su sabor único y su atractiva presentación lo hacen popular en mercados y supermercados. La pulpa de pitahaya se ha convertido en un producto de gran demanda en la industria alimentaria. Su versatilidad la hace apta para la elaboración de diversos alimentos procesados.

La cáscara de la pitahaya ha ganado interés en el ámbito industrial debido a su contenido de betalainas. Estos compuestos naturales no solo proporcionan color a la fruta, sino que también poseen propiedades beneficiosas para la salud. Las betalainas presentes en la cáscara de la pitahaya han mostrado tener propiedades que favorecen la producción de colágeno, lo que contribuye a mantener una piel más joven. Este descubrimiento ha impulsado la investigación sobre posibles aplicaciones en la industria cosmética y de cuidado de la piel [4].

5.3. FLOR DE JAMAICA

Hibiscus sabdariffa, conocida comúnmente como Rosa de Jamaica, es una planta de la familia de las Malváceas originaria de África tropical, es una planta herbácea anual que puede alcanzar alturas de 3 a 5 metros. Se adapta especialmente a climas secos subtropicales y montañosos, propios de matorrales espinosos. Aunque sus raíces se encuentran en Egipto y Sudán hasta Senegal, su cultivo exitoso se ha extendido a diversas regiones, incluyendo México, América Central, Sudamérica y el sudeste asiático, incluyendo el sur de China.

Las hojas, tri o pentalobuladas, son alternas en el tallo y presentan 3 lóbulos crenado-dentados. Los pedúnculos, largos y cortos, suelen ser solitarios en las axilas de las hojas, a veces agrupados en los ápices de las ramas. Las flores, de color rojo en la base y más pálido en los extremos, tienen un cáliz carnoso de color rojo intenso, siendo esta característica la más distintiva de la planta.

La planta experimenta fecundación cruzada provocada por insectos, y la floración ocurre aproximadamente a las 8 semanas de la siembra. Los cálices que envuelven al fruto maduro se recolectan cuando alcanzan un tono vinoso y se dejan secar al aire libre [5].

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la Jamaica se detalla a continuación [6].

Nombre común. Jamaica

Reino. Plantae

División. Antofita

Subdivisión. Angiosperma

Orden. Malvales

Familia. Malvácea

Clase. Dicotiledónea

Especie. *Hibiscus sabdariffa*

Características químicas

La Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) ha sido objeto de análisis fitoquímicos que revelan una amplia gama de sustancias naturales beneficiosas para la salud humana, destacando su riqueza en fitosteroles, flavonoides, saponinas, glucósidos, carbohidratos, ácido ascórbico y pigmentos coloridos.

- **Fitosteroles.**

El análisis fitoquímico de la Flor de Jamaica ha revelado la presencia de fitosteroles, sustancias naturales comunes en plantas y aceites vegetales. Estos compuestos han demostrado tener beneficios para la salud, como la reducción del colesterol.

- **Flavonoides y Saponinas.**

La presencia de flavonoides y saponinas en la Flor de Jamaica es significativa. Estos compuestos son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y han sido vinculados a varios beneficios para la salud.

- **Ácidos Orgánicos.**

La Flor de Jamaica contiene una mezcla de ácido cítrico y málico, lo cual aporta a su sabor característico. Estos ácidos orgánicos también pueden tener propiedades beneficiosas para la salud.

- **Pigmentos Coloridos.**

Se identificaron dos pigmentos coloridos en la Flor de Jamaica. la hibiscina y la gosipitina. Estos pigmentos se utilizan como base natural en la elaboración de jarabes y licores coloridos. Otros pigmentos identificados incluyen la quercetina, mirecetina, hibiscetina, hibiscetrina y sabedaretina.

- **Antocianinas.**

Las antocianinas, específicamente la cianidina-3-glucósido y la delphinidina-3-glucósido, son los principales pigmentos de la planta. Estos compuestos poseen propiedades antioxidantes sin mostrar actividad tóxica ni mutagénica.

- **Compuestos Fenólicos.**

Los compuestos fenólicos, como el ácido procatecuíco aislado de las flores, han demostrado fuertes propiedades antioxidantes. Además, el ácido hibiscus exhibe una elevada actividad inhibitoria sobre ciertas enzimas pancreáticas.

Composición nutricional

La Flor de Jamaica contiene una diversidad de componentes nutricionales, como antocianina, glucósidos, proteínas, calcio, tiamina, carbohidratos, grasas, vitaminas A, E y C, hierro, fósforo, ácido ascórbico, ceniza, caroteno, riboflavina, niacina y fibra [7]; como muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido de nutrientes en 100 gramos de sustancia. Fuente. Augstburger & Berger, 2000.

Contenido en 100 g	Cálizes	Semillas	Follaje
Proteína (g)	2.0	28.9	3.5
Carbohidrato (g)	10.2	25.5	8.7
Grasa (g)	0.1	21.4	0.3
Vitamina A I.E.	-	-	1000
Tiamina (mg)	0.05	0.10	0.20
Riboflavina (mg)	0.07	0.15	0.50
Niacina (mg)	0.06	1.5	1.4
Vitamina C (mg)	17	-	2.3
Calcio (mg)	150	350	240
Hierro (mg)	3.0	-	5.0

Aplicación agroindustrial de la Flor de Jamaica

Algunas de las aplicaciones de la Flor de Jamaica en alimentación, salud e industria son [8].

- **Colorantes Naturales.**

Los extractos de las flores de Jamaica se utilizan como colorantes naturales en alimentos, proporcionando un tono rojo brillante. Estos colorantes son empleados en la preparación de mermeladas y gelatinas.

- **Emulsiones para Bebidas.**

Los extractos de las flores también se incorporan en emulsiones para bebidas, aportando no solo color sino también sabor ácido, lo que mejora la experiencia gustativa.

- **Sustituto del Té o Café.**

La infusión y cocción de las flores de Jamaica se emplean como sustituto del té o el café, especialmente por personas que sufren de problemas de salud. Esto se debe a que la Flor de Jamaica es conocida por sus propiedades beneficiosas para la salud.

- **Preparación de Cordajes y Canastas.**

Los tallos y cálices tiernos de la Flor de Jamaica se utilizan en la manufactura de cordajes y canastas, demostrando la versatilidad de la planta en la artesanía.

- **Bebidas Refrescantes.**

La Flor de Jamaica también se emplea en la preparación de bebidas refrescantes, ofreciendo una alternativa sabrosa y nutritiva en el ámbito de las bebidas.

- **Infusiones Farmacéuticas.**

Las flores y frutos carnosos de la Flor de Jamaica se utilizan en infusiones farmacéuticas con propósitos medicinales. Estas infusiones son reconocidas por aliviar síntomas de enfermedades respiratorias como bronquitis y tos.

- **Pigmentos Naturales.**

Las antocianinas extraídas de las flores secas de la Flor de Jamaica son pigmentos naturales que encuentran aplicación tanto en la medicina como en la manufactura de alimentos. Estos pigmentos tienen propiedades beneficiosas y son utilizados en la industria alimentaria como colorantes naturales.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

6.1.METODOLOGÍA

Se considera una investigación de tipo experimental por tener como objeto de estudio la extracción de los colorantes de la pitahaya y la flor de Jamaica, con la finalidad de aplicarlos en diferentes productos alimenticios.

6.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se consultaron las bases de datos tales como CBUES, Libhub, Google Académico, trabajos de investigación de instituciones de educación superior nacionales e internacionales, entre otros. Con relación a las patentes, se utilizaron Spacenet.com y Google Patentes, además se buscó información por medio de entrevistas con expertos en extractos vegetales y desarrollo de productos alimenticios tanto en la industria como en el sector académico.

6.3. FASE DE LABORATORIO

Se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química, en el Laboratorio de pastelería de la Escuela de Tecnología de Alimentos de ITCA-FEPADE y en los Laboratorios de I+D en Alimentos y Procesos Químicos del CEICA-MINEDUCYT, donde se realizaron de manera conjunta el tratamiento y extracción de los colorantes de la pitahaya y flor de Jamaica; así como la aplicación de dichos colorantes orgánicos en las formulaciones de los productos alimenticios siguientes.

1. Yogur.
2. Sorbete.
3. Curtido de cebolla
4. Bizcocho.
5. Espumillas.
6. Crema pastelera.

El desarrollo de las fases del proyecto se describe a continuación.

Fase I. Trabajo de campo.

- Recolección de flor de Jamaica y Pitahaya.

Fase II. Parte experimental.

Se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química de ITCA- FEPADE y en los laboratorios del CEICA.

- Pretratamiento de las estructuras vegetativas de la flor de Jamaica y la Pitahaya.
- Extracción de colorantes por los siguientes métodos. lixiviación (Soxhlet), separación por columna, centrifugación y filtración.
- Caracterización de los colorantes extraídos. pH, grados brix, densidad y espectrofotometría UV – VIS.
- Determinación de la estabilidad de los colorantes en los productos alimenticios por medio de estudios de colorimetría en el tiempo.

6.4. TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos correspondientes a las caracterizaciones, formulaciones, pruebas de estabilidad de materia prima y productos terminados se tabularon estadísticamente. Las pruebas de caracterización se realizaron siguiendo marchas de análisis de los compuestos a identificar y cuantificar según la metodología y equipo correspondiente.

Trabajo de campo

Obtención de la muestra.

El material vegetal utilizado en este estudio fue adquirido de la siguiente manera.

- Pitahaya. Adquirida en los cultivos de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA)
- Flor de Jamaica. flores empacadas al vacío. Adquiridas en cadena de supermercados local (Super Selectos, Santa Tecla)

Selección de la muestra.

Se realizó de forma manual. Se evaluaron las características de la materia vegetal que no presentaran golpes, partes marchitas o en proceso de putrefacción. Se seleccionaron los ejemplares más frescos y con el menor número de defectos posible.

6.5. EXTRACCIÓN DEL COLORANTE DE LA PITAHAYA.

A continuación, se muestra el procedimiento del proceso de extracción de colorante de pitahaya, por dos métodos. separación por columna y centrifugación (las fotografías del proceso se pueden consultar en el Anexo A).

- Se pesaron 7 pitahayas frescas, maduras y enteras con cáscara.
- Se extrajo la pulpa de las pitahayas y se pesó el total de pulpa extraída.
- El peso total de pulpa se dividió por la mitad para evaluar dos tipos de concentraciones.

Concentración 1.1 (pulpa . agua)

Concentración 2.1 (pulpa . agua)

- Se licuó la pulpa con la proporción de agua correspondiente y se filtró mediante un tamiz tipo manta, con la finalidad de retener sólidos no deseados en la extracción del colorante.

NOTA. Debido a la consistencia mucilaginoso de la pulpa, se utiliza este primer método de separación; ya que si se realizara un filtrado por gravedad sería un proceso ineficiente debido al tiempo de separación y las pérdidas durante la extracción serían mucho más considerables.

- Posteriormente se colocó en un baño ultrasonido (BRANSON 5800) durante 30 minutos, con control de temperatura a 30°C.

NOTA. Este paso se realiza con la finalidad de lograr una emulsión más fina de los componentes de la mezcla.

- Pasado el tiempo se colocó bajo agitación magnética (CORNING PC-420D) durante 1 hora.
- Después se centrifugó en el equipo HERMLE Labortechnik GmbH modelo Z206A a 6000 rpm por 15 minutos, posteriormente se decantó y se utilizó el sobrenadante.
- Se filtró nuevamente en el tamiz tipo manta.
- Se procedió a congelar el filtrado haciendo uso del ultracongelador (VWR MFV-14) durante 2 horas.

- El filtrado congelado se liofilizó por medio del liofilizador (LABCONCO FreeZone 2.5) durante 20 minutos, para obtener el colorante en forma de polvo.

NOTA. Debido a la consistencia obtenida después del centrifugado y a los residuos de mucilago se procede a separar a través de la metodología de cromatografía de adsorción de columna.

La separación se realiza entre una fase móvil líquida (o gaseosa en el caso de cromatografía instrumental) y una fase estacionaria constituida por un sólido finamente dividido y sobre el cual se produce la adsorción de los componentes a separar.

- Se colocaron 20 gramos de sílica gel (Fi-sheer Chemical, 230-400 Mesh, Grade 60) en una columna cromatográfica de vidrio.
- Se agrega la muestra del extracto del colorante de pitahaya a procesar
- Se conecta una bomba para realización de vacío y aceleración del proceso de separación.

Pruebas fisicoquímicas realizadas al extracto del colorante de la Pitahaya.

Se realizaron análisis fisicoquímicos a los colorantes de pitahaya en concentración 1.2 y 2.1, entre ellos se nombra.

