

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: "Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (*musa acuminata*) para aplicación en la industria alimentaria."

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: Paspuel Malte Brayan Rivaldo

TUTORA: Ing. Cadena Mafla Vanessa Elizabeth, MSc.

Tulcán, 2024.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Paspuel Malte Brayan Rivaldo con el número de cédula 0401850748 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (*musa acuminata*) para aplicación en la industria alimentaria".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

Ing. Cadena Mafla Vanessa Elizabeth, MSc.

TUTOR

Tulcán, enero de 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Paspuel Malte Brayán Rivaldo con cédula de identidad número 0401850748 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Brayán Paspuel', written over a horizontal line.

Paspuel Malte Brayán Rivaldo

AUTOR

Tulcán, enero de 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Paspuel Malte Brayán Riva declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (*musa acuminata*) para aplicación en la industria alimentaria" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Brayán Paspuel", written over a horizontal line.

Paspuel Malte Brayán Rivaldo

AUTOR

Tulcán, enero de 2024

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme finalizar mi carrera universitaria y seguir adelante superando obstáculos que se presentaron en el transcurso del camino.

Agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por abrirme las puertas y darme la oportunidad de cursar mi carrera, adquirir nuevos conocimientos y experiencias.

A mi madre, Blanca Oliva Malte Duque, quien, con gran sacrificio, esfuerzo y su apoyo incondicional hizo que mis metas y objetivos personales y académicos se hicieran realidad. Ella es mi fuente de inspiración para lograr todos los objetivos que me he propuesto, quien fue padre y madre para mí y mis hermanos y de ella hemos aprendido que con sacrificio y esfuerzo siempre se pueden cumplir nuestros sueños gracias madre.

A mi hermano Wilmer Rolando Malte Duque y mi hermana Joselin Valeria Paspuel Malte quiero agradecerles por siempre apoyarme en cada decisión que he tomado, por brindar sus palabras de aliento en momentos difíciles y por su gran esfuerzo y sacrificio realizado para que culmine mi carrera, a mi sobrino Santiago Malte que con sus ocurrencias hace que pasemos momentos felices gracias los amo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutora MSc. Vanessa Cadena por su tiempo y paciencia. Por guiarme, durante todo el trayecto de esta investigación, su experiencia y conocimiento ha sido fundamental para la culminación de este proceso.

A mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias durante el trayecto de la carrera muchas gracias ingenieros de la carrera de alimentos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis con mucho cariño a mi madre, Blanca Oliva Malte Duque, a mi hermana Valeria Paspuel, mi hermano Wilmer Malte y mi sobrino Santiago Malte con quienes he compartido momentos de felicidad, ellos han sido mi mayor inspiración para lograr mis metas, gracias por su cariño, sus consejos y sus palabras de apoyo durante este trayecto.

Con amor, Paspuel Malte Brayan Rivaldo

ÍNDICE

ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. Objetivo General	16
1.4.2. Objetivos Específicos	16
1.4.3. Preguntas de Investigación	16
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2. MARCO TEÓRICO	19
2.2.1. Descripción del plátano	19
2.2.2. Cáscara	19
2.2.3. Betacaroteno	22
2.2.4. Estabilidad de los carotenoides	22
2.2.5. Que es el yogurt	23
2.2.6. Los colorantes	23
2.2.7. Colorantes naturales	24
2.2.8. Colorantes artificiales	27
2.2.9. Rendimiento del betacaroteno	31
III. METODOLOGÍA	32
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	32
3.1.1. Enfoque	32

3.1.2. Tipo de Investigación	32
3.2. IDEA A DEFENDER	32
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	32
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	33
3.4.1. Materiales y reactivos.....	33
3.4.2. Obtención del colorante natural a partir de la cáscara de plátano rojo (<i>musa acumunita</i>).....	34
3.4.3. Extracción en equipo soxhlet semiautomático RAYPA SX-6	36
3.4.4. Caracterización de pigmento.....	36
3.4.5. Estabilidad del colorante	37
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
3.5.1. Procesamiento y análisis de datos.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. RESULTADOS	40
4.1.1. Curva de secado.....	40
4.1.2. Rendimiento del pigmento	40
4.1.3. Extracción del pigmento a partir de la cáscara de plátano rosa	41
4.1.4. Solubilidad	41
4.1.5. Caracterización fisicoquímica del pigmento	41
4.1.6. Estabilidad del pigmento natural extraído a partir de cáscara de plátano rosa	41
4.1.7. Análisis sensorial de la aplicación del pigmento en yogurt	48
4.2. DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1. CONCLUSIONES	52
5.2. RECOMENDACIONES.....	53

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del yogurt natural.....	23
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos	29
Tabla 3. Cantidad de extracto de carotenos obtenido por FSC a diferentes.	31
Tabla 4. Operacionalización de las Variables.	33
Tabla 5. Esquema del experimento	38
Tabla 6. Caracterización fisicoquímica del pigmento.....	41
Tabla 7. Prueba de Tukey para el porcentaje de colorante retenido respecto al pH	42
Tabla 8. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto al pH	42
Tabla 9. Prueba de Tukey para el porcentaje del colorante retenido respecto a la temperatura.....	43
Tabla 10. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la temperatura.	44
Tabla 11. Prueba de Tukey para el porcentaje de colorante retenido respecto a la exposición.....	44
Tabla 12. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la exposición.	45
Tabla 13. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la temperatura y pH.	46
Tabla 14. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción exposición vs temperatura.....	46
Tabla 15. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción exposición vs pH.	46
Tabla 16. Prueba de Tukey para el porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción pH vs temperatura y exposición.....	47
Tabla 17. Prueba de Tukey para el porcentaje de pigmento retenido respecto al tiempo.....	47
Tabla 18. Determinación del mejor tratamiento	48
Tabla 19. Análisis sensorial de color	49
Tabla 20. Análisis sensorial de olor.....	49
Tabla 21. Análisis sensorial de sabor	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plátano rojo	19
Figura 2. Diagrama de Flujo de extracción del colorante	34
Figura 3. Curva de secado de la cáscara de plátano rosa.....	40
Figura 4. Efecto del pH sobre la estabilidad del pigmento	43
Figura 5. Efecto de la temperatura sobre la estabilidad del pigmento.....	44
Figura 6. Efecto de la exposición sobre la estabilidad del colorante.....	45
Figura 7. Efecto del tiempo sobre la estabilidad del pigmento.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	57
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	58
Anexo 3. Hoja de cata para la evaluación sensorial.....	60
Anexo 4. Preparación de la materia prima para la extracción.....	61
Anexo 5. Tabulación de los tratamientos	64
Anexo 6. Análisis estadístico mediante infostat	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilidad del pigmento obtenido a partir de la cáscara de plátano rosa (*musa acuminata*) al ser expuesto a factores como temperatura, pH y condiciones de almacenamiento (luz y oscuridad). Para lo cual se llevó a cabo un proceso de extracción sólido - líquido mediante un equipo soxhlet semi automático, como solvente se utilizó etanol a 96° de concentración debido a que presenta una menor toxicidad en comparación con otros solventes, previamente la materia fue deshidratada a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 5 horas, la cual tuvo una humedad inicial de 76 %. Para la obtención del pigmento la cáscara fue previamente molida para facilitar la obtención del colorante, una vez obtenido se procedió a realizar una caracterización fisicoquímica del pigmento, para determinar a qué tipo de caroteno pertenece se realizó un barrido espectral de 300 a 600 nm determinando una absorbancia de 350nm determinando que es un betacaroteno, posteriormente se evaluó su estabilidad en cuanto a la interacción de estos factores; pH (4, 5, 6), temperatura (4, 14, 68°C), almacenamiento (luz, oscuridad), durante cuatro semanas donde se realizó un monitoreo y recolección de datos que fueron tabulados y analizados en un software InfoStat. Donde se logró determinar que las condiciones donde sufre menor degradación a temperaturas de refrigeración y condiciones de almacenamiento por otro lado, presentó mayor degradación expuesto a un pH 4. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio son favorables en comparación a otros pigmentos naturales que al ser sometidos a las mismas condiciones presentan una mayor degradación.

Palabras Claves: Pigmentos naturales, cáscara, extracción, estabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the stability of the pigment obtained from the pink banana peel (*Musa acuminata*) when it is exposed to factors such as temperature, pH and storage conditions (light and dark). For which a solid-liquid traction process was carried out using a semi-automatic Soxhlet equipment, ethanol at 96° concentration was used as a solvent because it presents less toxicity compared to other solvents, previously the banana peel was dehydrated at a temperature of 70 °C for a time of 5 hours, which had an initial humidity of 76 %. To obtain the pigment, the banana peel was previously ground to facilitate obtaining the dye, once it was obtained, a physicochemical characterization of the pigment was carried out, to determine what type of carotene it belongs to, a spectral scan from 300 to 600 nm was carried out, determining an absorbance of 350nm determining that it is a beta-carotene, later its stability was evaluated regarding the interaction of these factors; pH (4, 5, 6), temperature (4, 14, 68°C), storage (light, dark), for four weeks where monitoring and data collection were carried out, which were tabulated and analyzed in InfoStat software. Where it was possible to determine that the conditions where pigment suffers less degradation is at refrigeration temperatures and storage conditions, on the other hand, the pigment presented greater degradation exposed to pH 4. However, the results obtained in this study are favorable compared to other natural pigments, that when subjected to the same conditions present a greater degradation.

Keywords: Natural pigments, shell, extraction, stabilit.

INTRODUCCIÓN

Los carotenoides son pigmentos presentes tanto en el reino animal como en el vegetal con funciones muy importantes. Son compuestos liposolubles responsables del color rojo, amarillo, naranja y púrpura de las frutas. Químicamente se dividen en Carotenos (ej. Licopeno y β caroteno). La extracción de compuestos bioactivos a partir de fuentes vegetales utilizando solventes es una operación clásica aplicada en muchos procesos industriales, especialmente en la industria farmacéutica y cosmética. Sin embargo, el interés cada vez más creciente por sustancias bioactivas de origen natural impone la necesidad de desarrollar métodos de extracción menos contaminantes y con el máximo rendimiento de sustancias bioactivas, en un corto periodo de tiempo y con bajo costo (Chamorro, 2017).

Esta investigación está centrada en la obtención de un pigmento natural, el cual fue sometido a una evaluación de su estabilidad al ser expuesto a condiciones y factores (temperatura, pH y exposición luz y oscuridad), el β -caroteno presenta características adecuadas para convertirse en una alternativa al uso de colorantes artificiales los mismos que han demostrado poseer niveles tóxicos para nuestra salud provocando enfermedades a quienes los consumen, por lo antes mencionado su importancia en el estudio de su estabilidad con el fin de analizar el nivel de degradación que puede llegar a tener el pigmento natural después de ser analizado en laboratorio de forma experimental (Pineda, 2021).

De esta manera se evaluó la estabilidad que posee el betacaroteno obtenido a partir de la cáscara de plátano rosa (*Mussa acumun*) al estar expuesto a la interacción de diferentes factores tales como pH, temperatura y condiciones de luz y oscuridad a los cuales están generalmente expuestos los alimentos, para ello se realizó un monitoreo por cuatro semanas, tiempo en que los tratamientos fueron sometidos a un análisis espectrofotométrico una vez por semana con el objetivo de determinar el porcentaje del pigmento retenido.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad surgen efectos perjudiciales para la salud en los seres humanos, uno de los factores es la aplicación de colorantes sintéticos en los alimentos, es decir el aditamento de sustancias químicas a los productos comestibles, el problema más común que se presenta al consumir este tipo de aditivos radica en que pueden contener sustancias dañinas que resultan perjudiciales para el organismo humano, alterando su salud (Mccann, 2017).

Los diferentes productos químicos utilizados en la síntesis de colorantes también se consideran carcinógenos o mutagénicos, asimismo sensibilizantes o alergénico, un claro ejemplo de colorantes cancerígenos son los azoicos que se preparan de arilaminas, investigaciones han confirmado que los colorantes azoicos contienen potenciales carcinógenos de colon (Calvo, 2018).

Según (Vani, 2017), los colorantes para alimentos son extraídos del petróleo, lo que los vuelve perjudiciales para las personas, quienes ingieren habitualmente dulces o golosinas con dichos aditivos, y pueden llegar a consumir hasta medio kilo de colorantes a lo largo de su vida, estos están asociados con diversos inconvenientes de salud en los niños, como hiperactividad, asma y afectaciones en la piel, por este tipo problemas se ha prohibido usar en algunos países, y en Europa se exige que coloquen una advertencia de consumo en el etiquetado de los productos.

(Food News Latam, 2017), menciona que el uso de colorantes en la industria alimenticia puede perjudicar a la salud de las personas en especial la de los niños. Entre los colorantes existentes, que pueden ocasionar inconvenientes de salud están el colorante amarillo 5 y 6, que se los relaciona con problemas de hiperactividad, alergias, tumores carcinógenos en los niños, mortalidad en animales y problemas hereditarios en los humanos. El E102 (amarillo tartrazina) y E110, no se ha determinado el 100 % de los casos, puede generar problemas de asma, urticaria y comezón en personas que son sensibles al ácido acetilsalicílico (aspirina).