- Análisis de acidez (pH)
- Sólidos solubles (grados Brix) a través de un Refractómetro Marca ATAGO, Modelo NAR-IT SOLID, with digital thermometer.
- Colorimetría a través de las coordenadas CIELAB(L*a*b) dadas por el colorímetro modelo CHROMA METER CR-400, marca KONICA MINOLTA. (Ver Anexo B)

6.6. APLICACIÓN DEL COLORANTE DE LA PITAHAYA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

Con el fin de comprobar la efectividad del colorante obtenido se aplicó en diferentes proporciones en los alimentos que se describirán en los siguientes apartados.

Formulaciones de yogur con colorante de Pitahaya

Esta formulación se realizó en los laboratorios de CEICA-MINEDUCYT. Se trabajó con la siguiente formulación base para elaborar los diferentes lotes de yogur (En el Anexo C encontrarán imágenes de los procedimientos aquí descritos)

Tabla 6. Formula base de yogurt. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad (g)
Leche entera	500.0
Leche en polvo	50 .0
Cultivo	1.0

Procedimiento de elaboración de base de yogur.

- Se pesaron las materias primas.
- Se mezcló la leche entera con la leche en polvo y se puso a calentar hasta alcanzar 45°C, la cual es la temperatura ideal para agregar el cultivo previamente hidratado.
- Después de agregar el cultivo a la mezcla, se homogeneiza y se dividió en dos partes iguales para aplicar el colorante extraído de la pitahaya mediante el proceso de separación con columna y por centrifugación.
- Se realizaron pruebas de color con un colorímetro modelo CHROMA METER CR-400, marca KONICA MINOLTA a todos los prototipos antes y después de la fermentación para evaluar la estabilidad del colorante ante los cambios de temperatura y de pH, tal y como sigue.

Prototipo No 1.

A 250 ml del yogurt base obtenido anteriormente se le agregaron 4 gramos de colorante extraído de la pitahaya por columna. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 450 rpm.

Tabla 7. Prototipo No 1 de yogurt con colorante de pitahaya separado con columna. Fuente.
Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por columna	4.0 g

A este prototipo se le practicaron pruebas de color antes y después de la fermentación. Los resultados pueden consultarse en el capítulo 7.

Prototipo No 2

A 250 ml del yogurt base obtenido anteriormente se le agregaron 6 gramos de colorante extraído de la pitahaya por columna. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 450 rpm.

Tabla 8. Prototipo No 2 de yogurt con colorante de pitahaya separado con columna. Fuente.
Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por columna	6.0 g

Los resultados de las pruebas de color de este prototipo se pueden ver en el capítulo 7.

Se elaboró otro lote de base de yogurt para realizar pruebas, esta vez, con colorante extraído de la pitahaya por centrifugación.

Prototipo No 3.

A 250 ml del yogurt base se le agregaron 4 gramos de colorante extraído de la pitahaya por centrifugación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 450 rpm.

Tabla 9. Prototipo No 3 de yogurt con colorante de pitahaya separado por centrifugación. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	4.0 g

Se observó una coloración más intensa en la mezcla que los prototipos con colorante extraído por columna, los resultados de este prototipo pueden verse en el capítulo 7.

Prototipo No 4.

A 250 ml del yogurt base se le agregaron 6 gramos de colorante extraído de la pitahaya por centrifugación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 450 rpm.

Tabla 10. Prototipo No 4 de yogurt con colorante de pitahaya separado por centrifugación. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	6.0 g

Se observó una coloración todavía más intensa en la mezcla.

Se observó que los 4 prototipos de yogurt que se introdujeron en la incubadora durante 24 horas a temperatura de 45°C sufrieron una apreciable decoloración a simple vista.

Ante los resultados observados de los experimentos anteriores, se optó por elaborar más prototipos con mayor cantidad de colorante de la pitahaya.

Cabe mencionar que se utilizó la misma base de yogurt y solo se varió la concentración de colorante.

Los detalles y resultados se presentan a continuación.

Prototipo No 5

A 250 ml del yogurt base se le agregaron 15 gramos de colorante extraído de la pitahaya por columna. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 3 minutos a 600 rpm.

Tabla 11. Prototipo No 5 de yogurt con colorante de pitahaya separado con columna. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	15.0 g

Al prototipo No 5 se le realizaron pruebas de color, por triplicado en un colorímetro modelo CHROMA METER CR-400, marca KONICA MINOLTA, los resultados se exponen en el capítulo 7.

Prototipo No 6

A 250 ml del yogurt base obtenido anteriormente se le agregaron 20 gramos de colorante extraído de la pitahaya por columna. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 3 minutos a 600 rpm.

Tabla 12. Prototipo No 6 de yogurt con colorante de pitahaya separado con columna. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	20.0 g

Prototipo No 7

A 250 ml del yogurt base se le agregaron 15 gramos de colorante extraído de la pitahaya por centrifugación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 3 minutos a 1050 rpm.

Tabla 13. Prototipo No 7 de yogurt con colorante de pitahaya separado por centrifugación. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	15.0 g

Se observó una coloración más intensa en la mezcla que en los prototipos anteriores.

Prototipo No 8

A 250 ml del yogurt base se le agregaron 20 gramos de colorante extraído de la pitahaya por centrifugación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 1050 rpm.

Tabla 14. Prototipo No 8 de yogurt con colorante de pitahaya separado por centrifugación. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	20.0 g

Prototipo No 9

En este caso, a 250 ml del yogurt base se le agregaron 4 gramos de colorante extraído de la pitahaya por centrifugación, pero después del proceso de fermentación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 1050 rpm.

Tabla 15. Prototipo No 9 de yogurt con colorante de pitahaya separado por centrifugación. Fuente. Elaboración propia.

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por centrifugación.	4.0 g

Véanse los resultados de esta prueba en el capítulo 7.

Prototipo No 10

En este caso, a 250 ml del yogurt base se le agregaron 4 gramos de colorante extraído de la pitahaya por columna, pero después del proceso de fermentación. Se mezclaron los ingredientes en un agitador magnético durante 2 minutos a 1050 rpm.

Tabla 16. Prototipo No 10 de yogurt con colorante de pitahaya separado por columna. Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante extraído por columna.	4.0 g

Véanse los resultados de esta prueba en el capítulo 7.

Formulaciones de sorbete con colorante de Pitahaya.

Para el desarrollo de sorbete se empleó una formulación genérica sin colorantes ni saborizantes para apreciar el impacto sensorial del colorante extraído de la pitahaya.

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de sorbete se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 17. Formula 1 – Base de sorbete sin sabor Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad (g)
Leche entera	500.0
Leche en polvo	24.0
Huevo (solo yema)	17.0
Crema de leche	50.8
Azúcar	75.0
Estabilizador	2.0

Se pesaron esas cantidades porque se ajustan al tamaño de la sorbetera disponible en el laboratorio de CIECA-MINEDUCYT, lugar donde se desarrollaron los prototipos de sorbete.

PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN SE SORBETE Y APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA.

- Se mezclaron los ingredientes en polvo.
- Se mezclaron todos los ingredientes líquidos y los ingredientes en polvo se integraron, luego se pasó la mezcla a la licuadora, junto con la yema de huevo, se batió durante varios minutos con el fin de airear la mezcla y homogenizar.
- Se dividió la mezcla en dos partes de aproximadamente 300 ml cada una para aplicarle diferentes concentraciones de colorante de pitahaya, tal y como se describe a continuación.

Tabla 18. Prototipo No 1. Sorbete con colorante de pitahaya extraído con columna Fuente.

Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Mezcla base de sorbete	300 ml
Colorante extraído con columna	8.0 g

- Esta formulación se mezcló en un agitador magnético durante 4 minutos a 1,150 rpm.
- A esta fórmula se le practicó pruebas de color con el colorímetro.
- Posteriormente, se añadió la mezcla con colorante en la sorbetera, la cual realiza el proceso de mezclado y congelamiento en automático, se tarda 40 a 60 minutos por ciclo.
- Al final del proceso, se trasvasó el producto terminado a recipientes plásticos y se almacenó en condiciones de refrigeración.
- Después de 15 días de elaborados se les practicó de nuevo la prueba de colorimetría a los prototipos.

NOTA. los resultados de las pruebas de colorimetría de todos los prototipos de sorbete se presentan en el capítulo 7.

Tabla 19. Prototipo No 2. Sorbete con colorante de pitahaya extraído por centrifugado Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Mezcla base de sorbete	300 ml
Colorante extraído por centrifugado	8.0 g

- Esta formulación también se mezcló en un agitador magnético durante 4 minutos a 1,150 rpm.
- Se le practico pruebas de color con el colorímetro antes del proceso de mantecación.
- Posteriormente, se añadió la mezcla con colorante en la sorbetera, la cual realiza el proceso de mezclado y congelamiento en automático, se tarda 40 a 60 minutos por ciclo.
- Al final del proceso, se trasvasó el producto terminado a recipientes plásticos y se almaceno en condiciones de refrigeración.
- Al igual que el prototipo anterior, se le hizo colorimetría 15 días después de elaborado.

Formulaciones de curtido de cebolla con colorante de Pitahaya

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del colorante obtenido de la pitahaya en alimentos ácidos se probó su incorporación en la formulación de un encurtido de cebolla, el cual es parte de la gastronomía salvadoreña. La fórmula base con la cual se trabajó en los laboratorios del CEICA-MINEDUCYT es la siguiente.

Tabla 20. Formula base de curtido de cebolla. Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Solución de vinagre blanco de alcohol de caña al 3% v/v	62.9 g
Cebolla blanca en trozos	94.3 g

Esas proporciones de los componentes del encurtido se eligieron para dar cumplimiento a la Norma para frutas y hortalizas encurtidas CODEX STAN 260-2007, la cual requiere que el peso escurrido mínimo para este tipo de producto no deberá ser menor del 50% del peso neto.

Tal cual se observa en la tabla, las proporciones son de 60% de cebolla en trozos y 40% solución de vinagre puesto que los frascos en los que se envasó el producto tenían una capacidad de 157.2 gramos de agua destilada a 20°C completamente lleno.

Procedimiento de elaboración de encurtido de cebolla blanca con colorante de pitahaya.

- Se preparó medio litro de solución de vinagre blanco al 3% v/v. Se utilizó agua potable.
- El medio litro de solución de vinagre al 3% fue dividido en dos partes iguales, de 250 ml cada una, y a cada parte se le agregó 1 gramo de colorante de pitahaya extraído por columna o por centrifugado.
- Se partieron las cebollas blancas en trozos y se escaldaron en baño de agua hirviendo por 2 minutos.
- Se escurrieron los trozos de cebolla y se dejaron enfriar.
- Los envases de vidrio fueron llenados con los trozos de cebolla y solución de vinagre con colorante en las proporciones descritas en el apartado anterior.
- Además, se prepararon frascos testigos, es decir que contuvieran únicamente el encurtido sin colorante y solución de vinagre, sin colorante.
- También se añadió colorante de pitahaya extraído por ambos métodos a solución de vinagre sin cebolla para que sirviera como punto de comparación del color obtenido.
- A los encurtidos terminados se les midió pH y color.
- Se conservaron los productos en condiciones de refrigeración.

Tabla 21. Prototipo No 1 de curtido de cebolla con colorante de pitahaya extraído por columna. Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Solución de vinagre blanco de alcohol de caña al 3% v/v	62.9 g
Colorante de pitahaya extraído por columna	0.5 g
Cebolla blanca en trozos	94.3 g

- Los ingredientes se mezclaron manualmente. Se dejó un testigo, es decir un frasco de solución de vinagre con colorante sin cebolla para visualizar la evolución del color a través del tiempo.
- Se practicaron pruebas de colorimetría y pH al producto terminado, los resultados pueden ser consultados en el capítulo 7.
- Se almacenaron los prototipos en condiciones de refrigeración.

Tabla 22. Prototipo No 2 de curtido de cebolla con colorante de pitahaya extraído por centrifugación. Fuente. Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Solución de vinagre blanco de alcohol de caña al 3% v/v	62.9 g
Colorante de pitahaya extraído por centrifugación	0.5 g
Cebolla blanca en trozos	94.3 g

- Los ingredientes se mezclaron manualmente. Se dejó un testigo, es decir un frasco de solución de vinagre con colorante sin cebolla para visualizar la evolución del color a través del tiempo.
- Se practicaron pruebas de colorimetría y pH al producto terminado, los resultados pueden ser consultados en el capítulo 7.
- Se almacenaron los prototipos en condiciones de refrigeración.

6.7. EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE FLORES DE ROSA DE JAMAICA

Materia prima.

Como se mencionó anteriormente se utilizó flor de Jamaica seca y empacada al vacío. Adquirida en una cadena de supermercados local (Super Selectos, Santa Tecla). Se seleccionó el material vegetal que visualmente no presentara defectos tales como partes marchitas, decoloradas o con picaduras.

Acondicionamiento de las flores de Jamaica.

Con excepción de la primera prueba de extracción, en todos los casos las flores de Jamaica se pulverizaron en una licuadora industrial Waring Xtreme ubicada en los laboratorios de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Una vez obtenido el polvo fino de las flores de Jamaica se procedió a pesarla en balanza semianalítica

Extracción del colorante de la rosa de Jamaica.

Para la extracción del colorante se seleccionó una lixiviación (separación sólido líquido) haciendo uso del equipo Soxhlet. Este método se utilizó por la bibliografía que respalda sus excelentes resultados en la extracción de este tipo de colorantes vegetales. [9] [10]

El procedimiento seguido en cada extracción fue el siguiente:

- Se pesó la flor de Jamaica pulverizada. Los pesos fueron variables en las diferentes pruebas y se detallan en el capítulo de resultados, en el cual también se presentan las masas extraídas en cada ciclo.
- La flor de Jamaica pulverizada se colocó en cartuchos de papel filtro previamente desengrasado con éter etílico. Dichos cartuchos fueron colocados en el equipo Soxhlet.
- Como solvente se utilizó alcohol etílico de 90°. En cada prueba se usaron entre 150 ml a 200 ml de solvente, los cuales fueron colocados en un matraz de fondo redondo.
- Todo el equipo, como se muestra en la siguiente figura, fue colocado en la manta de calentamiento y se conectó en serie para aprovechar materias primas y energía.



Figura 1. Equipos Soxhlet conectados en serie. [Elaboración propia]

- Se encendió la manta de calentamiento y cuando el solvente alcanzó su temperatura de ebullición se evaporó hasta llegar al refrigerante del equipo, condensándose y cayendo gota a gota sobre el cartucho con la muestra de flor de Jamaica, extrayendo los analitos solubles. Cuando el nivel del solvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente, con los analitos disueltos, descendió por el sifón y retorno al matraz de ebullición. Este proceso se repitió de 8 a 10 veces hasta que se completó la extracción de los analitos de la muestra y se concentró en el disolvente.
- Se obtuvieron 8 extractos en total con un volumen aproximado de 150 ml, a los cuales se les midió pH. Esos resultados pueden verse en el capítulo 7.
- Todos los extractos fueron almacenados en frascos de plástico opaco y en condiciones de refrigeración.

Concentración del extracto.

Con el fin de recuperar el solvente (alcohol etílico de 90°) y concentrar el colorante se utilizó un evaporador rotativo marca Yamato disponible en el laboratorio de química del CEICA-MINEDUCYT. Las condiciones en las que se operó el equipo fueron las siguientes. temperatura de baño de 60 °C y presión de vacío de 0.6 bar, en el serpentín la temperatura de enfriamiento fue de 5 °C.

Se observó que el concentrado obtenido tenía partículas presentes, para removerlas se tuvo que usar la centrifugadora de laboratorio HERMLE Z 206 A a 6,000 rpm durante 20 minutos. Sin embargo, al decantar el líquido todavía se observaba un poco de material particulado, por lo cual se procedió a separar dicho material con papel filtro todo uso. Después de estas operaciones el extracto estaba sin sedimento.

El concentrado obtenido de este proceso fue almacenado en frascos de plástico opaco y forrado con papel aluminio para protegerlo de la luz. Se almacenó en condiciones de refrigeración.

Pruebas fisicoquímicas al concentrado de colorante de flor de Jamaica.

Al concentrado producto del proceso anterior se le practicaron las siguientes pruebas fisicoquímicas.

pH de concentrado de flor de Jamaica.

Se utilizó el pH metro MILWAUKEE MW102 tal y como sigue.

- Se encendió el equipo y se enjuagó el electrodo con abundante agua destilada.
- Se calibró el pHmetro con las tres soluciones buffer de 4.01, 7.0 y 10.01.
- Con el equipo calibrado se procedió a enjuagar el electrodo con agua destilada.
- Se midió el pH de la muestra.

Grados brix

Se utilizó el refracto polarímetro portátil marca ATAGO modelo RePo – 1. El procedimiento es el siguiente.

- Se enciende el equipo y se espera a que estabilice.
- Se ajusta el cero presionando la tecla “Zero” con el compartimento de la muestra lleno con agua destilada.
- Una vez con el cero ajustado, se limpia el compartimento de la muestra y se llena con el concentrado de flor de Jamaica puro, sin diluir.
- Se selecciona el programa de grados brix presionando la tecla correspondiente.
- Se presiona la tecla “Start” y se espera a que el resultado se despliegue en la pantalla del equipo.

Densidad

Se utilizó un método indirecto para medir esta propiedad, de la forma siguiente.

- Se lavaron dos picnómetros de 25 ml y se secaron en estufa a 110 °C durante 2 horas.
- Los picnómetros se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador y se esperó a que se enfriaran.
- Ambos picnómetros vacíos se pesaron en la balanza analítica Pioneer marca OHAUS.
- Cada picnómetro de 25 ml se llenó con el concentrado de flor de Jamaica.

- Cada picnómetro con muestra fue pesado individualmente en la balanza analítica.
- Se registraron los pesos y se procedió a hacer los cálculos para determinar la densidad de la muestra. (los cálculos se pueden ver en el Anexo H y los resultados de esta prueba en el capítulo 7)

Identificación de antocianinas.

Las antocianinas son pigmentos vegetales presentes en la flor de Jamaica. Para comprobar su presencia en el concentrado obtenido se realizó un espectro de absorción en la región UV – visible (250 – 900 nm) con un espectrofotómetro UV-VIS Lambda 265 de Perkin Elmer de una serie de diluciones a diferentes pHs. Este es el procedimiento.

Preparación de diluciones del concentrado de flor de Jamaica.

- Preparación de solvente. se prepararon 50 ml de una solución de alcohol etílico, ácido acético concentrado y agua destilada en proporción 10.1.9 v/v.
- Se tomó con una pipeta graduada una alícuota de 2 ml del concentrado de flor de Jamaica y se aforó con solvente a 25 ml en un balón volumétrico.
- Se ajustó el pH de la solución a 3.0
- Se agitó la solución por una hora en el agitador magnético marca CORNING aproximadamente a 1,500 rpm y luego se dejó reposar durante 45 minutos.
- De la solución anterior se tomaron alícuotas para preparar diluciones 1.10, 1.20 y 1.25 utilizando el solvente preparado en el primer paso.
- Las soluciones preparadas se trasladaron celdas de cuarzo para poder leer su absorbancia en el espectrofotómetro.

Espectro de antocianinas en la flor de Jamaica

- Se encendió la computadora que está conectada al equipo.
 - Se encendió el espectrofotómetro Lambda 265 presionando el botón que está en la parte de atrás del equipo.
 - Se ingresó el software UV LAV.
 - Se digito el título, nombre de la muestra y se seleccionó la opción Experiment Type, click en OK.
 - Se seleccionaron los parámetros del método y click en OK.
 - Se utilizó como blanco el solvente de alcohol etílico, ácido acético concentrado y agua descrito en el apartado anterior.
 - Se llenó la celda a un 80% de su capacidad con el blanco y se colocó la celda en el portaceldas.
- Luego, se dio click en  **Blank** y se espera a que el equipo haga la lectura.
- Se retiró la celda con el bando del portaceldas.
 - Luego, se llenó la celda a un 80% de su capacidad con las diluciones del concentrado de flor de Jamaica y se colocó en el portaceldas. Click en  **Sample**
 - El espectro de las soluciones se mostró en pantalla (puede verse en el capítulo 7)

Cuantificación de antocianinas por medio de espectrofotometría de absorción molecular UV - VIS

Puesto que las estructuras moleculares de las antocianinas pueden estar presentes en un mismo material y sus bandas de absorción en posiciones muy cercanas, las separaciones y determinaciones por espectrofotometría se realizan determinando la concentración total de las antocianinas, refiriendo la concentración respecto a un compuesto en particular. Esto permite conocer con seguridad la cantidad total de antocianina en el material de análisis.

El contenido total de antocianinas se calculó utilizando el método de pH diferencial y tomando como referencia la Pelargonidina por razones que se explican en el capítulo 7.

- Se añadieron 0.5 ml de del concentrado de flor de Jamaica a 24.5 ml de agua destilada en un beaker de vidrio envuelto en papel aluminio para obtener una dilución 50X y se mezcló durante un minuto.
- Se añadió 0.5 ml de la solución anterior a un tubo de ensayo cubierto con papel aluminio, con 4.5 ml de solución buffer pH 1 de Cloruro de Potasio (0.025 M) y a otro tubo con 4.5 ml de buffer Acetato de sodio (pH 4.5 0.4 M) obteniendo una dilución 10X. Los cálculos para la preparación se las soluciones pueden verse en el Anexo H
- Se tapó la muestra y se dejó reposar por 45 minutos en oscuridad.
- Se midió la absorbancia de los extractos utilizando el espectrofotómetro.
- Se calibró el equipo usando como blanco agua destilada y se hizo la lectura en el espectrofotómetro a 520 nm y a 700 nm.
- La concentración de antocianinas fue determinada mediante la ecuación 1. El análisis se realizó por triplicado y los resultados se reportaron en mg/L de Pelargonidina

$$Concentración \left(\frac{mg}{L} \right) = \left(\frac{Absorbancia\ ajustada}{Coeficiente\ de\ extinción\ molar} \right) \times PM \times 1000 \times FD \text{ (Ecuación 1)}$$

La absorbancia ajustada se calcula con la siguiente ecuación.

$$Absorbancia\ ajustada = (Abs_{520} - Abs_{700})_{pH1.0} - (Abs_{520} - Abs_{700})_{pH4.0} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde.

- PM (peso molecular) = 271,24 g/mol como Pelargonidina.
- Coeficiente de extinción molar = 32000 de Pelargonidina.
- 1000 es el factor de conversión de molar a ppm (mg/L)
- FD (factor de dilución) = 50X * 10X = 500X

Los resultados de estas pruebas se detallan en el siguiente capítulo.

6.8.APLICACIÓN DE COLORANTE EXTRAÍDO DE LA FLOR DE JAMAICA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

El colorante vegetal fue aplicado en los siguientes alimentos. yogur, bizcocho, crema pastelera y espumillas.

El procedimiento de cada producto se presenta a continuación.

Formulaciones de yogur con colorante de flor de Jamaica

Prototipo No 1

Se utilizó la misma fórmula base de yogur que se describió en las pruebas con colorante de pitahaya.

A 250 ml del yogur base se le agregaron 0.5 gramos de colorante extraído de la rosa de Jamaica. Se mezclaron los ingredientes manualmente con un agitador de vidrio. Dicha mezcla se introdujo en la incubadora para el proceso de fermentación láctica y producción de yogur.

Tabla 23. Prototipo 1 de yogurt con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante de rosa de Jamaica	0.5 g

Este producto decoloró a las pocas horas y presentó tintes verdosos y con material fibroso en la superficie, los resultados de las pruebas de color de este prototipo pueden verse en el capítulo 7.

Prototipo No 2

A 250 ml del yogurt base se le agregó 1 gramo de colorante extraído de la rosa de Jamaica. Se mezclaron los ingredientes manualmente con un agitador de vidrio. Dicha mezcla se introdujo en la incubadora para el proceso de fermentación láctica y producción de yogur.

Tabla 24. Prototipo 2 de yogurt con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante de rosa de Jamaica	1 g

El yogur decoloró a las pocas horas y presentó tintes verdosos y con material fibroso en la superficie, los resultados de las pruebas de color de este prototipo pueden verse en el capítulo 7.

Prototipo No 3

Se utilizó la misma fórmula base de yogur que se describió en las pruebas con colorante de pitahaya.

A 250 ml del yogur base se le agregaron 0.5 gramos de colorante extraído de la rosa de Jamaica. Cabe señalar que el colorante se agregó después del proceso de fermentación del yogur. Se mezclaron los ingredientes manualmente con un agitador de vidrio.

Tabla 25. Prototipo 3 de yogurt con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante de rosa de Jamaica	0.5 g

Se observó una coloración rosa intensa y sin tintes verdosos en la mezcla final, los resultados de las pruebas de color de este prototipo pueden verse en el capítulo 7.

Prototipo No 4

Se utilizó la misma fórmula base de yogur que se describió en las pruebas con colorante de pitahaya.

A 250 ml del yogur base se le agregaron 1 gramos de colorante extraído de la rosa de Jamaica. Cabe señalar que el colorante se agregó después del proceso de fermentación del yogur. Se mezclaron los ingredientes manualmente con un agitador de vidrio.

Tabla 26. Prototipo 4 de yogurt con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Base de yogurt	250 ml
Colorante de rosa de Jamaica	1.0 g

Se observó una coloración rosa intensa y sin tintes verdosos en la mezcla final, los resultados de las pruebas de color de este prototipo pueden verse en el capítulo 7.