Los colorantes azoicos de origen sintético son el rojo allura y amarillo anaranjado, que son muy utilizados en la industria alimenticia y se encuentran como ingredientes de preparaciones como postres, gelatinas, jugos de frutas comerciales, aperitivos, entre otros. Finalmente se debe tomar en cuenta que la mayoría de las enfermedades degenerativas se asocian con el consumo de colorantes artificiales (Food News Latam, 2017).

Según (Moreno, 2017), los colorantes sintéticos son sustancias muy tóxicas, por lo que el uso de estos en muchas ocasiones causa daños irreversibles en el organismo, incluso muchos de estos colorantes son utilizados para combatir bacterias y microorganismos indeseados. El colorante azul brillante FCF en dosis altas puede acumularse en los riñones y vasos linfáticos. Este está presente en refrescos, productos de confitería o helados.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué parámetros permiten evaluar la estabilidad del colorante natural obtenido a partir de cáscara de plátano rojo?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El color rojo de la cáscara de los plátanos se caracteriza por su contenido en carotenoides antioxidantes, especialmente en betacaroteno, que al consumirlo se transforma en vitamina A en el cuerpo. Cuando presentan una tonalidad oscura su aporte de betacaroteno y vitamina C es más elevada. Esta es la principal diferencia nutricional respecto al plátano amarillo. El resto de las características son muy similares: son ricos en fibra, potasio, magnesio y vitamina B6 (FUCHS, 2021).

Los colorantes naturales de las frutas poseen una capacidad antioxidante, además de un gran aporte de vitaminas y minerales, representa un factor importante el cual asegura la salud de los consumidores, además se puede aprovechar sus propiedades organolépticas, debido a ello se desea obtener un colorante natural el cual va a hacer un sustituyente de los colorantes sintéticos (Candelaria, 2017).

Ejemplos interesantes de sustancias de color que pueden tener dos funciones en los alimentos son betacaroteno (E 160) y riboflavina (E-101). El b-caroteno es precursor de la vitamina A y riboflavina es vitamina B2. Estos dos colores proporcionan un valor nutritivo adicional a los productos que se agregan. Aparte de ser incluido en la regulación de los colorantes alimentarios que también están cubiertos por

Reglamento (CE) N° 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre 2006, sobre la adición de vitaminas, minerales y otras sustancias determinadas a los alimentos (Pineda, 2021).

Este tipo de colorantes naturales obtenidos permitirán la optimización de materia prima, que es desechada al momento del procesamiento, debido a que durante su proceso existió una inadecuada manipulación o porque se encontraron en un mal estado. Según la FAO, cada año existe un desperdicio de 95 y 115Kg por habitante, dentro de los productos que más se desperdician se encuentran las frutas (Candelaria, 2017).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la estabilidad del colorante extraído de cáscara de plátano rojo (*musa acuminata*) para aplicación en la industria alimentaria.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Extraer el colorante natural mediante el método extracción sólido-liquido.
- Caracterizar fisicoquímicamente el colorante.
- Analizar la estabilidad del colorante obtenido a partir de la cáscara del plátano rojo.
- Aplicar el colorante extraído en el yogurt.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el método más idóneo para extraer un colorante natural a partir de cáscara de plátano?
- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que caracterizan el colorante natural obtenido?
- ¿El colorante obtenido a partir de la cáscara de plátano será estable en varias condiciones?
- ¿Cuál es la forma de aplicación del colorante natural obtenido en la industria alimentari

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Pineda, 2021), en su trabajo de investigación denominado "Evaluación de la estabilidad de betacaroteno obtenido a partir de zanahoria (*Daucus carota*) como colorante natural usado en la industria alimentaria", realizó la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de zanahoria (*Daucus carota*) al ser expuesto a diferentes factores y condiciones. La extracción se realizó mediante la aplicación de un equipo soxhlet semiautomático, como solvente se utilizó etanol a 96° de pureza y una vez obtenido el pigmento se evaluó su estabilidad en cuanto a la interacción de estos factores; temperatura (4, 14, 68°C), pH (4, 5, 6), ambientes de almacenamiento (luz, oscuridad), durante cuatro semanas donde se realizó un monitoreo y toma de datos los mismos que fueron tabulados y analizados en un software estadístico denominado InfoStat. De esta evaluación determinaron que el pigmento al ser expuesto a la interacción de dichos factores sí influyó significativamente en la estabilidad del pigmento obtenido, sin embargo, los resultados alcanzados en esta investigación se muestran favorables en comparación a diferentes pigmentos naturales que fueron sometidos a mismas condiciones.

(Torres, 2015), en su trabajo de investigación denominada "Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*vaccinium myrtillus*) como colorante para la industria de alimentos" extrae pigmento del mortiño y para evaluar su estabilidad como colorante en la industria alimentaria. Donde aplicó una extracción sólido-líquido, se empleó como solvente etanol a 96° con una concentración de ácido cítrico en relación peso / volumen del 0.03 %. Estudia su estabilidad a la influencia de temperatura (4, 14, 68 °C), pH (4, 5, 6), ambientes de almacenamiento (luz, oscuridad), esto durante cuatro semanas de la evaluación se observó que las variables influenciaron significativamente al pigmento, la degradación de las antocianinas aumentó con el incremento de temperatura y esta estable a bajas temperaturas, respecto al pH, el efecto fue contrario, a menor pH, es más estable y a pH superior se decolora, la exposición a la luz afecta la estabilidad, siendo más estable a condiciones de oscuridad. Ante esto y con el fin de utilizarlo

como colorante para la industria alimentaria, debemos considerar su aplicación en alimentos procesados que mantienen condiciones óptimas de estabilidad, para que la degradación de estos pigmentos sea lo más baja posible; pH ácidos, temperaturas bajas de almacenamiento y protegidos de la luz.

Según (Castro & Mendoza, 2020), en su estudio de investigación denominado "Evaluación de la obtención de colorante natural a partir del hollejo de uva (*Cabernet Sauvignon*) y la cáscara de mandarina (*Citrus Reticulata*) para aplicación en la industria alimentaria." presenta el desarrollo y evaluación de un enfoque técnico del proceso de extracción de carotenoides y antocianinas para la obtención de colorantes a partir de cáscara de mandarina y cáscara de uva, respectivamente; con el fin de crear para cada materia prima a través de la innovación de productos naturales que cumplan con las características del mercado y valor de las especificaciones. Se desarrollaron experimentos mediante análisis microbiológico proximal para analizar los constituyentes más abundantes presentes en la muestra, así mismo, se realizó una revisión bibliográfica de trabajos similares, y se definieron las condiciones del proceso de extracción Soxhlet como etanol al 96 % solvente con un volumen a -relación en peso de 20:1 y temperaturas entre 60 °C y 70 °C para evitar la degradación del compuesto de interés, obtener un rendimiento de extracción en promedio de 71.95 % para la cáscara de mandarina y 61,57 % para la cáscara de uva.

Según los resultados obtenidos de (Candelaria, 2017). Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de San Cristóbal-Moquegua" obtuvo un colorante natural a partir de cáscaras de tuna por extracción sólido-líquido para uso en la industria alimentaria, en una evaluación fisicoquímica se promediaron las muestras y se observó que la cáscara de tuna representaba el 46,82 % del peso total del fruto. , pH 5,39, sólidos solubles 5,02 °Brix, humedad 85,17 %. Los parámetros de concentración de solvente se determinaron preparando varias muestras de etanol a diferentes concentraciones (en el rango de 30-90 %) durante un período de 30-120 min y una cantidad de stock de 5-15 g. La concentración de betalaína se cuantificó por el método de espectrofotómetro UV/VIS y el valor de betalaína fue de 0,173 mg. Los resultados anteriores se optimizaron utilizando el diseño experimental de Box-Benhken y los resultados son los siguientes: La concentración del etanol es 75 %, en un tiempo

de 90 min. y una cantidad de materia prima de 11,2 g. obteniendo 0,285 mg de betalainas para el proceso de extracción del colorante natural, donde se obtuvo un rendimiento de 83 %. Así mismo, se usó el pigmento obtenido como colorante natural en yogurt y helado con éxito.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Descripción del plátano

Los plátanos rojos destacan por su color y dulzura con un ligero toque de frambuesa como se muestra Figura 1. Su origen es Ecuador, su tamaño es más pequeño y grueso que el plátano regular, y tiene casi lo mismo en común con el plátano regular. Los plátanos rojos también son una fruta rica en nutrientes que, si bien son ricas en calorías, casi no contienen grasa y son ricas en azúcar y diferentes minerales como el potasio. Por sus aportes nutricionales, la Organización Mundial de la Salud recomienda su consumo (FUCHS, 2021).



Figura 1. Plátano rojo
Fuente: Bioguía (2017).

Aunque más popular en Estados Unidos que en Europa continental, el plátano rojo también se cultiva en Canarias desde hace muchos años y podemos encontrarlo fácilmente en nuestros mercados. Para saber si un plátano rojo es comestible, tenemos que fijarnos en el color de su piel, que está en su mejor momento cuando alcanza una tonalidad rojiza cercana al marrón. Podemos comerlo crudo, como postre o macedonia, pero también podemos comerlo frito o asado (FUCHS, 2021).

2.2.2. Cáscara

La cáscara es la capa protectora de la fruta o verdura de la que se puede desprender. Las cáscaras de plátano son una gran fuente de fibra dietética y también son conocidas por su contenido de inulina, potasio, magnesio, vitaminas B6 y B12, fenoles, carotenoides y polifenoles (Zanin, 2022).

2.2.2.1. Beneficios de la cáscara de plátano rojo

- **Fibra:** La cáscara de plátano contiene fibra, que es beneficiosa para la digestión y puede ayudar a prevenir el estreñimiento.
- **Antioxidantes:** Las cáscaras de plátano contienen antioxidantes como la luteína y la zeaxantina, que pueden ayudar a proteger el cuerpo contra el estrés oxidativo y el daño celular.
- **Vitaminas y minerales:** Las cáscaras de plátano también pueden contener ciertas vitaminas y minerales, como vitamina B6, vitamina C, potasio y manganeso.
- **Sustancias bioactivas:** Se ha descubierto que algunas sustancias presentes en la cáscara de plátano tienen propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias (Zanin, 2022).

2.2.2.2. Procedencia del plátano rojo

Esta variedad se cultiva desde hace décadas en Canarias, donde llegó en 1982 procedente de Martinica (Antillas Francesas) por iniciativa del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Como todos los plátanos y bananas, los rojos provienen del sudeste asiático (entre India y Malasia). Es muy común en América Latina y se le conoce con nombres como banana roja, banana morada o tafetán. Aunque recientemente se ha popularizado en la península, también se cultiva en regiones del sur como Alicante, Almería y Granada, donde la planta se adapta bien a las condiciones climáticas (Rovelló, 2021).

2.2.2.3. Familia a la que pertenece el plátano rojo

Tanto los plátanos los rojos y amarillos pertenecen a la misma especie botánica, *Musa acuminata*, estas variedades se pueden comer crudas y que junto a los híbridos de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, conforman toda la familia de futas que se denominan bananas o plátanos (Sánchez, 2019).

2.2.2.4. Valor nutricional del plátano rojo (por 100 g)

- Calorías: 90
- Proteínas: 1 g
- Grasa: 0,3 g
- Hidratos de carbono: 23 g
- Potasio: 350 mg

- Magnesio: 27 mg
- Fibra: 3 g
- Vitamina C: 8,7 mg
- Vitamina B6: 0,6 mg

Entre lo que más resalta es su valor nutricional, se caracteriza por ser un poderoso antioxidante rico en vitaminas C y B6, que es fundamental para un correcto funcionamiento del organismo y ayuda fortalecimiento del sistema inmunológico.

También contiene fibra y potasio, que son buenos para la digestión, alivian problemas gastrointestinales y mantienen un sistema cardiovascular saludable. Junto con el magnesio, calma la ansiedad y el estrés, relaja el cerebro y crea sensación de saciedad.

2.2.2.5. Propiedades y beneficios del plátano rojo

- Antioxidante. Ricos en vitamina C y magnesio, los plátanos rojos son grandes antioxidantes, contribuyen reforzar el sistema inmunológico para prevenir gripes o resfriados.
- Bueno para la digestión. Posee gran contenido en potasio y tiene la capacidad de calmar problemas gastrointestinales.
- Favorece nuestro estado anímico. La constitución del plátano rojo consigue debilitar nuestro sistema nervioso mejorando nuestro estado de ánimo.
- Cuida nuestro corazón. Su contenido en potasio cuida en buena forma nuestro sistema cardiovascular.
- Energético. Contiene glucosa, sacarosa y fructosa, lo que representa que este alimento lo mantendrá despierto, debido a su aporte energético. Es recomendable consumirlo después de practicar actividades físicas para evitar calambres (Rovelló, 2021).

2.2.2.6. Fuente de energía del plátano rojo

El plátano rojo se caracteriza porque en su composición se encuentran tres tipos de azúcares diferentes:

- Fructosa.
- Sacarosa.
- Glucosa.

Estos tres tipos de fuentes de azúcares aporta energía rápida pero duradera. Son idóneos personas con gran actividad física o para después de la práctica deportiva.