Formulación de bizcocho esponjoso con colorante de rosa de Jamaica.

Con el objetivo de probar la estabilidad y la capacidad tintórea del colorante obtenido se probó su incorporación en un producto “alcalino” y que fuera sometido a altas temperaturas como lo es el bizcocho.

Este producto se elaboró en el laboratorio de pastelería de la Escuela de Tecnología de Alimentos de ITCA FEPADÉ y se contó con la colaboración de la chef Ivonne Lobos, docente de dicha escuela.

A continuación, se presentan los ingredientes de la formulación.

Tabla 27. Fórmula para bizcocho esponjoso con colorante de rosa de Jamaica.

Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Huevo	3 unidades
Azúcar	85 gramos
Harina de trigo suave	85 gramos
Esencia de vainilla	2.5 ml
Colorante de rosa de Jamaica	3.1 gramos

El procedimiento para elaborar el bizcocho es el que se presenta.

- Se colocaron 3 huevos junto con el azúcar, esencia de vainilla y un cuarto de cucharadita de colorante en la batidora. Se mezcló hasta la integración de todos los ingredientes. Se observó que se formaban grumos al mezclarse el colorante con el huevo. La mezcla se tornó gris.
- Se retiró la mezcla de la batidora y se le agregó harina de trigo suave previamente tamizada, se incorporaron los ingredientes y se agregó otro cuarto de cucharadita de colorante de rosa de Jamaica. Sin embargo, el colorante añadido no se incorporó con la mezcla y quedó en forma de “perlas”.
- Toda la mezcla se vertió en un molde engrasado y se horneó a 350°F (176.7°C) durante 10 minutos.
- El bizcocho se dejó enfriar a temperatura ambiente y se desmoldó al siguiente día.
- El aspecto del bizcocho era grisáceo y seco al tacto.
- Los resultados de la estabilidad del color se presentan en el capítulo 7.

Formulación de espumillas con colorante de Rosa de Jamaica.

Las espumillas también se elaboraron en el laboratorio de pastelería de ITCA FEPAD. Los ingredientes se detallan a continuación.

Tabla 28. Fórmula de espumillas con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Clara de huevo	63.8 gramos
Azúcar	127.6 gramos
Colorante de rosa de Jamaica	3.1 gramos

Procedimiento.

- Todos los ingredientes se añadieron a la batidora. Se procedió a mezclar hasta punto de nieve. Se observó que la mezcla adquirió firmeza rápidamente. La mezcla se tornó lila.
- Se retiró la mezcla y se colocó en una manga pastelera. Luego, se dosificó en una bandeja de aluminio previamente engrasada.
- Se hornearon las espumillas durante una hora a una temperatura que osciló entre 175 °C a 200 °C.
- Se retiraron de la bandeja al día siguiente, la coloración lila se mantuvo y se almacenaron en recipiente hermético a temperatura ambiente.
- Los resultados de la estabilidad del color de este producto se encuentran en el capítulo 7.

Formulación de crema pastelera con colorante de Rosa de Jamaica.

Este producto se elaboró en el laboratorio de pastelería de ITCA FEPADE, las materias primas utilizadas fueron.

Tabla 29. Formula de crema pastelera con colorante de rosa de Jamaica. Fuente: Elaboración propia

Ingrediente	Cantidad
Crema pastelera marca Versatié	113.4 gramos
Azúcar	56.7 gramos
Colorante de rosa de Jamaica	3.1 gramos

Procedimiento.

- Todos los ingredientes se incorporaron en la batidora. La mezcla adquirió un tinte rosado. También se observó que adquirió firmeza con rapidez.
- Se retiró el producto elaborado de la batidora y se procedió a incorporarlo en el bizcocho esponjoso fabricado anteriormente.
- Los resultados de la estabilidad del color de la crema pastelera se presentan en el capítulo 7.

7. RESULTADOS

Los resultados para este estudio están basados en las pruebas fisicoquímicas realizadas a los extractos obtenidos de la pitahaya y la flor de Jamaica, así como pruebas de estabilidad de color en diferentes productos alimenticios a los cuales se les aplicó los colorantes vegetales.

Extracción de colorante de la pitahaya y caracterización

A continuación, se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a los extractos de pitahaya en sus distintas concentraciones.

Tabla 30. Resultados de acidez (pH) realizados a los distintos extractos de pitahaya.

Fuente: Elaboración propia

pH de Concentración 1.1	pH de Concentración 2.1
3.49	3.93
3.49	3.84
3.47	3.62
Valor Medio. 3.48	Valor Medio. 3.80

Ambos extractos presentan pHs ácidos típicos de los colorantes vegetales.

Tabla 31. Resultados de sólidos solubles (°Brix) realizados a los distintos extractos de pitahaya.

Fuente: Elaboración propia

°Brix de Concentración 1.1	°Brix de Concentración 2.1
6.8	9.0
6.2	9.0
6.4	8.8
Valor Medio. 6.5	Valor Medio. 8.9

Tanto el colorante de la pitahaya extraído por columna como por centrifugación muestra relativas bajas concentraciones de sólidos solubles, posiblemente a su bajo contenido de azúcares presentes en ellos.

Tabla 32. Resultados de análisis de colorimetría realizados a los extractos de pitahaya.

Fuente: Elaboración propia

Coordenadas CIELAB					Tonalidad
Concentración 1.1	Prueba No	L	a	b	
	1	20.50	15.85	1.63	
	2	19.28	15.14	1.51	
	3	20.12	18.19	1.94	
	Promedio	19.97	16.39	1.69	
Coordenadas CIELAB					Tonalidad
Concentración 2.1	Prueba No	L	a	b	
	1	20.03	21.36	3.86	
	2	20.46	23.60	4.34	
	3	20.34	22.56	4.16	
	Promedio	20.28	22.51	4.12	

7.1. APLICACIÓN DE COLORANTE EN YOGUR

Se adjuntan los resultados del estudio de colorimetría realizado a los 10 prototipos de yogur a los cuales se les aplicó colorante de pitahaya en diferentes concentraciones.

Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se calcularon los promedios de las coordenadas CIELAB dadas por el colorímetro modelo CHROMA METER CR-400, marca KONICA MINOLTA. Además, se presentan las tonalidades correspondientes para que sea más evidente el cambio ocurrido en el producto alimenticio.

Las pruebas de color se hicieron en tres etapas. antes de la fermentación del yogur, después de la fermentación del yogur y 15 días después de elaborado. Tal y como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 33. Resultados de colorimetría de prototipo No 1 de yogur con 4 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna).

Fuente: Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	75.2	4.4	5	
	2	81.2	4.3	5.6	
	3	81.1	4.3	5.6	
	Promedio	79.2	4.3	5.4	
Después de fermentar	1	82.4	-1.2	11	
	2	84	-1.3	12	
	3	82.2	-1.3	11	
	Promedio	82.8	-1.2	11	
15 días después de la fermentación	1	85.4	-1.5	11	
	2	87	-1.4	12	
	3	85.8	-1.4	11	
	Promedio	86	-1.4	11	

Se presentó una apreciable decoloración justo después de la fermentación, puede verse que el colorante es inestable aun a temperaturas bajas (45 °C). Además, hay evidencia que a los 15 días la muestra siguió perdiendo intensidad.

Tabla 34. Resultados de colorimetría de prototipo No 2 de yogur con 6 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna). Fuente: Elaboración propia

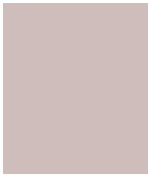
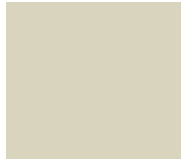
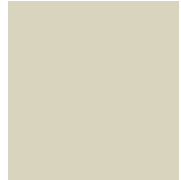
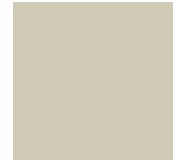
	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	76.8	6.92	4.11	
	2	78	5.18	3.05	
	3	79.7	6.64	4.21	
	promedio	78.2	6.25	3.79	
Después de fermentar	Prueba No	L	a	b	
	1	83	-0.44	11.41	
	2	82	-0.74	12.08	
	3	81.6	-0.47	11.78	
	promedio	82.2	-0.55	11.76	
15 días después de la fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	84.8	-1.06	11.4	
	2	85.3	-0.94	11.21	
	3	84.3	-1.28	11.58	
	promedio	84.8	-1.09	11.4	

Tabla 35. Resultados de colorimetría de prototipo No 3 de yogur con 4 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación). Fuente: Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	76.46	8.71	3.59	
	2	77.12	8.7	3.6	
	3	69.11	7.65	3.04	
	Promedio	74.23	8.35	3.41	
Después de fermentar	Prueba No	L	a	b	
	1	82.89	-0.84	11.8	
	2	80.8	-0.25	11.64	
	3	81.62	-0.3	11.58	
	promedio	81.77	-0.46	11.67	
15 días después de la fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	87.86	-0.69	13.4	
	2	84.69	-0.45	11.57	
	3	83.12	-0.59	11.66	
	promedio	85.22	-0.58	12.21	

Se observa que a pesar de tener exactamente la misma cantidad de colorante que el prototipo No 1 el prototipo No 3 presenta una tonalidad más intensa. Sin embargo, al igual que en las formulaciones anteriores el color se atenúa con la fermentación y con el paso del tiempo.

Tabla 36. Resultados de colorimetría de prototipo No 4 de yogur con 6 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación)

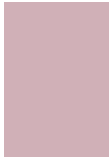
Fuente: Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	76.69	10.44	2.27	
	2	73.91	10.53	2.23	
	3	74.91	10.78	2.28	
	Promedio	75.17	10.58	2.26	
Después de fermentar	1	80.62	0.76	11.43	
	2	80.74	0.62	11.17	
	3	79.72	0.6	11.12	
	promedio	80.36	0.66	11.24	
15 días después de la fermentación	1	81.41	0.35	11.74	
	2	83.26	-0.92	12.55	
	3	83.84	0.09	11.38	
	promedio	82.84	-0.16	11.89	

Este prototipo tiene la misma cantidad de colorante que el prototipo No 2, la única diferencia es el método de extracción, pero como en el caso anterior, la tonalidad es más intensa. En este caso, también, el colorante es inestable a la temperatura de fermentación y se desvanece.

Por los resultados obtenidos anteriormente se formularon otros prototipos de yogur con mayor cantidad de colorante de la pitahaya. Estos son los resultados.

Tabla 37. Resultados de colorimetría de prototipo No 5 de yogur con 15 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna). Fuente: Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	75.5	12.79	0.94	
	2	74.1	13	1.1	
	3	75.1	12.63	1.03	
	promedio	74.9	12.81	1.02	
Después de fermentar	1	79.9	4.2	10.55	
	2	75.5	3.42	10.54	
	3	78.1	4	10.89	
	promedio	77.8	3.87	10.66	
15 días después de la fermentación	1	78.7	3.91	9.96	
	2	79.7	2.68	11.38	
	3	81	3.58	10.42	
	promedio	79.8	3.39	10.59	

Se aprecia que en este prototipo el colorante también se desvanece con la temperatura de fermentación y el transcurrir del tiempo.

Tabla 38. Resultados de colorimetría de prototipo No 6 de yogur con 20 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna). Fuente: Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	73.7	15.02	-0.42	
	2	70.9	15.11	-0.39	
	3	73.5	14.84	-0.24	
	promedio	72.7	14.99	-0.35	
Después de fermentar	1	78.9	5.16	10.71	
	2	78.8	5.34	10.37	
	3	78.4	5.3	10.56	
	promedio	78.7	5.27	10.55	
15 días después de la fermentación	1	77.5	5.22	9.76	
	2	79.4	5.29	9.84	
	3	79.7	5.82	10.42	
	promedio	78.9	5.44	10.01	

Aunque con coloración más intensa, el colorante experimenta una sensible disminución en la intensidad después de la fermentación.

Tabla 39. Resultados de colorimetría de prototipo No 7 de yogur con 15 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación)

Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Antes de fermentar	Prueba No	L	a	b	
	1	71.89	17.01	-1.09	
	2	71.57	17.12	-1.12	
	3	71.7	16.98	-1.07	
	Promedio	71.72	17.04	-1.09	
Después de fermentar	Prueba No	L	a	b	
	1	76.93	5.82	12.14	
	2	78.13	3.51	13.93	
	3	78.35	3.29	13.78	
	promedio	77.8	4.21	13.28	
15 días después de la fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	78.05	4.07	12.35	
	2	77.44	5.82	11.06	
	3	77.29	7.05	9.51	
	promedio	77.59	5.65	10.97	

Se observó una coloración más intensa si se lo compara con el prototipo de yogur que tiene la misma cantidad de colorante extraído por columna (prototipo No 5), pero la decoloración después de la fermentación sigue siendo apreciable.

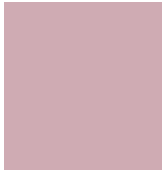
Tabla 40. Resultados de colorimetría de prototipo No 8 de yogur con 20 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación). Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Antes de fermentar	1	69.71	19.63	-2.51	
	2	69.64	19.61	-2.52	
	3	69.71	19.69	-2.55	
	Promedio	69.69	19.64	-2.53	
Después de fermentar	1	75.24	7.94	11.38	
	2	74.62	8.86	10.2	
	3	74.95	8.32	10.95	
	promedio	74.94	8.37	10.84	
15 días después de la fermentación	1	75.53	8.17	9.94	
	2	75.33	8.78	9.4	
	3	75.48	8.19	10.17	
	promedio	75.45	8.38	9.84	

Se observó en este prototipo que, si bien hay una decoloración después de la fermentación, si presenta mejor estabilidad a través del tiempo. Ante los resultados obtenidos de los estudios de color de los 8 prototipos de yogur formulados en los cuales es evidente que el colorante de la pitahaya no es termoestable, se decidió elaborar entonces, dos prototipos más con 4 gramos de colorante por cada 250 ml de yogur con la diferencia que este se añadió después del proceso de fermentación para que no experimentará ningún incremento brusco de temperatura.

Tabla 41. Resultados de colorimetría de prototipo No 9 de yogur con 4 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación) añadidos después de la fermentación.

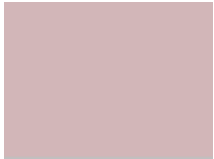
Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Después de fermentar	1	73.25	14.56	1.2	
	2	73.55	14.41	1.26	
	3	73.47	14.52	1.2	
	promedio	73.42	14.50	1.22	
15 días después de la fermentación	1	70.77	18.19	-0.92	
	2	70.87	17.94	-0.91	
	3	70.76	18.02	-0.93	
	promedio	70.8	18.05	-0.92	

Las diferencias con las pruebas anteriores son evidentes, pues si bien es cierto el equipo detectó una leve disminución del color después de 15 días de elaborado el producto. Esta disminución es mucho menor que la experimentada si el colorante pasara por aumentos de temperatura.

Tabla 42. Resultados de colorimetría de prototipo No 10 de yogur con 4 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna) añadidos después de la fermentación.

Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Después de fermentar	Prueba No	L	a	b	
	1	76.46	10.6	3.26	
	2	76.66	10.7	3.23	
	3	76.67	10.64	3.21	
	promedio	76.60	10.65	3.23	
15 días después de la fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	75.62	12.08	2.3	
	2	75.62	12.04	2.32	
	3	75.64	12.03	2.31	
	promedio	75.63	12.05	2.31	

Puede observarse una leve disminución en la intensidad del color con el paso del tiempo, pero presenta más estabilidad que si el colorante hubiera sido sometido a alzas de temperatura.

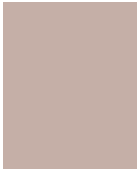
7.2. APLICACIÓN DE COLORANTE EN SORBETE

Se elaboraron dos prototipos de sorbete con colorante de pitahaya, tal y como se describió en el capítulo 6. Las mediciones de color se realizaron en 3 etapas. antes del proceso de mantecación, 15 días después del proceso de mantecación y 60 días después de la mantecación para poder observar la estabilidad del colorante de la pitahaya a bajas temperaturas (-2 °C a 4 °C) y con el paso del tiempo.

Los resultados de las pruebas de color realizadas con el colorímetro modelo CHROMA METER CR-400, marca KONICA MINOLTA a los dos prototipos de sorbete con colorante de pitahaya son los siguientes.

Tabla 43. Resultados de colorimetría de prototipo No 1 de sorbete con 8 gramos de colorante de pitahaya (extraído por columna)

Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Antes de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	73.1	7.3	7.31	
	2	73.52	7.11	7.09	
	3	73.32	7.21	7.23	
	Promedio	73.31	7.21	7.21	
15 días después de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	73.27	6.48	6.85	
	2	74.18	6.56	6.78	
	Promedio	73.73	6.52	6.82	
60 días después de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	76.28	6.63	6.93	
	2	76.21	6.42	6.54	
	Promedio	76.25	6.53	6.74	

Este prototipo presentó pequeñas variaciones con el paso del tiempo. En concreto, el color se hizo más claro y disminuyeron las tonalidades amarillas y rojas, de acuerdo a los resultados del colorímetro.

Tabla 44. Resultados de colorimetría de prototipo No 2 de sorbete con 8 gramos de colorante de pitahaya (extraído por centrifugación) Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Antes de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	71.15	10.78	4.49	
	2	70.01	9.76	4.35	
	3	70.4	11.08	4.6	
	Promedio	70.52	10.54	4.48	
15 días después de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	71.31	10.57	4.58	
	2	71.52	10.73	4.61	
	Promedio	71.42	10.65	4.6	
60 días después de mantecación	Prueba No	L	a	b	
	1	71.86	10.48	4.46	
	2	72.9	10.4	4.37	
	Promedio	72.38	10.44	4.42	

De los dos prototipos de sorbete, este es el que presentó una mayor estabilidad en el tiempo, pues por los resultados del colorímetro, se puede apreciar que las variaciones de intensidad y de color son mínimas.

7.3. APLICACIÓN DE COLORANTE EN CURTIDO DE CEBOLLA

Este producto se fabricó de acuerdo con el procedimiento descrito en el capítulo 6. Para evaluar la estabilidad del color de los dos prototipos formulados se realizaron pruebas por triplicado a la solución de vinagre a la cual se le había añadido el colorante. También se midió el pH del medio. Se reportan los promedios de dichas mediciones.

Los resultados son los siguientes.

Tabla 45. Resultados de colorimetría de prototipo No 1 de curtido de cebolla con colorante de pitahaya extraído por columna. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Inicio del proceso	1	43.51	6.26	-0.21	
	2	41.32	6.25	-0.37	
	3	40.3	6.29	-0.43	
	Promedio	41.71	6.27	-0.34	

pH de solución de vinagre con colorante de pitahaya extraído por columna. **2.45**

Tabla 46. Resultados de colorimetría de prototipo No 2 de curtido de cebolla con colorante de pitahaya extraído por centrifugado. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
	Prueba No	L	a	b	
Inicio del proceso	1	36.1	3.93	0.02	
	2	38.49	3.86	0.19	
	3	37.27	3.91	0.1	
	Promedio	37.29	3.90	0.10	

pH de solución de vinagre con colorante de pitahaya extraído por centrifugado. **2.38**

Para la medición de color de la solución de vinagre de ambos prototipos se experimentaron dificultades pues por la transparencia del medio, el equipo reportaba los resultados del fondo del contenedor, por lo que las tonalidades registradas en los cuadros anteriores no corresponden a la realidad óptica del color en el producto. La tonalidad inicial del producto se puede evidenciar en el ANEXO D.

Cabe mencionar que ambos prototipos perdieron totalmente el color en la solución de vinagre alrededor de los 15 días de elaboración. Su tonalidad pasó a la naturaleza del vinagre industrial al 3% sin ningún colorante.

7.4. EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE LA FLOR DE JAMAICA Y CARACTERIZACIÓN.

Como se detalló en el capítulo 6 la extracción del colorante de la flor de Jamaica se realizó por medio de lixiviación usando el equipo soxhlet. Con el objetivo de cuantificar el porcentaje de extracto que contiene el colorante de la flor de Jamaica obtenido del proceso de separación se presentan las masas iniciales y finales de la lixiviación con su respectivo resultado.

La ecuación para calcular el porcentaje de masa extraída es la siguiente.

$$\% \text{masa extraída} = \frac{(\text{masa seca después de lixiviado} - \text{masa seca inicial})}{\text{masa inicial}} \times 100 \text{ (Ecuación 3)}$$

Tabla 47. Masa y porcentaje de extracto obtenido de la flor de Jamaica por lixiviación (soxhlet).

Fuente. Elaboración propia

Experimento No	Masa seca inicial de flor de Jamaica (g)	Masa seca después de lixiviado de flor de Jamaica (g)	% Masa extraída
1	10.0	6.32	36.8
2	30.0	18.18	39.4
3	30.0	16.94	43.5
4	30.0	17.66	41.1
5	20.0	10.98	45.1
6	20.0	10.97	45.2
7	24.0	13.30	44.6
8	24.0	13.51	43.7
			42.4

Puede observarse que el porcentaje promedio de las extracciones ronda el 42%, sin embargo, hay una fracción de agua presente, es por ello que posteriormente se concentró lo obtenido de la lixiviación en un rotavapor.

A los extractos obtenidos en los ocho lixiviados se les realizó prueba de pH por el método potenciométrico, los resultados son los siguientes.

Tabla 48. Resultados de pH de extractos de flor de Jamaica obtenidos por lixiviación.

Fuente. Elaboración propia

Extracto No	pH
1	3.58
2	3.67
3	3.47
4	3.47
5	3.61
6	3.54
7	3.58
8	3.57
PROMEDIO	3.56

Por los valores de pH obtenidos puede verse que el extracto de la flor de Jamaica es ácido, esto es debido a su contenido de antocianinas lo cual se logró comprobar más adelante en esta investigación.

Concentración del extracto de flor de Jamaica obtenido de la lixiviación.

Con el objetivo de enriquecer el contenido de antocianinas (colorante) presentes en el extracto de flor de Jamaica se evaporó el solvente utilizado, es decir el etanol de 90°, esto se logró gracias al equipo llamado rotoevaporador. Como resultado de la eliminación del etanol se obtuvieron aproximadamente 90 ml de concentrado de flor de Jamaica, al cual se le hicieron una serie de pruebas fisicoquímicas para caracterizarlo, antes de aplicarlo en los productos alimenticios como colorante.

Caracterización del concentrado de colorante de flor de Jamaica.

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 49. Resultados de pruebas fisicoquímicas de concentrado flor de Jamaica.

Fuente. Elaboración propia

Prueba	Resultado	Análisis
pH	2.52	El concentrado es todavía más ácido que el lixiviado del cual provino. Esto es debido a la presencia de ácidos orgánicos y antocianinas presentes en él.
Grados brix	56 °	Concentración relativamente alta de sólidos solubles posiblemente por presencia de azúcares en el concentrado.
Densidad	1.2548 g/ml	Puede apreciarse que es un líquido con densidad mayor que la del agua.

Los cálculos involucrados pueden consultarse en el Anexo H.

Identificación de antocianinas.

Las antocianinas son compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides. Se encuentran en algunos tejidos vegetales que van del color rojo al azul como los arándanos o la flor de Jamaica.

Las antocianinas presentan un espectro de absorción característico con bandas alrededor de 250, 370 y 500- 545 nm. Esta última banda de absorción varía con el pH del medio y muestra información sobre el tipo de antocianina presente en la muestra [11]. En la tabla 50 se observan las intensidades de las bandas de absorción por tipo de antocianina, esta información fue utilizada para la identificación de este compuesto en el concentrado de flor de Jamaica.

Tabla 50. Bandas de absorción de las antocianinas más comunes.

Fuente. Adaptación propia con base a Ortega, G. M., & Guerra, M. (2006).

Compuesto	Banda de absorción (nm)	Coefficiente de extinción
Pelargonidina	530	32000
Pelargonidina 3 - glucósido	515	13000
Cianidina 3 - glucósido	525	29600
Malvidina 3 - glucósido	535	29500
Malvidina 3,5 - diglucósido	520	37700

Para comprobar su presencia en el concentrado obtenido se realizó un scan en la región UV – visible (250 – 900 nm) con un espectrofotómetro UV-VIS Lambda 265 de Perkin Elmer de una serie de diluciones a diferentes pHs.