2.2.3. Betacaroteno

El β -caroteno es un importante pigmento vegetal natural y tiene varias funciones fisiológicas en los organismos. Con la propuesta de la biología sistemática y el progreso en la biosíntesis de carotenoides desde la década de 1960, la ingeniería metabólica ha jugado un papel importante en la mejora de la producción de carotenoides. El β -caroteno además de ser un antioxidante, sirve como un precursor para la biosíntesis de la vitamina A en el cuerpo humano, previene la disminución de los glóbulos blancos y plaquetas causadas por radiación iónica, aumentando así el sistema de inmunidad y proporcionar protección contra la exposición a las radiaciones indeseables (Rammuni et al., 2018).

En general, los carotenoides absorben la luz en longitudes de onda de 400-550 nm, de esta forma el β -caroteno pueden identificarse mediante una longitud de onda máxima entre 446 a 450 nm, mediante el método espectrofotométrico (Rammuni et al., 2018).

2.2.4. Estabilidad de los carotenoides

Los carotenoides son propensos a la degradación, con isomerización, fragmentación y oxidación siendo parte de la degradación. Degradación de carotenoides por la oxidación es causada por la interacción con oxígeno activo especies, oxígeno singlete, superóxidos, peróxidos, hidroxilo radicales y metales de transición; que se catalizan en la presencia de calor y luz (Fahmi et al., 2017).

El betacaroteno, un tipo de pigmento natural comestible soluble en lípidos, se usa ampliamente en aditivos alimentarios y suplementos alimenticios para prevenir la deficiencia de vitamina A. Con un alto contenido de enlaces dobles conjugados, los carotenoides son muy sensibles al estrés ambiental durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, como el calor, la luz y el oxígeno. Además, el microambiente de la matriz alimentaria también puede afectar la estabilidad del betacaroteno (Yang et al., 2018).

2.2.4.1. Identificación de B-caroteno

En general, los carotenoides absorben la luz en longitudes de onda de 400-550 nm, de esta forma el α , β -carotenos pueden identificarse mediante una longitud de onda

máxima entre 446 a 450 nm, mediante el método espectrofotométrico, la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) es el método analítico de elección para la separación, cuantificación y caracterización estructural (Ariyadasa et al., 2018).

2.2.5. Que es el yogurt

Es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de microorganismo en la leche como son las bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Streptococos*. Se suele emplear diferentes cepas para conseguir una fermentación completa, frecuentes *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *L. casei* y *Bifidobacterium bifidus*.

Algunos alimentos que son ricos en carbohidratos simples son las frutas y verduras, la leche y los productos derivados de esta, como el queso o el yogur, así como en los azúcares y productos finos (en los que también se produce el suministro de calorías, pero a diferencia de los anteriores se trata de calorías vacías al carecer de vitaminas, minerales y fibra).

2.2.5.1. En la tabla 1 se puede observar la composición del yogurt.

Tabla 1. Composición del yogurt natural.

Carbohidratos	3.98 g
Azúcares	4.0 g
Grasas	5.0 g
Proteínas	3.47 g
Agua	81.3 g
β-caroteno	26 µg
Vitamina B ₁₂	0.75 µg
Calcio	100 mg
Magnesio	11 mg
Fósforo	135 mg

Fuente: (USDA, 2017)

2.2.6. Los colorantes

Los colorantes son sustancias de origen natural o químico, se manejan en la industria de alimentos y bebidas para preservar la apariencia y proporcionar colores interesantes a los productos. Existen dos tipos de colorantes, los artificiales que se obtienen de una síntesis química, y los naturales que se obtienen de pigmentos vegetales como por ejemplo de los carotenoides, la curcumina, las xantofilas, clorofilas, riboflavina, entre algunos componentes (López, 2018).

2.2.6.1. Colorantes alimentarios

Se conocen como aditivos utilizados en la fabricación de alimentos, la demanda de usarlos está buscando la moderación entre la seguridad de su ingesta y el beneficio tecnológico que proporcionan a los alimentos. Los colorantes alimentarios se usan en la producción de alimentos, ya sea por razones tecnológicas, o para compensar los requerimientos organolépticos de la población. Estos forman parte de alimento y mantienen una estrecha relación con el sabor, aroma y textura (Candelaria, 2017).

2.2.7. Colorantes naturales.

Los colorantes naturales son derivados a partir materias naturales o de los alimentos, u otros se extraen de forma química o física que facilite la extracción de tintes. Estos son de gran demanda, debido a que algunos pigmentos artificiales no están permitidos, como por ejemplo en los derivados cárnicos. Actualmente, se tiene colorantes naturales estables, en donde se puede escoger el pigmento más adecuado dependiendo del alimento al cual se aplicará (Candelaria, 2017).

2.2.7.1. Grupos de colorantes naturales

Existen principales grupos de colorantes naturales.

- Colorantes directos
- Se encuentran dentro del grupo de los colorantes de antocianina, carotinoide derivados de calcona. Estos colorantes se obtienen a partir de una solución acuosa y esta extracción se implementa directamente para teñir o pintar en frío o caliente.
- Mordentados
- No tienen por sí mismo el poder de entintar, para ello es necesario aplicar un tratamiento especial de sales metálicas solubles que reaccionan sobre la fibra, a partir ello entintan. Esta técnica es aplicada en la mayoría de las plantas que dan color (Álvarez et al., 2018).
- Reducción
- Este tipo de colorantes provienen de materias que se hallan en el interior de los cuerpos vegetales o animales. Son generalmente insolubles y para darles solubilidad se aplica una sustancia reductora y mediante la oxidación surge el color (Álvarez et al., 2018).
- Pigmentados

- Son polvos de varios minerales, generalmente son insolubles y no tienen el poder de entintar, por lo cual se utilizan mezclándolos con otro cuerpo, como el engrudo, adhesivos o cualquier pasta para pintar o unir (Álvarez et al., 2018)

2.2.7.2. Tipos de colorantes naturales:

2.2.7.2.1. Colorantes Naturales procedentes de las Antocianinas (E-163)

Es la sustancia que hace que la mayoría de los frutos y flores aparezcan de color rojo, azul o morado, y constituye el grupo más conocido de fitocromos, que se encuentran principalmente en las flores y frutos de las plantas y varían en color entre rojo-morado y azul es un colorante natural en el vino tinto, y en algunos casos distingue químicamente el tipo de uva utilizada (Díaz, 2017).

- Coloración: Similar al color de la uva, su tono va de rojo a morado,
- Tipologías: Estable al calor y a la luz.
- Presentación: En polvo.
- Solubilidad: Soluble en agua.
- Aplicaciones: caramelos, golosinas, derivados lácteos, helados, sopas conservas, productos cárnicos, licores, zumos, mermeladas, pastelería, bebidas y bebidas refrescantes.

2.2.7.2.2. Colorantes naturales del Caramelo (E-150)

La mayor parte del caramelo comercial se obtiene a partir del jarabe de maíz, y en el proceso de caramelización se utiliza un catalizador, cuya composición produce los cuatro tipos de caramelo que se procesan en la industria alimentaria. Aplicación típica de baja concentración en la mayoría de las aplicaciones de colorantes alimentarios con poco efecto en el perfil de sabor del producto terminado (Castro & Mendoza, 2020).

- Tono: Marrón oscuro
- Tipologías: Estable a la luz y calor.
- Presentación: En polvo o líquido
- Solubilidad: Soluble en grasas y agua.
- Aplicaciones: En bebidas de cola, algunas bebidas alcohólicas, como coñac, ron y aplicaciones en repostería, en la elaboración en la fabricación de caramelos, helados pan de centeno, cerveza, conservas, postres, sopas preparadas, y varios derivados cárnicos (Castro & Mendoza, 2020).

2.2.7.2.3. Colorantes procedentes de los Carotenos

El caroteno es un pigmento extraído de fuentes vegetales, como el fruto de la palma aceitera, así como de la zanahoria y diversas algas una mezcla de caroteno (alfa, beta y gama caroteno) es soluble en aceite y ayuda a producir vitamina A. Es un agente colorante natural para la mantequilla (Castro & Mendoza, 2020).

- Color: Amarillo-anaranjado (luminoso).
- Apariencia: Polvo.
- Solubilidad: Soluble en agua y grasas.
- Aplicaciones: Helados, sopas, pastelería, margarina, gominolas, bebidas, lácteos y se utilizan para colorear bebidas refrescantes, suelen ser en forma de suspensiones desarrolladas específicamente con este fin (Castro & Mendoza, 2020).

2.2.7.2.4. Colorantes Naturales procedentes de las Oleoresinas de Pimentón (E-160c)

La oleoresina de Capsicum se obtiene extrayendo lípidos y pigmentos de las vainas de Linne Capsium annum, un pimiento rojo cultivado en climas templados. Los carotenoides capsantina, capsantina y betacaroteno son responsables del color rojo anaranjado del pimiento (pimiento, chile en polvo). El extracto soluble en aceite, llamado paprika, se usa en alimentos procesados como salchichas, surimi, langostinos, coberturas, bocadillos y condimentos (Castro & Mendoza, 2020).

- Color: Naranja.
- Apariencia: Oleoresina.
- Características: Aporta sabor. Estable a la luz, calor y pH.
- Solubilidad: Soluble en grasa y agua.
- Aplicaciones: snacks, panadería, productos cárnicos, sopas, salsas y surimi.

2.2.7.2.5. Colorantes naturales procedentes de las Betalaínas (E-162)

La Betalaína es la responsable del color rojo de la remolacha azucarera, que representa la fuente comercial más rica de estos pigmentos. En este vegetal hay dos tipos de Betalaínas: la Betaxantinas, que es amarilla, y la Betacianinas, que es roja, y ambos tipos son solubles en agua.

- Color: Rojo morado.
- Características: Estable a la luz, pero no al calor por encima de 90° C.
- Presentación: En laca y polvo.

- Aplicaciones: Yogur, pastelería, helados, postres congelados y preparado de frutas.

2.2.7.2.6. Colorantes Naturales procedentes de la cochinilla (E-120)

El ácido carmínico se obtiene por extracción acuosa del insecto (*Dactylopius Coccus*) (comúnmente llamado cochinilla). Es soluble en agua y su color depende del pH; es anaranjado para valores menores a 5, rojo entre 5 y 7 y morado en soluciones mayores a 7; el ácido carmínico se utiliza principalmente en la industria de bebidas y jugos (Díaz, 2017).

- Color: anaranjado a rojo.
- Presentación: líquido y en polvo
- Solubilidad: Hidrosoluble y Liposoluble
- Aplicaciones: Se utiliza en bollería y pastelería, helados, yogures y productos lácteos, refrescos, cereales, bebidas alcohólicas, surimi, productos farmacéuticos y frutícolas (Díaz, 2017).

2.2.7.2.7. Colorantes Naturales procedentes de la Cúrcuma (E-100)

La cúrcuma es un polvo extraído del rizoma de la cúrcuma después de secar y moler, y es de color amarillo y fragancia pungente característico.

- Color: Amarillo (característico del polvo de curry).
- Apariencia: Polvo.
- Solubilidad: Soluble en agua y grasas.
- Aplicaciones: También se utiliza en conservas vegetales y productos cárnicos. Bollería y bollería, helados, yogures y lácteos, productos frutícolas, cereales. También se utiliza como colorante mostaza en la preparación de sopas y en algunos productos cárnicos y encurtidos. El colorante artificial más utilizado en alimentos (Díaz, 2017).

2.2.8. Colorantes artificiales

Son colorantes elaborados mediante un proceso de síntesis química y no existen en la naturaleza. En este grupo se encuentran los denominados "colorantes certificables o certificados", que tienen propiedades que en cada lote deben ser analizadas por el fabricante y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Este proceso de aprobación, la certificación de aditivos colorantes protege la seguridad, calidad,

consistencia y fuerza de los aditivos colorantes antes de que se empleen en los alimentos (Peñuri, 2019).

Los colorantes artificiales son usados debido a su poder colorante es más intenso que los naturales, se requiere cantidades mínimas para lograr el igual efecto de color. Además, estos colorantes son más estables, suministran mejor uniformidad de color y se combinan más fácilmente, dando como resultado una amplia gama de tonalidades (Peñuri, 2019).

2.2.8.1. Tipos de colorantes sintéticos

- Tartrazina (E-102). El colorante artificial más utilizado en alimentos. Está permitido en la mayoría de los países industrializados. Hace que los alimentos y las bebidas sean de color amarillo o amarillo anaranjado. También se puede combinar con tinte azul cuando se quiera conseguir verde (Zapata, 2014).
- Amarillo anaranjado S, (E-110). Para colorear naranja refrescos, helados, dulces, bocadillos, postres y más. También se puede mezclar con otros tintes para diferentes colores (Zapata, 2014).
- Carmoisina (E-122). Se utiliza para obtener color frambuesa en dulces, helados y postres. Es especialmente resistente al calor (Zapata, 2014).
- Amaranto (E-123). Aporta una tonalidad roja y se utiliza como aditivo alimentario. Debido a diversas controversias de salud, su uso está limitado a algunas bebidas alcohólicas (Zapata, 2014).
- Rojo Ponceau 4R (E-124). Aporta una tonalidad similar al carmín, que es un colorante natural. Se utiliza para conferir un color "fresa" a los productos de confitería y pastelería, así como a los sucedáneos y derivados del caviar (Zapata, 2014).
- Negro brillante BN (E-151). Tiene una variedad de aplicaciones, se usa casi exclusivamente para dar color a los sustitutos del caviar, y aunque su uso está controlado en algunos países, ya puede afectar a algunas personas alérgicas a la aspirina o que sufren de asma (Sánchez, 2019).
- Rojo Allura AC (E-129). Este tipo de colorante es utilizado para sustituir al amaranto.
- Marrón FK (E-154). Es realmente una combinación de diversas sustancias, entre las que se encuentran sales sódicas, bencenesulfónico, bencenesulfónico,

entre otros. Se utiliza para colorear algunos pescados como el arenque, ahumados o curados (Sánchez, 2019).

- **Amarillo de quinoleína (E-104).** Se obtiene de una mezcla de varios productos químicos muy similares entre sí, compuesta por un mínimo de 80 % de especies disulfonadas y un máximo de 15 % de especies monosulfonadas (Sánchez, 2019).
- **Eritrosina (E-127).** Una característica propia de la eritrosina es la de incluir en su molécula cuatro átomos de yodo, lo que hace que este elemento simbolice más de la mitad de su peso total, de ahí que ha surgido una gran polémica detrás de este colorante. Sin embargo, no se ha demostrado que tenga efectos sobre la salud. Es muy común en los alimentos con aroma de fresa, como lácteos, mermeladas y carameros. También se aplica en derivados cárnicos, patés de atún o de salmón, y en muchas otras aplicaciones (Almanza et al., 2019).
- **Azul patentado V (E-131).** Se utiliza para conseguir un tono verde en los alimentos, para conservas de verduras y mermeladas, en pastelería, caramelos y bebidas.
- **Indigotina (E-132).** También conocido como "índigo carmín", es el único representante de la familia de colorantes conocidos como "índigo" que puede usarse legalmente para colorear alimentos. Es el colorante producido artificialmente más inestable, capaz de cambiar de color en medios fuertemente ácidos. Se utiliza en la elaboración de bebidas, dulces, golosinas y helados (Almanza et al., 2019).

2.2.8.1.1. En la tabla 2 se aprecia las ventajas y desventajas a los colorantes sintéticos y naturales.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos.

Nº	Tipos de colorantes	Ventajas	Desventajas
1	Colorantes sintéticos	Mayor concentración de tintóreo Mayor estabilidad, solubles en agua, presentación líquida y sólida	Provocan efectos negativos para la salud como alergias, hiperactividad
2	Colorantes naturales	No producen efectos en la salud	Carecen de fuerza de tintóreo y aportan sabores no deseados al producto

Fuente: (Díaz, 2017)

Análisis de los colorantes en los alimentos

La cromatografía se utiliza en química analítica para separar, identificar y determinar sustancias en mezclas complejas. Es debido al continuo interés en el estudio de las sustancias coloreadas que ha surgido este tipo de análisis. La cromatografía implica el uso de una fase estacionaria y una fase móvil. Los componentes de la mezcla fluyen de la fase estacionaria a la fase móvil, y su separación se basa en las diferentes velocidades a las que migran los diferentes componentes. Actualmente existen dos métodos cromatográficos principales. En la cromatografía en columna, la fase estacionaria está contenida en un tubo estrecho y la fase móvil su fuerza a través del tubo bajo presión o gravedad. En un cromatograma plano, la fase estacionaria está sostenida sobre una placa plana o constituida por un papel; en este caso la fase móvil se desplaza a través de la estacionaria por capilaridad (Campos, 2016).

2.2.8.1.2. Extracción en equipo soxhlet semiautomático RAYPA SX-6

Según (Chamorro, 2017), la extracción en Soxhlet automatizada la muestra es colocada en un recipiente de extracción e introducida en el disolvente hirviendo (Boiling) durante 30 - 60 min. El recipiente es entonces sometido a la extracción soxhlet con el reflujo del disolvente donde es posible hacer una evaporación de este.

Extracción de carotenoides con disolvente

La extracción con disolvente es una técnica relativamente simple y adecuada utilizados convencionalmente para extraer carotenoides. Sin embargo, el proceso puede convertirse en un inconveniente si los disolventes orgánicos son caros, peligrosos o se utiliza en grandes cantidades (Pineda, 2021).

La extracción con disolventes típicamente requiere múltiples etapas de extracción para lograr el nivel deseado de recuperación de carotenoides, por lo que es un método que consume tiempo. El pretratamiento se emplea para la interrupción de la membrana celular, la mejora de la movilidad de los carotenoides en el disolvente de extracción, mejorando así la eficiencia de la extracción. El tratamiento previo consiste en métodos mecánicos incluyendo molienda, molienda con perlas, ultrasonidos y homogeneización a alta presión; y métodos no mecánicos incluyendo hidrólisis enzimática o química (Pineda, 2021).

2.2.9. Rendimiento del betacaroteno

Extracción a través de Fluidos Supercríticos (FSC)

Se pesaron entre 40g de material vegetal seco y molido. Durante el proceso de extracción la temperatura se varió en tres niveles: 40, 60 y 80 °C para evaluar el efecto de esta variable sobre el β -caroteno extraído en las muestras de zanahoria (Páeza, et al., 2015).

En la tabla 3 se puede observar el rendimiento del betacaroteno a diferentes temperaturas.

Tabla 3. Cantidad de extracto de carotenos obtenido por FSC a diferentes.

Temperatura	40	60	80
Rendimiento β -caroteno en la muestra en 1 hora de extracción (%)	21,1	40,2	45,8

Fuente: (Páeza, et al., 2015)

Por lo tanto, la condición óptima para la extracción de β -caroteno por FSC, manteniendo las demás variables constantes aumenta significativamente con el incremento de la temperatura (Páeza, et al., 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La investigación se realizará mediante un enfoque cuantitativo, donde se desea obtener colorante natural mediante un método de extracción y evaluar la estabilidad de este sometido a la interacción de ciertos factores como; pH, temperatura y exposición a condiciones de almacenamiento, los mismos que serán tabulados y analizados mediante un software estadístico.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación experimental es un proceso sistemático en el que el investigador controla las variables de investigación de tal forma que pueda medir cualquier cambio en relación con el factor al que está expuesta la variable, en esta investigación se ve enfocada en evaluar la estabilidad del colorante.

3.2. IDEA A DEFENDER

Hipótesis Nula (Ho): La temperatura, pH y luz no influyen en la estabilidad del pigmento obtenido a partir de la cáscara de plátano rojo (*musa acumunita*).

Hipótesis alternativa (Ha): La temperatura, pH y luz influyen en la estabilidad del colorante obtenido a partir de la cáscara de plátano rojo (*musa acumunita*).

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente:

Factores que influyen en la estabilidad del pigmento:

- Temperatura: 4, 14 y 68 °C
- pH: 4, 5, 6
- Exposición: luz y oscuridad

Variable Dependiente:

Evaluación de la estabilidad del pigmento obtenido a partir de la cáscara de plátano rojo (*musa acumunita*).

En la tabla 4 se puede observar la operacionalización.

Tabla 4. Operacionalización de las Variables.

Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Exposición del pigmento a ambientes y condiciones determinadas	Temperatura: 4, 14 y 68 °C pH: 4, 5, 6 Exposición: a luz y oscuridad		(Torres, 2015)
Porcentaje de retención de pigmento al ser expuesto a condiciones determinadas	Porcentaje de absorbanza toma de lecturas.	Análisis espectrofotométrico del pigmento retenido durante 4 semanas sometido a condiciones de almacenamiento, pH y temperatura.	(Torres, 2015)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Materiales y reactivos

Materiales

- Cuchillo acero inoxidable
- Vasos de precipitado 1000ml
- Tubos de ensayo
- Papel filtro Whatman #1
- Termómetro
- Papel aluminio
- Espátula

Equipos

- Balanza aproximación de 0.01g
- Agitador Magnético
- Deshidratador GOURMIA GDF1850
- Refrigerador
- Molinillo Hamilton Beach
- Espectrofotómetro UV-Visible Lovibond
- Potenciómetro Metter Toledo
- Equipo soxhlet semiautomatizado RAYPA SX-6.
- Refractómetro manual: 58 a 92 °Brix

Materia prima

- Plátano rojo
- Yogurt

Reactivos

- Etanol 96 °C
- Hexano
- Agua destilada

3.4.2. Obtención del colorante natural a partir de la cáscara de plátano rojo (*musa acumunita*).

En la figura 2 se puede observar el diagrama de extracción del colorante.

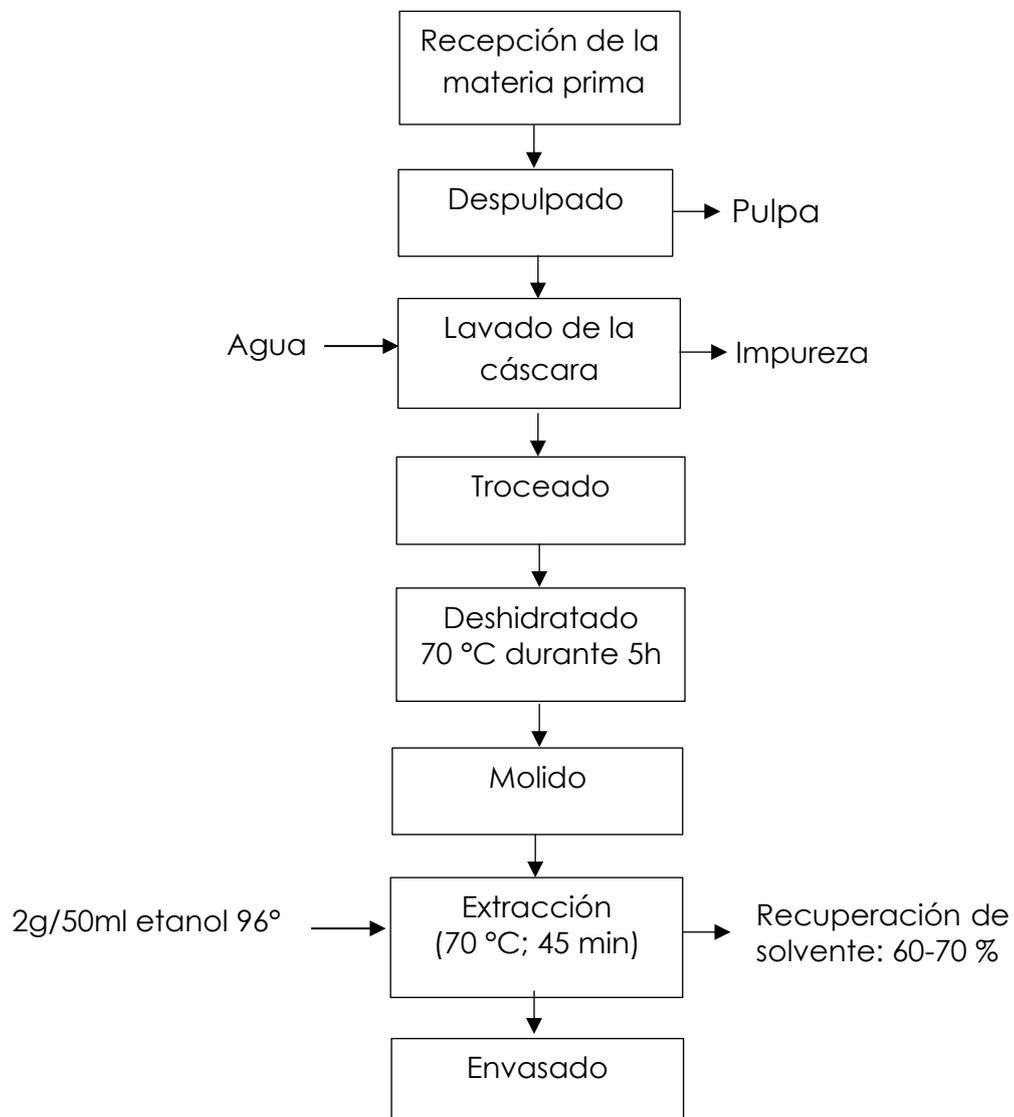


Figura 2. Diagrama de Flujo de extracción del colorante

Se aplicó el método realizado por (Pineda, 2021), el mismo que realizó la extracción por solvente, aplicando un método sólido-líquido mediante el uso de un equipo soxhlet, el cual es un método simple y confiable.

Descripción del proceso

Recepción de la materia prima

El plátano rojo se adquirió en el mercado de la parroquia de Tufiño y posteriormente se lo llevó a los laboratorios de la universidad.

Despulpado

Se procederá a separar la pulpa de cáscara

Lavado

La cáscara de plátano se lavó con abundante agua para eliminar residuos de pulpa e impurezas adheridas a esta.

Troceado

Las cáscaras fueron cortadas en cuadrados pequeños para facilitar el proceso de deshidratación.

Deshidratado

El proceso de deshidratado se llevó a cabo en un deshidratador eléctrico semi automático a una temperatura de 70 °C durante 6 horas.

Molido

Se procedió a moler para obtener partículas pequeñas.

Extracción

Una vez que la muestra esté molida se procedió a extraer el colorante, el solvente que se va a utilizar es etanol 96°, esta operación se realizara mediante el uso de un equipo soxhlet semiautomático RAYPA.

Envasado

El extracto obtenido se almacenó en un envase de vidrio color ámbar, el cual impedirá el contacto directo con la luz.

3.4.3. Extracción en equipo soxhlet semiautomático RAYPA SX-6

Según (Chamorro, 2017) la extracción en Soxhlet automatizada, la muestra es colocada en un recipiente de extracción e introducida en el disolvente hirviendo (Boiling) durante 30 - 60 min. El recipiente es entonces sometido a la extracción soxhlet con el reflujo del disolvente donde es posible hacer una evaporación de este.