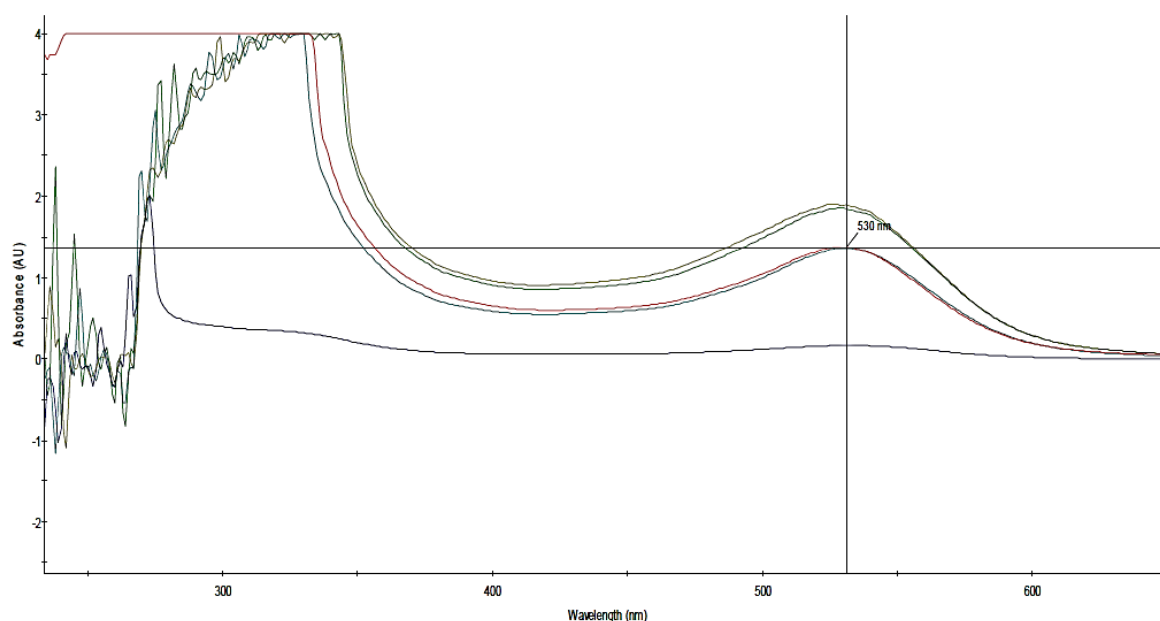


Figura 2. Espectro UV VIS de antocianinas en extracto de flor de Jamaica. Elaboración propia

El reporte entregado por el equipo, y que puede verse en la figura 3, muestra que el extracto tiene máxima absorción entre las longitudes de 500 a 550 nm lo cual es indicativo de presencia de antocianinas y específicamente el punto de máxima absorbancia está ubicado en 530 nm, lo cual da pie a identificar que la antocianina predominante en el concentrado de flor de Jamaica es la Pelargonidina (véase tabla anterior)

Result Data

Name	AU(250.000nm)	AU(370.000nm)	AU(520.000nm)	AU(530.000nm)	AU(535.000nm)
Sample1	0.18867	1.29970	1.79299	1.85555	1.81111
Sample2	-0.09271	0.10600	0.15809	0.16605	0.16576
Sample3	-0.13370	1.36424	1.85183	1.89032	1.86134
Sample4	-0.12109	0.85737	1.29117	1.35702	1.34348
Sample5	4.00000	0.96945	1.31903	1.36939	1.34877

Figura 3. Reporte de resultados de absorbancias a diferentes longitudes de onda. Elaboración propia.

Cuantificación de antocianinas en el concentrado de flor de Jamaica.

Puesto que se identificó la presencia de la antocianina Pelargonidina, se procedió a cuantificar el contenido total de antocianinas en el concentrado. El cual se determinó por espectrofotometría UV – VIS por el método de pH diferencial. El procedimiento puede consultarse en el capítulo 6.

Se midió la absorbancia del concentrado a pH de 1 y la absorbancia del concentrado a pH de 4. Se utilizó un espectrofotómetro UV-VIS Lambda 265 de Perkin Elmer. Se calibró el equipo usando como blanco

agua destilada y se hizo la lectura en el espectrofotómetro a 520 nm y a 700 nm. La concentración de antocianinas fue determinada mediante la ecuación 1. Las pruebas se realizaron por triplicado. Los resultados son los siguientes.

Tabla 51. Absorbancias del concentrado de flor de Jamaica a pH 1 y pH 4. Fuente. Elaboración propia

Longitud de onda (nm)	pH	Absorbancia			PROMEDIOS
520 nm	1.0	0.8660	0.90987	0.88926	0.8884
	4.0	0.21170	0.2155	0.23742	0.2215
700 nm	1.0	-0.0266	-0.03199	-0.03242	-0.0303
	4.0	-0.03438	-0.01720	-0.01369	-0.0218

Los valores promedios de absorbancias fueron sustituidos en las siguientes ecuaciones para calcular la absorbancia ajustada y el contenido de antocianinas presentes en el concentrado.

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \left(\frac{\text{Absorbancia ajustada}}{\text{Coeficiente de extinción molar}} \right) \times PM \times 1000 \times FD \text{ (Ecuación 1)}$$

La absorbancia ajustada se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Absorbancia ajustada} = (Abs_{520} - Abs_{700})pH1.0 - (Abs_{520} - Abs_{700})pH4.0 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde.

- PM (peso molecular) = 271,24 g/mol como Pelargonidina.
- Coeficiente de extinción molar = 32000 de Pelargonidina.
- 1000 es el factor de conversión de molar a ppm (mg/L)
- FD (factor de dilución) = 50X * 10X = 500X

Al sustituir los datos de absorbancia y otras constantes químicas en las ecuaciones los resultados son los siguientes.

Absorbancia ajustada = 0.6754

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 2,862.4 \text{ mg/L}$$

Este resultado indica que los procesos de extracción utilizados fueron efectivos. Además, es consecuente con los otros parámetros fisicoquímicos tales como pH, densidad y grados brix.

7.5. APLICACIÓN DEL COLORANTE DE LA FLOR DE JAMAICA EN YOGUR

De la misma forma que se hizo con el colorante de la pitahaya, también, se probó la capacidad tintórea del colorante de la flor de Jamaica en productos lácteos. El procedimiento que se siguió para hacer los estudios de color con los productos es el mismo que se siguió con los yogures con colorante de pitahaya. Los resultados de los prototipos de yogur con colorante de flor de Jamaica son los siguientes.

Tabla 52. Resultados de colorimetría de prototipo No 1 de yogur con 0.5 gramos de colorante de flor de Jamaica. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Antes de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	77.17	-0.94	4.84	
	2	77.1	-0.94	4.81	
	3	77.13	-0.96	4.82	
	Promedio	77.13	-0.95	4.82	
24 horas después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	79.67	1.61	7.82	
	2	79.36	1.61	7.79	
	3	79.51	1.63	7.85	
	Promedio	79.51	1.62	7.82	

Tabla 53. Resultados de colorimetría de prototipo No 2 de yogur con 1 gramo de colorante de flor de Jamaica. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
Antes de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	66.54	0.35	2.59	
	2	68.14	0.47	2.67	
	3	68.15	0.46	2.68	
	Promedio	67.61	0.43	2.65	
24 horas después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	75.09	3.42	5.94	
	2	73.9	3.53	5.87	
	3	74.4	3.46	5.88	
	Promedio	74.46	3.47	5.90	

Tener en cuenta que el colorante de flor de Jamaica se agregó a la mezcla antes del proceso de la fermentación láctica. Se observó que ambos perdieron su coloración antes de las 24 horas, además, presentaron material fibroso y partículas verdes (probablemente clorofila). Por lo cual, se tomó la decisión de centrifugar y filtrar el concentrado de flor de Jamaica debido a la presencia de estas impurezas. Una vez hecho esto se procedió a formular dos prototipos más.

Los resultados de la colorimetría de esos productos son las siguientes.

Tabla 54. Resultados de colorimetría de prototipo No 3 de yogur con 0.5 gramos de colorante de flor de Jamaica (filtrado) añadido después de incubación. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
24 horas después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	73.88	5.49	3.74	
	2	73.26	5.47	3.84	
	3	74.64	5.47	3.85	
	Promedio	73.93	5.48	3.81	
7 días después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	77.40	3.79	5.55	
	2	76.10	3.75	5.43	
	3	77.38	3.80	5.54	
	Promedio	76.96	3.78	5.51	

Tabla 55. Resultados de colorimetría de prototipo No 4 de yogur con 1 gramo de colorante de flor de Jamaica (filtrado) añadido después de incubación. Fuente. Elaboración propia

	Coordenadas CIELAB				Tonalidad
24 horas después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	67.96	9.34	1.84	
	2	67.92	9.31	1.91	
	3	68.07	9.26	1.91	
	Promedio	67.98	9.30	1.89	
7 días después de fermentación	Prueba No	L	a	b	
	1	72.10	6.98	3.94	
	2	72.12	7.00	3.92	
	3	72.21	6.95	3.94	
	Promedio	72.14	6.98	3.93	

7.6. APLICACIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN BIZCOCHO ESPONJOSO

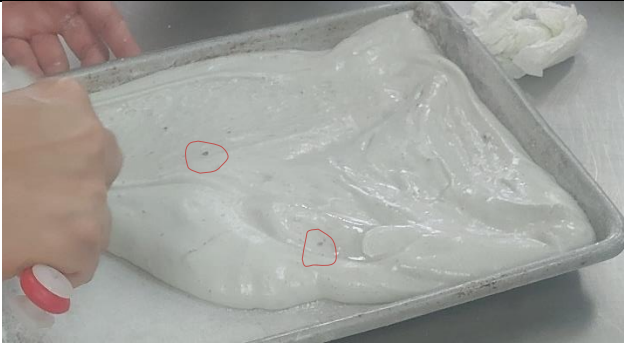
Para efectos de comprobar la estabilidad del colorante en productos que no fueran ácidos y que se sometieran a altas temperaturas se incorporó el concentrado de la flor de Jamaica en un bizcocho esponjoso.

Resultados.

Desde el inicio de la formulación se observó incompatibilidad con la yema del huevo, la cual se coaguló al tener contacto con el colorante, debido a su pH ácido (2.52). La mezcla adquirió color gris el cual no pudo ser corregido al añadir más colorante pues este no se integró con la formulación.

Tabla 56. Resultados de aplicación de colorante de flor de Jamaica en bizcocho esponjoso.

Fuente. Elaboración propia

Etapa	Análisis
 Mezcla de ingredientes	Por la acidez del concentrado no se mezcló con el resto de ingredientes de la formulación. Se señalan en rojo las “capsulas” de color que se formaron en el producto.
 24 horas después del horneado	El bizcocho resultante no esponjó, tenía un matiz gris y era de textura “seca”.
 Una semana después del horneado	El producto se almacenó en condiciones de refrigeración. Se observan signos de deterioro, el tinte grisáceo se mantiene y las “capsulas” de color también. Eso indica incompatibilidad con el resto de ingredientes.

Estas características no son atractivas para el consumidor de estos productos, por lo cual no se elaboraron más prototipos ni se continuó con el estudio de color.

7.7.APLICACIÓN DEL COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN ESPUMILLAS

Otro producto de interés de carácter “alcalino” y que se somete a altas temperaturas es la espumilla, el cual es un postre popular en nuestro país. Los resultados de esta formulación son los siguientes.

Tabla 57. Resultados de aplicación de colorante de flor de Jamaica en espumillas.

Fuente. Elaboración propia

Etapa	Análisis
 Mezclado de ingredientes	Integración total de los ingredientes, el colorante es compatible, pues este producto no tiene yema de huevo como ingrediente. La mezcla adquirió firmeza casi de forma inmediata y adquiere coloración lila.
 24 horas después del horneado.	El color lila disminuye su intensidad. Pero no hay presencia de vetas.

Etapa	Análisis
 Una semana después de horneado	La coloración disminuyó su intensidad levemente. El producto no muestra deterioro.

7.8. APLICACIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA EN CREMA PASTELERA

La crema pastelera a diferencia de los productos anteriores no requiere calentamiento. Así que se eligió probar el colorante para evaluar su estabilidad en el tiempo. Estos son los resultados.

Tabla 58. Resultados de aplicación de colorante de flor de Jamaica en crema pastelera. Fuente. Elaboración propia

Etapa	Análisis
 Mezclado de ingredientes	Integración completa del colorante con el resto de ingredientes. La mezcla adquiere una tonalidad rosa intenso.

Etapa	Análisis
 Aplicación en un bizcocho	La mezcla recién hecha presenta buena untuosidad.
 Una semana después de la elaboración.	Se almacenó el producto en refrigeradora. Hay signos de decoloración en los bordes y el producto comienza a descomponerse.

8. CONCLUSIONES

1. Extracción de colorante de la pitahaya de los dos métodos de separación físicos utilizados para la extracción del colorante en la pulpa de la pitahaya, el que ofreció mejores resultados en cuanto a intensidad del color fue la separación por centrifugado, este se debe a la poca presencia de mucilago en el extracto, lo cual favoreció su integración con los ingredientes de los alimentos a los que fue añadido.
2. Características del colorante extraído de la pitahaya por los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas, se establece que el colorante es de carácter ácido ($\text{pH}=3.64$), con una concentración de sólidos solubles dependiendo de su concentración en extracto. agua ($^{\circ}\text{Brix}$ para 1.1 de 6.5 y $^{\circ}\text{Brix}$ para 2.1 de 8.9)
3. Estabilidad del colorante extraído de la pitahaya con base a los resultados obtenidos de los estudios de colorimetría en las diferentes formulaciones de alimentos que contenían el colorante, se puede concluir que no es estable a temperaturas mayores a la del medio ambiente (aproximadamente 25°C) ni a pH ácidos. Por cual, no se recomienda su adición en productos alimenticios que requieran calentamientos, incluso moderados, ni tampoco a alimentos de carácter ácido. Los mejores

resultados se obtuvieron en el sorbete, pues este producto por sus características de elaboración y de almacenamiento no requiere de altas temperaturas.