De esta forma, la extracción se realizó de la siguiente manera, tomando como referencia lo antes mencionado;

1. Se pesó 2 g de muestra de cáscara de plátano deshidratada y molida previamente por cada sección de extracción del equipo.
2. Se procedió a cubrir las muestras con papel filtro Whatman #1 de tal manera que las partículas queden en su interior.
3. Se ubica las muestras dentro de los cartuchos de celulosa y se coloca con los cascos de aluminio respectivamente.
4. Colocar los cartuchos de celulosa en el equipo y alzarlos.
5. Añadir 50 ml de etanol en cada vaso de alineación, con ayuda de la gradilla de alineación se coloca de forma correcta al equipo
6. Con el asa de inserción acoplar los vasos con el disolvente, asegurándose que cada uno quede completamente sujeto y acoplado al equipo.
7. Se inicia el proceso de extracción; una vez las muestras son descendidas se empieza con la etapa de "Boiling" durante 25 min es importante verificar que exista el reflujo del disolvente, luego se procedió con la etapa de "Rinsing" durante 15 min donde las muestras son alzadas y finalmente la etapa "Recovery" durante 5 min en la cual se suspende el proceso de reflujo.
8. Dejar enfriar por al menos 5 min.
9. Almacenar el pigmento obtenido y recuperar el disolvente del equipo (60-70 %)

3.4.4. Caracterización de pigmento

El pigmento y sus propiedades físicas directas, el análisis del color se puede realizar por métodos físicos o químicos. Químicamente, esto depende de la extracción de los compuestos de pigmentos por disolución en disolventes polares o apolares. Luego, el espectro identifica un coeficiente de absorción específica para su identificación

mediante un barrido espectral, obteniendo así la longitud de onda de máxima absorbancia (Torres, 2015).

3.4.4.1. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

La determinación de los sólidos solubles se realizó por el método refractométrico (NTE INEN-ISO 2172., 2013), donde se coloca la muestra de extracto obtenida en el lector del dispositivo y el resultado se expresará como “°Brix”.

3.4.4.2. Determinación de pH

La medición del pH se efectuó por el método potenciométrico (NTE INEN-ISO 1842., 2013) con un potenciómetro previamente calibrado.

3.4.5. Estabilidad del colorante

Con el fin de llevar a cabo la evaluación de la estabilidad del colorante se tomó como referencia lo realizado por (Torres, 2015) en su estudio denominado “Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium myrtillus*) como colorante para la industria de alimentos”, donde realizó un monitoreo durante cuatro semanas, donde los tratamientos fueron sometidos a un análisis espectrofotométrico una vez por semana con el fin de determinar el porcentaje de pigmento retenido frente a los factores y condiciones establecidas en esta investigación, mismas que fueron replicadas por el estudio anteriormente mencionado.

3.4.5.1. Procedimiento para evaluar la estabilidad del colorante natural

Temperatura: se probaron tres temperaturas (4 °C, 14 °C y 68 °C), la mismas que son seleccionadas, debido a que la mayoría de los alimentos son almacenados a estas temperaturas o en caso de ser sometidos algún tratamiento térmico se puede alcanzar temperaturas de 68 °C (Torres, 2015).

Para la temperatura de 4 °C se usó un refrigerador, los 14 °C correspondieron a las muestras a temperatura ambiente y para la de 68 °C se empleó una estufa.

pH: se probaron tres valores de pH (4, 5, 6) debido a que la mayoría de los alimentos que se consumen oscilan en estos valores (Torres, 2015).

Luz: las muestras se mantuvieron en dos ambientes; oscuridad y expuestas a la luz (Torres, 2015).

Los tratamientos a los cuales están expuestas a luz y oscuridad deberán ser colocados en frascos de vidrio transparentes y frascos de vidrio color ámbar respectivamente.

Aplicación del colorante en yogur

La aplicación del colorante obtenido se realizó de acuerdo con la investigación de (Gaona, 2017). Donde aplicó 0,7: 1,0 y 1,2 g en 100 ml de yogur natural, para luego evaluar el color, olor y sabor, los mismos que serán evaluados mediante la aplicación de prueba de escala hedónica con el fin de determinar la aceptabilidad.

Cálculo del rendimiento del betacaroteno

Rendimiento (%) = (Cantidad de betacaroteno obtenido / Cantidad inicial de muestra) x 100.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial A x B x C, este modelo de diseño es recomendado cuando las unidades experimentales son homogéneas y la variación entre ellas es muy pequeña. Este diseño estadístico es muy empleado en el caso de experimentación a nivel de laboratorio, en donde las condiciones ambientales y resto de variables pueden ser controladas. Por lo tanto, puede denominarse una prueba con un solo criterio de clasificación.

En la Tabla 5 se describen las combinaciones experimentales.

Tabla 5. Esquema del experimento.

Tratamientos	Código
T1	A1B1C1
T2	A1B1C2
T3	A1B2C1
T4	A1B2C2
T5	A1B3C1
T6	A1B3C2
T7	A2B1C1
T8	A2B1C2
T9	A2B2C1
T10	A2B2C2
T11	A2B3C1
T12	A2B3C2
T13	A3B1C1
T14	A3B1C2
T15	A3B2C1
T16	A3B2C2
T17	A3B3C1
T18	A3B3C2

Factores:

A1, A2, A3

Temperaturas

A1= 4°C

A2= 14°C

A3= 68°C.

B1, B2, B3 = pH

B1=4

B2=5

B3=6.

C1, C2 = Luz

C1= luz

C2 = oscuridad

La determinación del número de tratamientos se realizó tomando en cuenta la interacción de todos los factores y sus respectivos niveles a estudiar, para lo cual se utilizó un diseño factorial al azar con un arreglo factorial A x B x C considerando tres réplicas por cada uno.

- Número de repeticiones por tratamiento: 3
- Número de tratamientos: 18
- Número de unidades experimentales: 54

3.5.1. Procesamiento y análisis de datos

La información recolectada experimentalmente en el desarrollo de la investigación se procesó mediante un análisis estadístico de varianza ANOVA, los valores obtenidos durante el estudio investigativo son tabulados y analizados mediante el software estadístico InfoStat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En la figura 3 se puede observar la curva de secado de la cáscara de plátano rojo.

4.1.1. Curva de secado

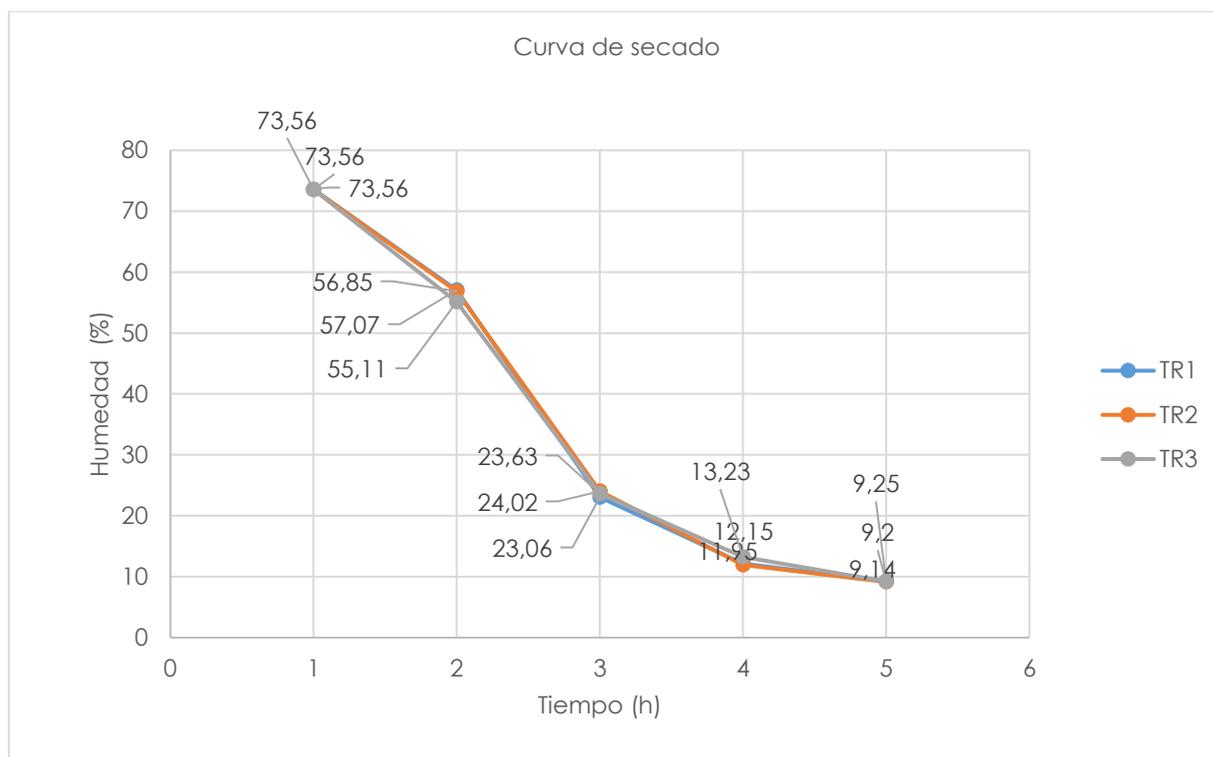


Figura 3. Curva de secado de la cáscara de plátano rosa

La cáscara de plátano rosa posee 73,56 % de humedad, posteriormente se realizó una deshidratación a una temperatura de 70 °C, donde al transcurrir 5 horas de secado disminuye el porcentaje humedad final hasta 9,14 %.

4.1.2. Rendimiento del pigmento

El extracto obtenido a partir de 2g de la cáscara de plátano rosa presentó un rendimiento de 1,35 %.

4.1.3. Extracción del pigmento a partir de la cáscara de plátano rosa

La extracción del pigmento se llevó a cabo utilizando como guía el trabajo de Pineda, (2021), en el que se estableció un modelo de extracción fiable y seguro mediante el uso de un equipo soxhlet, dado que la pureza del alcohol afecta a la concentración final del extracto, se decidió utilizar etanol 96° de pureza como solvente para completar la extracción del pigmento, teniendo también en cuenta su menor toxicidad en comparación con otros solventes.

Es importante señalar que se empleó un equipo soxhlet semiautomático, para facilitar la extracción del pigmento concentrado, previamente la materia prima fue secada y molida para obtención del colorante.

4.1.4. Solubilidad

En cuanto a la solubilidad del pigmento se realizó en solventes polar como el agua y en apolares como etanol y hexano en donde se logró evidenciar que el pigmento posee excelentes propiedades de solubilidad en solventes apolares, sin embargo, en solventes polares como el agua no presenta solubilidad se presentó hidrófobo que cumple con las características propias de un b-caroteno.

4.1.5. Caracterización fisicoquímica del pigmento

En la tabla 6, se detallan los resultados de la caracterización fisicoquímica del pigmento obtenido de la cáscara de plátano rosa.

Tabla 6. Caracterización fisicoquímica del pigmento.

Parámetro	Resultado
pH	6,030
°Brix	52
Absorbancia	450nm

El análisis fisicoquímico del colorante obtenido presentó un pH de 6.030, un contenido de sólidos soluble de 52 °Brix, además se realizó un barrido entre una longitud de 300 y 600 nm determinando una absorción máxima de 450 nm, con el cual se identificó que son carotenoides de tipo b-caroteno los cuales tienen una absorción máxima de 450 nm.

4.1.6. Estabilidad del pigmento natural extraído a partir de cáscara de plátano rosa y expuesto a diferentes condiciones de almacenamiento.

La estabilidad del colorante se evaluó exponiendo a diferentes condiciones como pH (4,5 y 6); temperatura (4,14 y 68 °C); y almacenamiento (luz y oscuridad), el proceso

de evaluación se llevó a cabo durante cuatro semanas, durante las cuales se realizó un seguimiento semanal para obtener los valores de retención del pigmento en relación con su estabilidad en dichas condiciones. Los valores se obtuvieron a través de lecturas utilizando el espectrofotómetro.

Obtenidos los valores de retención del pigmento se procedió a realizar el análisis estadístico en el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1.6.1 Efecto de pH

Como se observa en la tabla 7, al analizar estadísticamente los valores obtenidos respecto al pH sobre la estabilidad del pigmento, se observa que existe una diferencia significativa del pH 4 respecto al pH 5 y 6 los cuales no presentan diferencias significativas, los mismos que presentan mayor retención del pigmento.

Tabla 7. Prueba de Tukey para el porcentaje de colorante retenido respecto al pH.

Factor pH	Promedios (%)	Rango estadístico	p- valor
6	91,00	A	< 0,0001
5	89,00	A	<0,0001
4	85,00	B	

En la Tabla 8 se puede observar los valores promedios obtenidos durante el tiempo de evaluación del pigmento durante 4 semanas para evaluar su estabilidad, donde se puede apreciar como el colorante se va degradando en cada una de las semanas.

Tabla 8. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto al pH.

Factor	Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto al pH			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
pH				
6	100	97,26	93,86	90,12
5	100	98,81	95,14	91,03
4	100	95,47	90,03	84,38

En la figura 4, se detalla el comportamiento del porcentaje de pigmento retenido durante 4 semanas expuesto a condiciones de pH, donde se observa que en el pH 4 existe una mayor degradación del pigmento en cada semana, a diferencia del pH 5 y 6 donde existe mayor retención del pigmento.

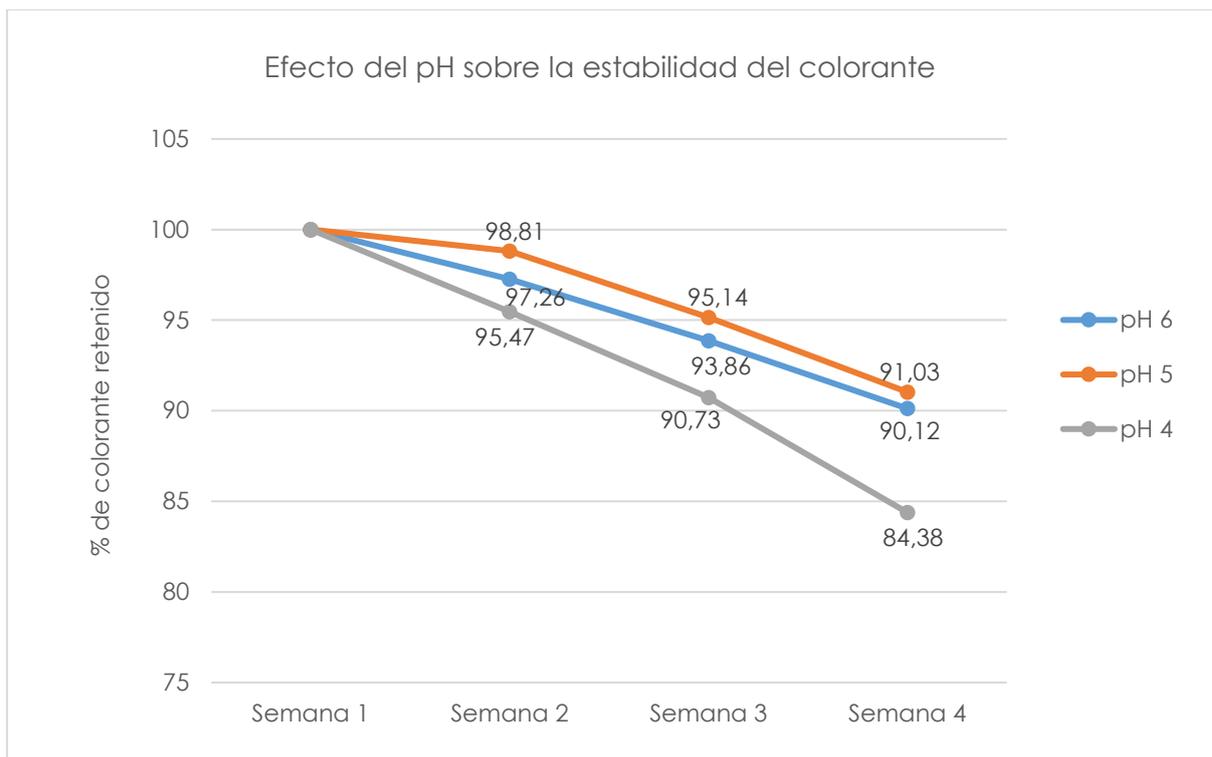


Figura 4. Efecto del pH sobre la estabilidad del pigmento

4.1.6.2 Efecto de la temperatura

El porcentaje de retención del pigmento respecto a la temperatura indica que existió una menor retención del colorante expuesto a 68 °C a diferencia de las temperaturas 4 y 14 °C donde se observó mayor porcentaje de retención del colorante como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Prueba de Tukey para el porcentaje del colorante retenido respecto a la temperatura.

Factor temperature	Promedios (%)	Rango estadístico	P-valor
4	91,85	A	<0,0001
14	91,59	A	<0,0001
68	88,79	B	

En la tabla 10, se muestran los promedios semanales de colorante retenido expuesto a diferentes temperaturas, donde se puede observar la degradación del pigmento durante cada semana.

Tabla 10. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la temperatura.

Factor	Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la temperatura.			
Temperatura	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
68	100	96,98	93,91	86,60
14	100	97,42	95,08	87,50
4	100	98,11	94,92	89,74

En la figura 5, se observa cómo influye la temperatura en la estabilidad del colorante, existiendo una mayor degradación a una temperatura de 68 °C a diferencia de 4 y 14 °C donde existe un mayor porcentaje de retención del pigmento en las cuatro semanas.

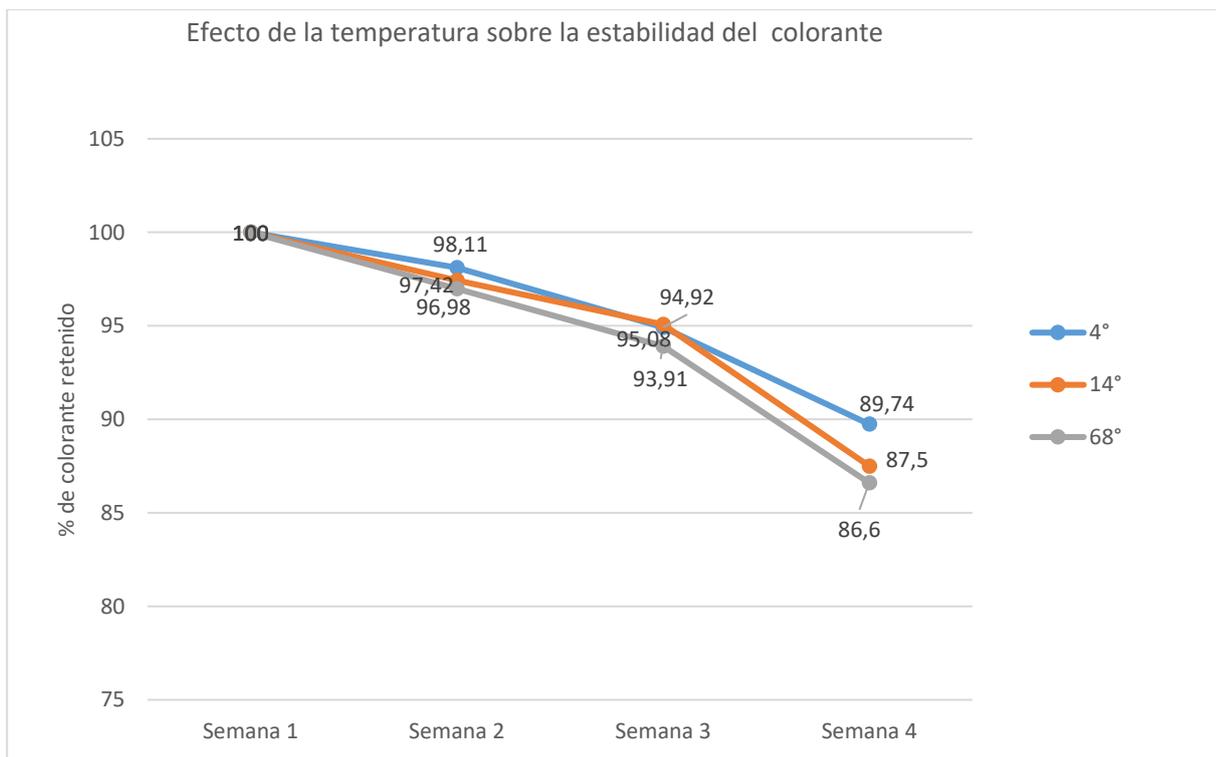


Figura 5. Efecto de la temperatura sobre la estabilidad del pigmento.

4.1.6.2 Efecto de condiciones de almacenamiento

Al analizar los datos del pigmento expuestos a condiciones de almacenamiento luz y oscuridad, se puede observar en la tabla 11, que no existe diferencia significativa en cuanto a la degradación del pigmento, por lo tanto, el pigmento expuesto a estas condiciones se mantiene estable.

Tabla 11. Prueba de Tukey para el porcentaje de colorante retenido respecto a la exposición.

Factor Almacenamiento	Promedios (%)	Rango estadístico	p-valor
Luz	90,00	A	<0,1845
Oscuridad	88,00	A	<0,1845

En la tabla 12, se observa los promedios de cada semana donde se puede apreciar que el pigmento se mantiene estable a condiciones de luz y oscuridad.

Tabla 12. Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la exposición.

Factor	Porcentaje de pigmento retenido por semanas respecto a la exposición.			
Almacenamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Luz	100	97,30	94,58	88,88
Oscuridad	100	96,72	94,23	88,21

El pigmento expuesto a condiciones de almacenamiento sufre menor degradación debido a que presenta características similares como se observa en la figura 6.

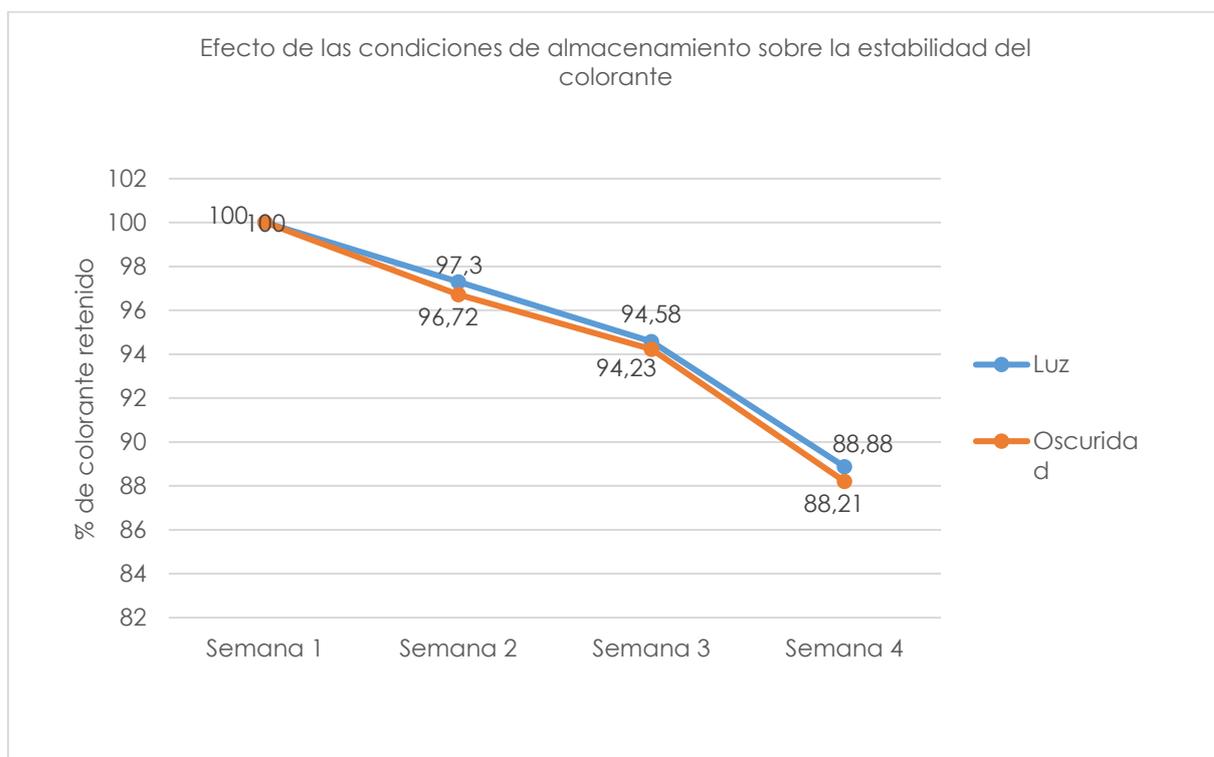


Figura 6. Efecto de la exposición sobre la estabilidad del colorante.

4.1.6.4. Interacción pH vs temperatura

Al analizar los datos mediante la prueba de Tukey, en la interacción de pH vs T; se puede observar que los parámetros donde mejor se conservó el colorante fueron a un pH6 y a una temperatura de 4 y 14 °C, al igual que en pH5 a una temperatura de 4 y 14 °C, además se puede observar que a un pH 4 y a una temperatura de 68 °C existió un mayor porcentaje degradación del pigmento como se puede apreciar en la tabla 13.

Tabla 13. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la temperatura y pH.

Factores		Promedios (%)	Rango estadístico		p-valor
pH	T				
6	4	93,87	A		<0,0001
6	14	93,54	A		<0,0001
5	14	93,05	A		<0,0001
5	4	92,89	A		<0,0001
4	14	92,73	A		<0,0001
6	68	92,57	A		<0,0001
4	4	92,45	A		<0,0001
5	68	90,97	B		
4	68	87,37	C		

4.1.6.5. Interacción exposición vs temperatura.

La prueba de Tukey para la interacción de exposición vs temperatura que se muestra en la tabla 14, se puede apreciar a una temperatura de 68 °C expuesto a luz y oscuridad existió mayor porcentaje de degradación del pigmento a diferencia de los demás tratamientos a temperatura de 4 y 14 °C expuesto a luz y oscuridad presentó una menor degradación del pigmento.

Tabla 14. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción exposición vs temperatura.