4. Extracción del colorante de la flor de Jamaica se comprobó que el método físico de separación lixiviación fue efectivo para extraer el colorante presente en la flor de Jamaica, esto fue corroborado por los resultados positivos obtenidos en la identificación y cuantificación de antocianinas por medio de espectrofotometría UV – VIS por el método de pH diferencial.
5. Características del colorante extraído de la flor de Jamaica por los resultados de las pruebas fisicoquímicas practicadas al extracto se puede decir que, el colorante es de carácter ácido ($\text{pH} = 2.52$), más denso que el agua (1.25 g/ml), con una concentración de sólidos solubles de 56°Brix y con un contenido total de antocianinas de $2,862.4 \text{ mg/L}$. Estas características lo hacen propicio para ser incorporado a productos alimenticios ácidos y con bajo contenido en grasa tal y como se comprobó en la etapa de formulación de diferentes protos de alimentos.
6. Estabilidad del colorante extraído de la flor de Jamaica por los resultados de las pruebas realizadas en producto como yogur y derivados de la panadería, se puede concluir que el colorante es compatible con productos de carácter ácido pues mantiene la intensidad del color a través del tiempo, y que es incompatible con ingredientes ricos en grasa como la yema de huevo pues los coagula o no se integra en la formulación. El colorante es estable a altas temperaturas puesto que en alimentos como las espumillas que requieren ser horneados no se perdió la coloración de forma significativa.

9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar en el estudio del colorante contenido en la pulpa de la pitahaya para conocer el o los métodos de extracción que entreguen los mejores rendimientos y que conserven sus propiedades nutricionales. Así como, que se investiguen los mejores usos o aplicaciones en la industria alimentaria o cosmética.
2. Realizar investigaciones o proyectos que indaguen si existe una o varias sustancias que puedan prevenir o mitigar la degradación del colorante de la pulpa de la pitahaya para que este pueda ser aprovechado en la formulación de una gama más amplia de productos alimenticios o en la industria cosmética.
3. Se recomienda investigar más aplicaciones del colorante presente en la flor de Jamaica debido a que mostró buena estabilidad a las altas temperaturas. Algunas posibilidades podrían ser productos horneados como galletas, productos pasteurizados como leches saborizadas o incluso se puede contemplar su uso en la industria farmacéutica o cosmética.

10.GLOSARIO

Absorbancia. Se trata de la medida que refleja cómo se atenúa la radiación cuando atraviesa un elemento. La absorbancia puede expresarse mediante un logaritmo que surge a partir del vínculo entre la intensidad que sale y la intensidad que ingresa a la sustancia.

Antioxidante. Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.

Antocianina. Las antocianinas son un grupo de pigmentos vegetales solubles en agua, presentes en vegetales y frutas y en muchos casos son las responsables de su color. A las antocianinas se les atribuyen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes.

Codex Alimentarius. Es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobados por la Comisión del Codex Alimentarius. La Comisión, conocida también como CAC, constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario.

Espectro de absorción. La espectroscopia de absorción se emplea como una herramienta de química analítica para determinar la presencia de una sustancia en particular en una muestra y, en muchos casos, para cuantificar la cantidad de sustancia presente.

Espectrofotómetro. Es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra.

Espectrofotometría ultravioleta-visible (UV/VIS). Es una espectroscopia de emisión de fotones y una espectrofotometría. Utiliza radiación electromagnética (luz) de las regiones visible, ultravioleta cercana (UV) e infrarroja cercana (NIR) del espectro electromagnético, es decir, una longitud de onda entre 160nm y 780nm. Se utiliza para identificar algunos grupos funcionales de moléculas, y además, para determinar el contenido y fuerza de una sustancia.

Grados brix. Son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro.

Pelargonidina. es una antocianidina, un tipo de pigmento vegetal. Es un antioxidante. Produce un color naranja característico.

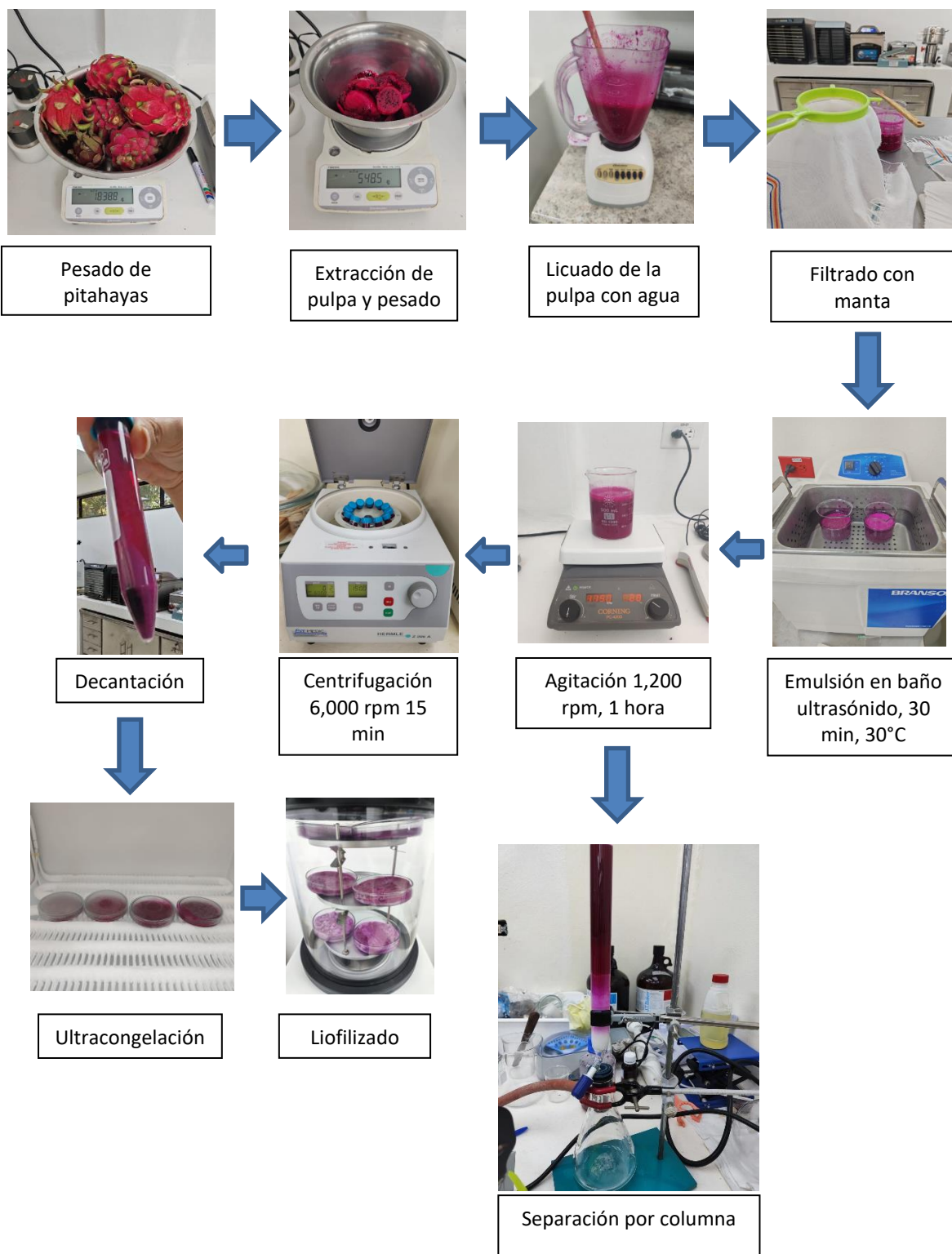
Prototipo. Primer modelo de un producto o servicio que se lleva intención de testear; o bien, lanzar al mercado como algo totalmente novedoso o porque se trata una versión mejorada de lo ya que había.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Badui, «Química de los alimentos,» de *Química de los alimentos*, Cuarta ed., México, PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [2] Z. M. J. Córdoba, «Obtención de un colorante orgánico para la industria alimentaria a partir del fruto de Pitahaya (*Hylocereus undatus*),» Managua, 2014.
- [3] V. Santarrosa, «Evaluación nutricional comparativa de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) deshidratada en deshidratador de bandejas con la liofilizada.,» Riobamba, 2013.
- [4] I. Y. E. .. M. C. D. V. K. & C. P. Huachi, «Desarrollo de la pitahaya (*cereus* sp.) en Ecuador.,» *Revista de ciencias de la vida*, vol. 22, nº 2, pp. 50-58, 2015.
- [5] J. M. Á. Cea, «Propuesta de un extracto colorante a partir de *Hibiscus sabdariffa* para ser usado en la industria textil,» San Salvador, 2012.
- [6] «EcuRed,» [En línea]. Available. https://www.ecured.cu/Rosa_de_Jamaica. [Último acceso. 19 enero 2024].
- [7] F. Augstburger, J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid y J. a. S. C. Milz, «Producción ecológica de hibisco,» Naturland, Berlin, 2000.
- [8] S. Marín y C. Mejía, «Extracción de colorante a partir de la flor de Jamaica,» Managua, 2012.
- [9] C. A. R. Luis, «Efecto de uso del extracto de la Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) como colorante natural y fuente de antioxidantes en las características fisicoquímicas de yogur sabor a fresa,» Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano, 2017.
- [10] M. M. & W. R. E. Giusti, «Characterization of red radish anthocyanins,» *Journal of Food Science*, vol. 2, nº 61, pp. 322-326, 1996.
- [11] G. M. & G. M. Ortega, «Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químico-físicos.,» *Ortega, G. M., & Guerra, M. (2006). Separación, caracterización estructural y cuantificación* ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. XL, nº 3, pp. 3-11, 2006.

12. ANEXOS

12.1. ANEXO A. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE LA PULPA DE LA PITAHAYA



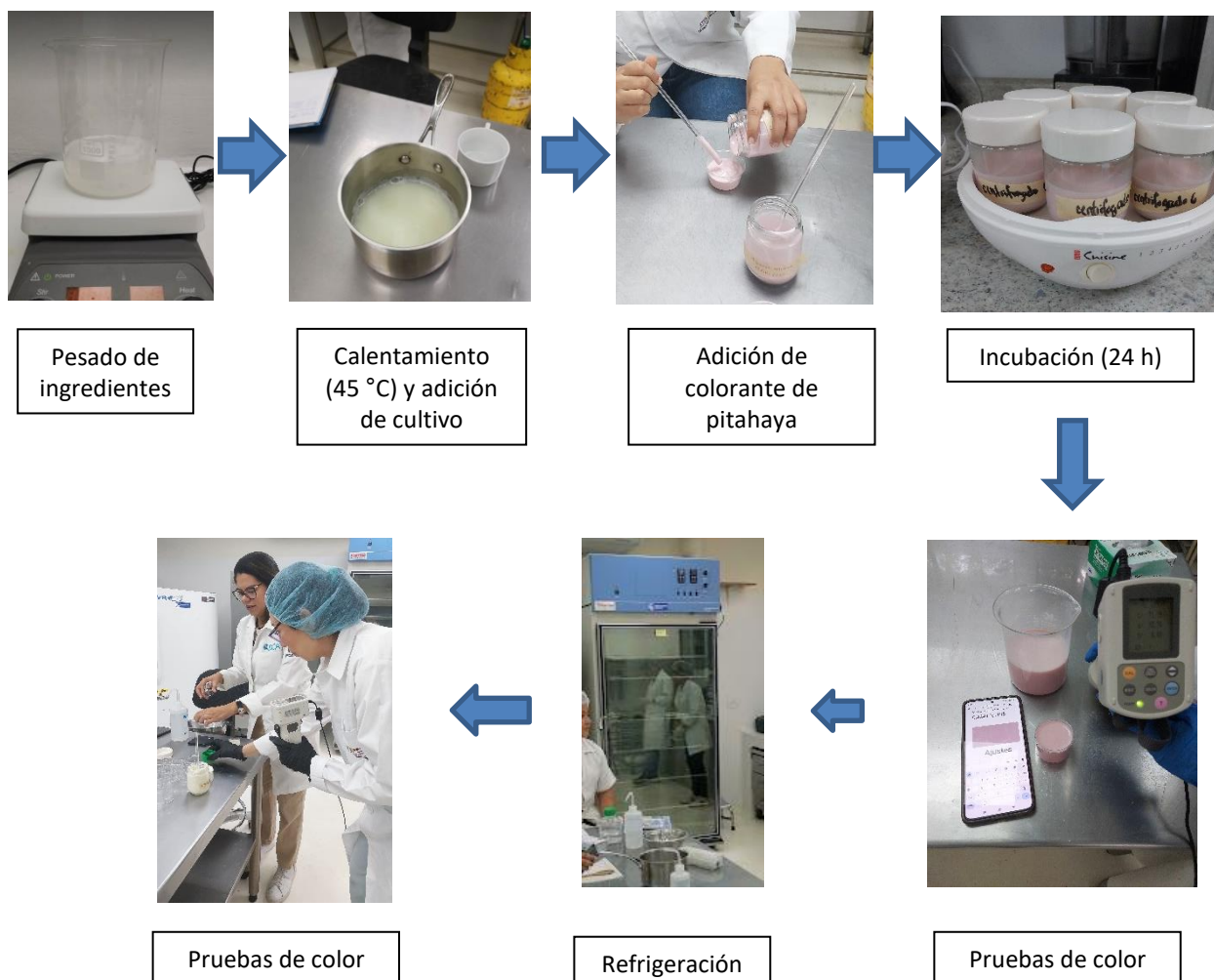
12.2. ANEXO B. PROCESO GENERAL DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A PROTOTIPOS DE YOGUR

Para el desarrollo del yogur se utilizó el cultivo (Selection Mild 1).