Factores		Promedios (%)	Rango estadístico		p-valor
Exposición	T				
Oscuridad	14	91,87	A		<0,0001
Luz	14	91,62	A		<0,0001
Luz	4	91,47	A		<0,0001
Oscuridad	4	90,00	A		<0,0001
Luz	68	83,48	B		
Oscuridad	68	82,67	B		

4.1.6.6. Interacción exposición vs pH.

En la tabla 15, se indican los resultados de la interacción de exposición vs pH donde se puede observar que a pH 5 y pH 6 a condiciones de oscuridad y luz presentan mayor porcentaje de retención, a diferencia de pH 4 sometido a luz y oscuridad donde existe una mayor degradación del pigmento.

Tabla 15. Porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción exposición vs pH.

Factores		Promedios (%)	Rango estadístico		p-valor
Exposición	pH				
Oscuridad	6	91,78	A		< 0,0001
Luz	6	91,12	A		< 0,5861
Luz	5	90,56	A		< 0,0001
Oscuridad	5	89,96	A		< 0,7680
Luz	4	85,63	B		

4.1.6.7. Interacción Exposición, pH y temperatura.

En la tabla 16, se puede observar el análisis mediante prueba de Tukey de las interacciones exposiciones, pH y temperatura donde se puede apreciar que a pH 4 a 68 °C existe una mayor degradación del pigmento a diferencia del pH 5, 6 se conserva el pigmento donde no sufre degradación, por lo tanto, se puede analizar que el pigmento expuesto a factores de temperatura 4 y 14 °C almacenamiento y pH posee gran estabilidad.

Tabla 16. Prueba de Tukey para el porcentaje de pigmento retenido respecto a la interacción pH vs temperatura y exposición.

Factores		Promedios %	Rango estadístico				p-valor
Exposición	pH	T					
Oscuridad	6	4	97,33	A			<0,0001
Luz	6	4	96,89	A			0,8079
Oscuridad	5	4	96,74	A			<0,0001
Luz	5	4	95,67	A	B		<0,0001
Luz	6	14	93,47	A	B	C	0,8517
Luz	5	14	92,86	A	B	C	D
Oscuridad	6	14	92,37	A	B	C	D
Oscuridad	5	14	91,57	A	B	C	D
Luz	4	4	90,64	A	B	C	D
Oscuridad	6	68	90,25	A	B	C	D
Oscuridad	4	4	89,70	A	B	C	D
Oscuridad	5	68	89,53	A	B	C	D
Luz	6	68	89,31	A	B	C	D
Luz	5	68	88,62	A	B	C	D
Oscuridad	4	14	87,93	A	B	C	D
Luz	4	14	85,81		B	C	D
Luz	4	68	83,12			C	D
Oscuridad	4	68	82,05				D

4.1.6.8. Porcentaje de colorante retenido por semanas

El análisis estadístico realizado a la degradación por semanas del pigmento se puede observar en la tabla 17, existe un porcentaje de retención mayor a diferencia de las antocianinas donde existe una degradación mayor por lo que el pigmento expuesto a factores de almacenamiento, pH, temperatura presenta un porcentaje de retención final de 88,54 %

Tabla 17. Prueba de Tukey para el porcentaje de pigmento retenido respecto al tiempo.

Factores	Promedios (%)	Rango estadístico			
Semana 1	100	A			
Semana 2	97,01		B		
Semana 3	94,41			C	
Semana 4	88,54				D

En la figura 7 se puede observar la degradación del pigmento durante cada una de las semanas, teniendo una degradación de 88,54 % en la cuarta semana por lo que se puede analizar que el pigmento presentó una buena estabilidad sometido a factores de temperatura, pH y almacenamiento.

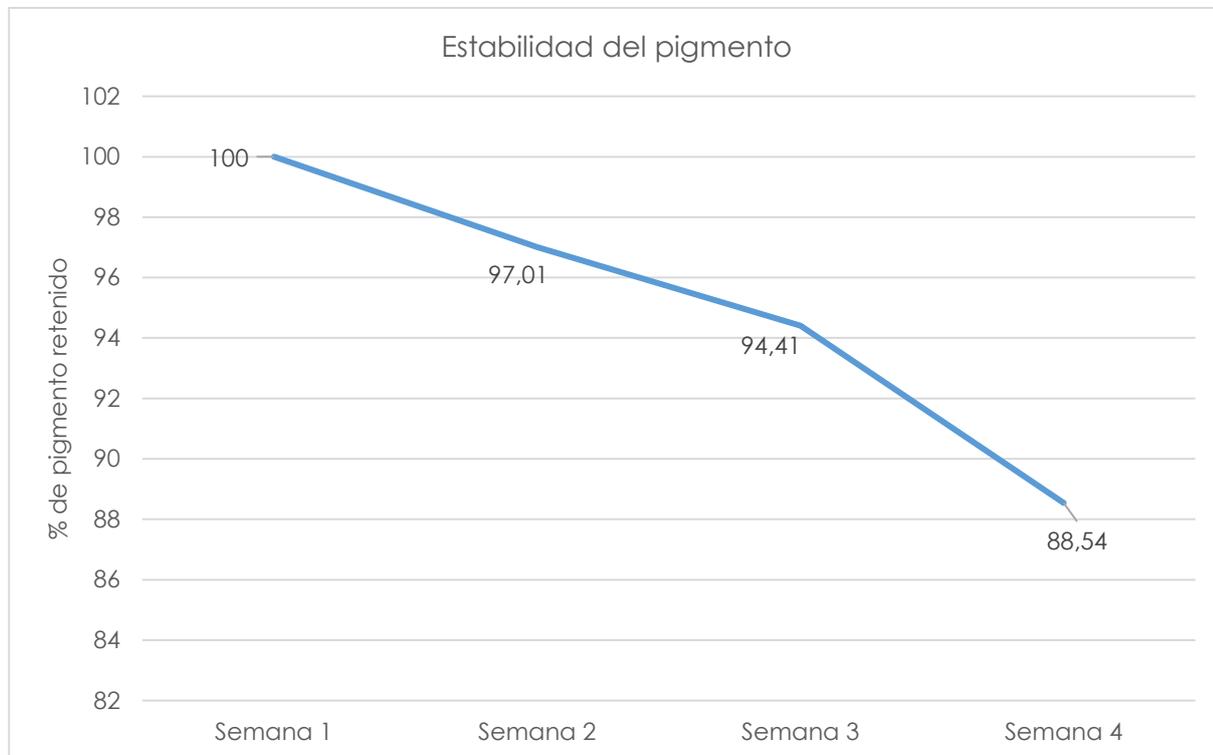


Figura 7. Efecto del tiempo sobre la estabilidad del pigmento.

Mejor tratamiento

En la tabla 18, se logró determinar que el mejor tratamiento fue el T5 sometido a condiciones diferentes presentó una mejor estabilidad en factores como temperatura de 4 °C, pH 6 y expuesto.

Tabla 18. Determinación del mejor tratamiento.

Factores		Media	Rango estadístico	p-valor
T5	1,0g	0,968	A	<0,0001
T11	0,7g	0,937	A	<0,0001
T6	1,2g	0,911	A B	

4.1.7. Análisis sensorial de la aplicación del pigmento en yogurt.

En la tabla 19, se muestran los resultados del análisis sensorial del color de la aplicación de betacaroteno en yogurt, en donde se puede observar que no presentó diferencias significativas entre las muestras.

Tabla 19. Análisis sensorial de color

Factores		Media	Rango estadístico	p-valor
T1	1,0g	4,32	A	<0,0001
T2	0,7g	4,00	A	<0,0001
T3	1,2g	3,96	A	<0,0001

El análisis sensorial respecto al atributo de olor indica que existe diferencia significativa entre las muestras como se puede observar en la tabla 20, donde la que presentó mayor aceptabilidad es la muestra con un contenido de 1,0 g.

Tabla 20. Análisis sensorial de olor.

Factores		Media	Rango estadístico		p-valor
T1	1,0g	4,30	A		<0,0202
T2	0,7g	3,36	A	B	<0,0202
T3	1,2g	3,82	B		

Al analizar los resultados mediante análisis estadístico respecto al sabor, se puede observar en la tabla 21, indica que no presentó diferencia significativa, donde cada una de las muestras tuvo una buena aceptabilidad por parte de los panelistas indicando que prefieren la muestra con 1,0g

Tabla 21. Análisis sensorial de sabor.

Factores		Media	Rango estadístico	p-valor
T1	1,0g	3,56	A	<0,0001
T2	0,7g	3,56	A	<0,0001
T3	1,2g	3,38	A	<0,0001

4.2. DISCUSIÓN

En cuanto a la extracción del pigmento concuerda con lo realizado por (Pineda, 2021), el cual menciona que es un método simple y confiable, el cual asegurando una degradación mínima del pigmento para ello utiliza un equipo soxhlet con el cual se obtiene el pigmento con características de insolubilidad en agua, aceitoso, color fuerte, el mismo que presentó una absorbancia de 450nm identificando como un tipo de b-caroteno, logrando obtener en nuestra investigación un pigmento con características similares el mismo que al medir su absorbancia presentó una lectura de 450nm.

La evaluación de la solubilidad del colorante coincide con lo señalado por (Chamorro, 2017). Donde en su trabajo afirma que los carotenoides son pigmentos solubles en solventes apolares, e insolubles en solventes polares, como se logró determinar en esta investigación donde se pudo evidenciar que no es soluble en solventes polares como el agua.

Respecto al efecto del pH sobre el pigmento concuerda con lo establecido por (Juscamaita, et al., 2017). Quienes en su trabajo establecen que los carotenoides no son estables a pH ácidos, además manifiesta que estos pigmentos sufren isomerismo que se produce cuando son solubilizados provocando una inestabilidad, donde se logró reafirmar con nuestra investigación que el pigmento sufre degradación expuesto a pH ácidos. De igual manera coincide con (Pineda, 2021), quien en su trabajo determina que el betacaroteno es inestable en un pH 4.

En cuanto a la influencia de la temperatura sobre el pigmento se coincide con lo señalado por (Meléndez et al., 2004), quienes en su investigación establecen que el betacaroteno sometido a temperaturas inferiores a 100 °C no sufre degradación significativa, como se logró determinar en nuestro trabajo de investigación donde el pigmento sometido a una temperatura de 68 °C no presentó una degradación significativa, además afirman que a temperaturas superiores a 150 °C el pigmento sufre una degradación mayor. De igual forma concuerda con el trabajo de (Bleoju, 2007), quien en su trabajo indica que los pigmentos sometidos a temperaturas de refrigeración poseen mayor estabilidad.

Respecto a la exposición de luz y oscuridad del colorante concuerda con la investigación de (Pineda, 2021), quien en su trabajo manifiesta que el pigmento no sufre diferencias significativas, lográndose demostrar en nuestra investigación donde el colorante no sufre una degradación significativa expuesto a dichos factores.

En cuanto a la estabilidad del pigmento sometido a condiciones de pH, temperatura y almacenamiento, se logró determinar que el colorante presenta una degradación muy favorable presentando un valor de 88,54 % en la cuarta semana por lo que se puede concluir que el betacaroteno es más estable a estas condiciones, por lo cual concuerda con el trabajo de (Pineda, 2021), en el cual el pigmento evaluado durante la cuarta semana presenta un valor de 89,62 %, a diferencia de otros pigmentos como las antocianinas las cuales sufren una mayor degradación, como se puede evidenciar en el estudio de (Torres, 2015), quien en su trabajo de investigación titulado "Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium myrtillus*), como colorante para la industria de alimentos" sometido a las mismas condiciones y tiempo presentó un valor de degradación de 61,33 % durante la cuarta semana.

Respecto a la aplicación del pigmento en el yogurt concuerda con lo menciona por (Wajs et al., 2022), quienes en su investigación manifiesta que la aplicación de pigmentos vegetales influye en las propiedades del yogurt, el cual se pudo comprobar en nuestro trabajo, mediante una prueba sensorial donde se logró determinar que el pigmento influye en las características del yogurt específicamente en el atributo de olor.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La extracción del pigmento mediante el equipo soxhlet, se procedió a identificar el colorante mediante el espectrofotómetro realizando un barrido de 300 nm y 600 nm donde se obtuvo una absorción máxima de 450 nm identificando que es un tipo de b-caroteno los cuales presentan una absorción máxima de 450 nm.
- Al realizar la caracterización del colorante natural presentó un pH de 6.030, un contenido de sólidos solubles de 52 °Brix, además se realizó un barrido entre una longitud de onda de 300 a 600 nm obteniendo una absorción máxima de 450 nm con lo cual se identificó que es un tipo de b-caroteno.
- Al realizar las pruebas de solubilidad en solventes apolares como etanol, hexano en los cuales presentó buena solubilidad a diferencia en solventes polares como el agua, donde no presentó solubilidad que son características de un b-caroteno.
- La evaluación del colorante natural permitió evidenciar que la interacción entre los factores temperatura, pH, almacenamiento (luz, oscuridad), influyen en la estabilidad del colorante, con lo que se puede concluir que el pigmento sometido a estos factores presentó una buena retención del pigmento en la cuarta semana de 89,12 %, además el pigmento a un pH de 5, 6 y a temperaturas de 14 y 68 °C expuesto a condiciones de almacenamiento presentaron mayor estabilidad a diferencia de pH 4 a una temperatura de 68 °C donde se obtuvo una mayor degradación del pigmento obteniendo un valor de 80,73 %, el resultado de esta investigación evidencia que el factor más influyente en la degradación del pigmento fue el pH a diferencia de la temperatura y condiciones de almacenamiento donde se evidenció una menor degradación.