Composición del cultivo. *Lactobacillus delbrueckii* subsp y *Bulgaricus Streptococcus thermophilus*.

Preparación del cultivo para yogur. Esterilizar todos los instrumentos y cristalería a utilizar para la preparación de la solución. Verter todo el sobre (pack size 5U) en 250 mL de agua a temperatura ambiente. Mezclar por 15 minutos para disolver todo el cultivo.

Aplicación del cultivo. Utilizar 1 mL de solución de cultivo por 1 litro de yogur a preparar.



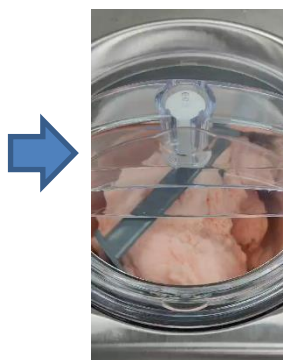
12.3. ANEXO C. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A PROTOTIPOS DE SORBETE



Pesado de
ingredientes



Mezclado y
adición de
colorante



Mantecación



Pruebas de color



Prototipos No 1 y No 2 de sorbete

12.4. ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE COLORANTE DE PITAHAYA A PROTOTIPOS DE ENCURTIDO DE CEBOLLA



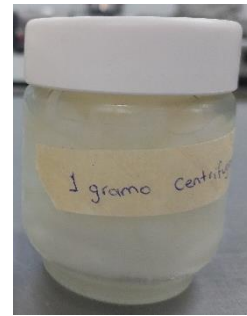
Picado y escaldado de cebolla



Preparación de solución de vinagre con colorante



Pesado de ingredientes



Mezcla de ingredientes

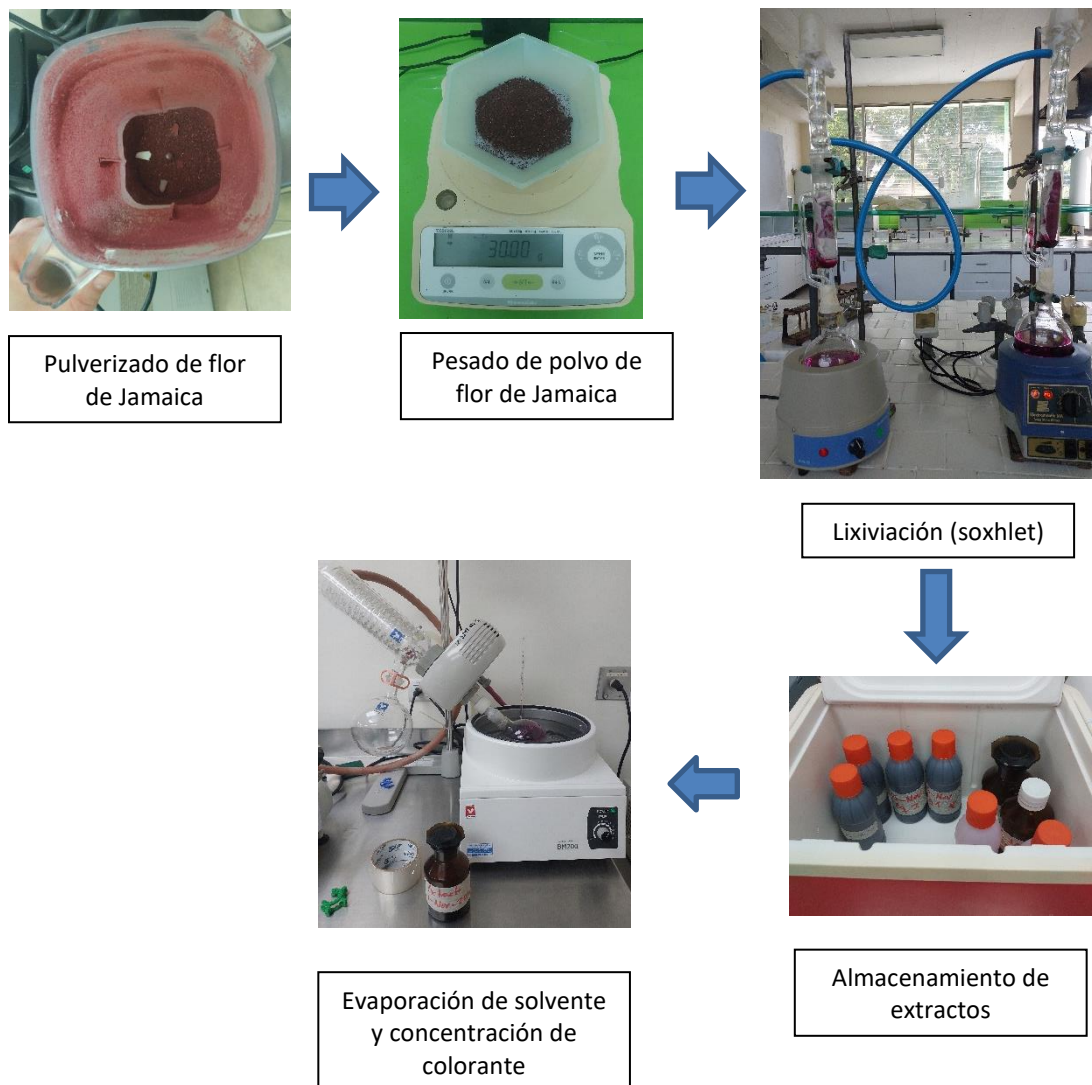


Prueba de pH y colorimetría a solución de vinagre



Prototipos No 1 y No 2 de encurtido de cebolla

12.5. ANEXO E. PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE FLOR DE JAMAICA



12.6. ANEXO F. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS A COLORANTE DE ROSA DE JAMAICA.



pH



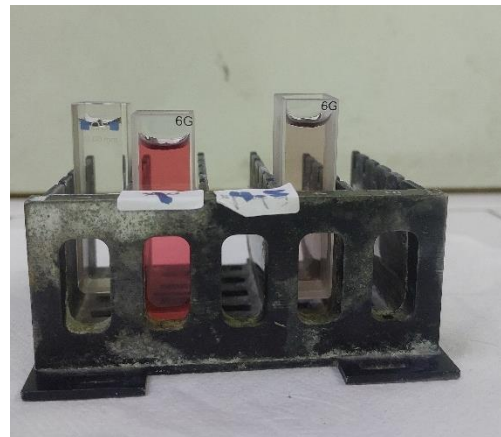
Densidad



Grados brix



Identificación y cuantificación de antocianinas por espectrofotometría UV VIS



12.7. ANEXO G. CÁLCULOS PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE MASA EXTRAÍDA DE LA LIXIVIACIÓN DE LA FLOR DE JAMAICA

Cálculos de porcentaje de masa extraída en la lixiviación de flor de Jamaica.

Se sustituyeron los datos en la ecuación siguiente.

$$\% \text{masa extraída} = \frac{(\text{masa seca después de lixiviado} - \text{masa seca inicial})}{\text{masa inicial}} \times 100$$

Los resultados son los siguientes.

Experimento No	Masa seca inicial de flor de Jamaica (g)	Masa seca después de lixiviado de flor de Jamaica (g)	Cálculos	% Masa extraída
1	10.0	6.32	$= \frac{(10 - 6.32)}{10} \times 100$	36.8
2	30.0	18.18	$= \frac{(30 - 18.18)}{30} \times 100$	39.4
3	30.0	16.94	$= \frac{(30 - 16.94)}{30} \times 100$	43.5
4	30.0	17.66	$= \frac{(30 - 17.16)}{30} \times 100$	41.1
5	20.0	10.98	$= \frac{(20 - 10.98)}{20} \times 100$	45.1
6	20.0	10.97	$= \frac{(20 - 10.97)}{20} \times 100$	45.2
7	24.0	13.30	$= \frac{(24 - 13.30)}{24} \times 100$	44.6
8	24.0	13.51	$= \frac{(24 - 13.51)}{24} \times 100$	43.7
			PROMEDIO	42.4

Cálculos para determinar la densidad del concentrado de colorante de flor de Jamaica.

Para calcular la densidad se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{densidad} = \frac{(\text{masa picnometro con concentrado} - \text{masa picnometro vacío})}{\text{volumen de picnometro (25ml)}}$$

Experimento No	Masa picnómetro vacío (g)	Masa picnómetro con concentrado (g)	Cálculos	Densidad (g/ml)
1	18.7032	49.9557	$= \frac{(49.9557 - 18.7032)g}{25 \text{ ml}}$	1.2501
2	19.0797	50.5679	$= \frac{(50.5679 - 19.0797)g}{25 \text{ ml}}$	1.2595
			PROMEDIO	1.2548

Cálculos para la cuantificación de antocianinas en el concentrado de colorante de flor de Jamaica.

Los cálculos para preparar las soluciones involucradas en el tratamiento de la muestra son los siguientes.

Solución de KCl 0.025 M (pH =1)

Se prepararon 25 ml de la siguiente forma.

$$\text{gramos KCl} = \text{concentración de la solución} \times \text{PM KCl} \times \text{volumen solución en litros}$$

PM KCl es el peso molecular del KCl = 74.5513 g/mol. Sustituyendo los datos en la fórmula.

$$\text{gramos KCl} = 0.025 \text{ M} \times 74.5513 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.025 \text{ L} = 0.047 \text{ gramos}$$

Solución de acetato de sodio 0.4 M M (pH =4)

Se prepararon 25 ml de la siguiente forma.

$$\text{gramos acetato Na} = \text{concentración de la solución} \times \text{PM acetato} \times \text{volumen solución en litros}$$

PM KCl es el peso molecular de acetato de sodio = 82.0343 g/mol. Sustituyendo los datos en la fórmula.

$$\text{gramos acetato Na} = 0.4 \text{ M} \times 82.0343 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.025 \text{ L} = 0.82 \text{ gramos}$$

Absorbancias del concentrado de flor de Jamaica a pH 1 y pH 4.

Longitud de onda (nm)	pH	Absorbancia			PROMEDIOS
520 nm	1.0	0.8660	0.90987	0.88926	0.8884
	4.0	0.21170	0.2155	0.23742	0.2215
700 nm	1.0	-0.0266	-0.03199	-0.03242	-0.0303
	4.0	-0.03438	-0.01720	-0.01369	-0.0218

Los valores promedios de absorbancias fueron sustituidos en las siguientes ecuaciones para calcular la absorbancia ajustada y el contenido de antocianinas presentes en el concentrado.

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \left(\frac{\text{Absorbancia ajustada}}{\text{Coeficiente de extinción molar}} \right) \times PM \times 1000 \times FD \text{ (Ecuación 1)}$$

La absorbancia ajustada se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Absorbancia ajustada} = (\text{Abs}_{520} - \text{Abs}_{700})_{pH1.0} - (\text{Abs}_{520} - \text{Abs}_{700})_{pH4.0} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde.

- PM (peso molecular) = 271,24 g/mol como Pelargonidina.
- Coeficiente de extinción molar = 32000 de Pelargonidina.
- 1000 es el factor de conversión de molar a ppm (mg/L)
- FD (factor de dilución) = 50X * 10X = 500X

Al sustituir los datos de absorbancia y otras constantes químicas en las ecuaciones los resultados son los siguientes.

$$\text{Absorbancia ajustada} = (0.8884 - (-0.0303))_{pH1.0} - (0.2215 - (-0.0218))_{pH4.0}$$

$$\text{Absorbancia ajustada} = \mathbf{0.6754}$$

Este valor de absorbancia ajustada se sustituye en la ecuación 1.

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \left(\frac{0.6754}{32000} \right) \times 271,24 \times 1000 \times 500$$

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 2,862.4 \text{ mg/L}$$



ITCA FEPADE

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procvia.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

www.itca.edu.sv