- En cuanto a la aplicación del pigmento en yogurt se aplicó en concentraciones diferentes de 0.7,1.0 y 1.2 g en 100 ml de yogurt, donde se procedió a realizar un análisis sensorial mediante una escala de preferencia donde se evaluaron las características de color, olor y sabor, los panelistas al analizar las muestras prefirieron la de 1,0 g en cuanto a la característica de color y olor, en la que difirieron fue en el sabor prefirieron la 1.2 g, además se pudo comprobar que el pigmento influyó en la características de olor, además la muestra que prefirieron fue la de 1,0 g.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de aplicación del pigmento a diferentes alimentos utilizando temperaturas, pH y condiciones almacenamiento distintas con el fin de evaluar la estabilidad del colorante.
- Se recomienda extender el tiempo de evaluación del pigmento combinando otros factores de temperatura y pH.
- Investigar otras técnicas y solventes para la extracción pigmento con el fin de determinar en cuál existe mayor rendimiento, como por ejemplo la técnica de extracción asistida con microondas (MAE), debido a que algunas investigaciones recomiendan implementarla.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., Marañón, V., Rincón, J., Ramírez, I., Gutiérrez, R., & Reyes, C. (2018). Remoción de colorantes azo con alginato: relación entre estructura de colorante y eficiencia de remoción. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 52-55.
- Ariyadasa, T., Nimarshana, P., Attalage, R., & Rammuni, N. (13 de 10 de 2018). Comparative assessment on the extraction of carotenoids from microalgal sources: Astaxanthin from *H. pluvialis* and β -carotene from *D. salina*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30502128/>
- Bleaju, M. (08 de 2007). Estudio de estabilidad y algunas propiedades tecnológicas de pigmentos sintetizados por *epicoccum nigrum*. Recuperado de <https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259.1/39/Bleaju.pdf;jsessionid=2A11ED29341A23B60A0FDF65E5F8BEA5?sequence=4>
- Calvo, I. (2018). El cultivo de la uchuva (*physalis peruviana*). Costa Rica: Microcuenca Plantón - Pacayas(10), 1-112.
- Campos, M. (2016). Soxhlet, del inventor al método. Recuperado de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20Soxhlet%20se,disolvente%20y%20altere%20la%20prueba.>
- Candelaria, Y. (2017). *Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (opuntia ficus-indica) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de san cristóbal-moquegua.* Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6391/Nayhua_Yana_Candelaria_Milagros.pdf?sequence=
- Chamorro, R. (2017). *Efecto de la presión y temperatura en la extracción por CO_2 supercrítico de carotenoides de zanahoria (daucus carota).* Recuperado de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1331/1/035-%20PINEDA%20PE%c3%91AFIEL%20DANIEL%20FRANCISCO.pdf>

- Díaz, P. (2017). Obtención de un colorante a partir de corteza de maracuyá con el uso de técnicas convencionales de extracción. *Revista U D C A Actualidad & Divulgación Científica*, 6-13.
- Fahmi Wan Mohamad, W., McNaughton, D., Buckow, R., & Augustin, A. (11 de 2017). Stability and partitioning of β -carotene in whey protein emulsions during storage. Recuperado el 11 de noviembre del 2017, de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/fo/c7fo01012e/unauth>
- Food News Latam. (04 de 08 de 2017). Efectos que causan los saborizantes y colorantes artificiales. Recuperado el 04 de agosto del 2017, de <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUAEXCOMESC001-2018.pdf>
- FUCHS, L. (18 de 03 de 2021). Probamos el plátano rojo de Canarias: la nueva variedad de banana que ha llegado a los supermercados de la península. Recuperado el 18 de marzo del 2017, de <https://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/probamos-platano-rojo-nueva-variedad-banana-que-ha-llegado-a-supermercados-espanoles>
- Gaona, G. (2017). *Análisis sensorial para la determinación de los niveles aceptables de colorante y saborizante en el yogurt*. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11457/1/GAONA%20UYAGUARI%20GRACE%20GABRIELA.pdf>
- López, A. (2018). Colorantes más utilizados en la industria. Recuperado de <https://www.revistaalimentos.com/colorantes-utilizados-en-la-industria/#:~:text=Hay%20dos%20tipos%20de%20colorantes,a%20trav%C3%A9s%20de%20s%C3%ADntesis%20qu%C3%ADmica.>
- Mccann, D. (2017). Randomised, Double-Blinded, Placebo-controlled Trial. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and, 1560-1567: Recuperado el 2017, de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/716Texto%20del%20artículo-3155-2-10-20190728%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/716Texto%20del%20artículo-3155-2-10-20190728%20(1).pdf)
- Moreno, N. (2017). Obtención de un colorante natural la betalaina a partir de la remolacha (*beta vulgaris*) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1764/1/SBQ17%20Ref.3401.pdf>

- Peñuri, J. (2019). *La permeabilidad intestinal en diabetes tipo 1 podría afectarse por la ingestión de aditivos alimentarios, induciendo enfermedad celiaca*. Recuperado de <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/908>
- Pineda, D. (2021). "Evaluación de la estabilidad de betacaroteno obtenido a partir de zanahoria (*Daucus carota*) como colorante natural usado en la industria alimentaria". Recuperado de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1331/1/035-%20PINEDA%20PE%c3%91AFIEL%20DANIEL%20FRANCISCO.pdf>
- Rammuni, M., Ariyadasa, T., Nimarshana, P., & Attalage, R. (2018). *Comparative assessment on the extraction of carotenoids from microalgal sources: Astaxanthin from *H. pluvialis* and β -carotene from *D. salina**. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618318417>
- Rovelló, G. (16 de 04 de 2021). Plátano rojo: Conoce los beneficios de la fruta de moda. Recuperado el 16 de abril del 2021, de <https://www.mundodeportivo.com/vidae/nutricion/20210319/492771102525/platano-rojo-beneficios-fruta-de-moda.html>
- Torres, F. (2015). Evaluación de la estabilidad del pigmento natural evaluación de la estabilidad del pigmento natural . *Revista Sathir*, 171-186.
- Vani, H. (2017). *El método Food Babe, libérate de las toxinas de los alimentos*. Madrid – España: EDAF, S.L.U.
- Yang, J., Siyuan, T., & Zhou, W. (30 de 06 de 2018). Effect of Mindfulness-Based Stress Reduction Therapy on Work Stress and Mental Health of Psychiatric Nurses. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29930229/>
- Zanin, T. (11 de 2022). Cáscara de plátano: beneficios y propiedades. Recuperado el noviembre del 2022, de <https://www.tuasaude.com/es/cascara-de-platano/>
- Zapata, L. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria*. Recuperado de <https://cdn.blueberriesconsulting.com/2020/09/obtenciondeextracto.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1 Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	Paspuel Malte Brayan Rivaldo		CÉDULA DE IDENTIDAD:	.0401850748
PERIODO ACADÉMICO:	2022 A		DOCENTE TUTOR:	MSC. VANESSA CADENA MAFLA
PRESIDENTE TRIBUNAL:	MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA		DOCENTE:	MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
TEMA DEL TIC:	"EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLORANTE NATURAL EXTRAÍDO DE CÁSCARA DE PLÁTANO ROJO (MUSA ACUMINATA) PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA."			
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00		
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00		
3	METODOLOGÍA	8,00	Colocar información sobre el rendimiento del colorante	
4	RESULTADOS	8,00		
5	DISCUSIÓN	8,00	Revisar la información sobre las referencias donde hace énfasis en pH extremos.	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Revisar las conclusiones, incrementar recomendaciones sobre los procesos de extracción y estabilidad en alimentos.	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00		
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar faltas ortográficas, revisar unidades que están en mayúscula, norma APA.	

Obteniendo una nota de: 8,20 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los Investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su Informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el lunes, 31 de Julio de 2023

MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
PRESIDENTE TRIBUNAL

MSC. VANESSA CADENA MAFLA
DOCENTE TUTOR

MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Paspuel Malte Brayan Rivaldo				
DATE: 7 de septiembre de 2023				
TOPIC: "Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (<i>musa acuminata</i>) para aplicación en la industria alimentaria"				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> <small>Ivana Iñigo, Edwin Andrés</small>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9,5	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Paspuel Malte Brayan Rivaldo

Fecha de recepción del abstract: 7 de septiembre de 2023

Fecha de entrega del informe: 7 de septiembre de 2023

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubricas de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9,5 por lo cual se validó dicho trabajo.

Atentamente



EDISON PEÑAFIEL
ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3. Hoja de cata para la evaluación sensorial



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTO

Fecha:..... Género:..... Edad:.....

Tema: “EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLORANTE NATURAL EXTRAÍDO DE CÁSCARA DE PLÁTANO ROJO (*MUSA ACUMINATA*) PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.”

Instrucciones:

La tabla 1 presenta la escala hedónica de valores de aceptabilidad, para la valoración de la prueba sensorial.

Tabla 1. Escala de valores de aceptabilidad

Aceptabilidad	Puntaje
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

- Frente a usted se presentan tres muestras de yogurt aplicado betacaroteno.
- Califique los atributos (color, olor, sabor) de cada muestra de acuerdo con su agrado.
- Antes de degustar cada muestra tomar agua para limpiar su paladar.
- Califique los atributos según la escala de evaluación de la tabla 1.

Atributos	Muestras		
	454	128	496
Color			
Olor			
Sabor			

De acuerdo con la evaluación realizada escriba el código de la muestra que más le agrado:

.....

Comentarios:

.....

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 4. Preparación de la materia prima para la extracción del pigmento



Figura 7. Lavado de la cáscara del plátano



Figura 8. Deshidratación de la cáscara de plátano



Figura 9. Molienda de la cáscara de plátano



Figura 10. Pesado de la muestra



Figura 11. Extracción del pigmento mediante Soxhlet



Figura 12. Obtención del pigmento.



Figura 13. Medición de la absorbancia mediante espectrofotometría UV-Visible.



Figura 14. Tratamientos



Figura 15. Medición de los tratamientos durante cada semana.

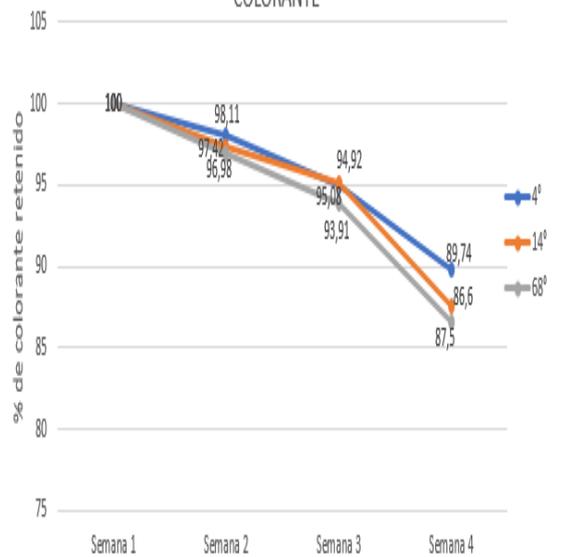


Figura 16. Análisis sensorial del pigmento aplicado en yogurt

Anexo 5. Tabulación de los tratamientos

							<table border="1"> <tr> <th>4°</th> <th>14°</th> <th>68°</th> </tr> </table>			4°	14°	68°					
4°	14°	68°															
0,931	0,941	0,94	0,939	0,865	0,867	0,866											
0,90794444			0,85838889					Semana 1	100	100	100						
								Semana 2	98,11	97,42	96,98						
								Semana 3	94,92	95,08	93,91						
								Semana 4	89,74	87,5	86,6						
							<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Semana 3</th> <th colspan="3">Semana 4</th> </tr> </table>					Semana 3			Semana 4		
Semana 3			Semana 4														
0,948	0,897	0,896	0,898	0,811	0,81	0,808	97,4228001										
0,945	0,889	0,864	0,861	0,811	0,81	0,808	95,0777804										
0,947	0,913	0,916	0,911	0,815	0,816	0,818	87,4970977										
0,941	0,904	0,902	0,903	0,863	0,862	0,86											
0,935	0,939	0,941	0,937	0,867	0,869	0,866											
0,932	0,936	0,938	0,935	0,86	0,861	0,859											
0,91			0,83744444														
							<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Semana 3</th> <th colspan="3">Semana 4</th> </tr> </table>					Semana 3			Semana 4		
Semana 3			Semana 4														
0,914	0,852	0,848	0,855	0,809	0,807	0,81	96,9881616										
0,903	0,857	0,86	0,852	0,795	0,793	0,794	93,9066852										
0,945	0,916	0,913	0,911	0,824	0,82	0,821	86,5831012										
0,942	0,904	0,903	0,904	0,811	0,815	0,816											
0,935	0,938	0,935	0,936	0,867	0,868	0,872											
0,931	0,934	0,931	0,933	0,865	0,867	0,866											
0,899			0,82888889														

EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA ESTABILIDAD DEL COLORANTE



Anexo 6. Análisis estadístico mediante infostat

InfoStat/L - bwqehnjfkg - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

C:\Users\USUARIO\Desktop\bwqehnjfkg.IDB2 : 25/7/2023 - 9:37:05 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Degradación	54	0,63	0,56	3,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	9	0,01	8,49	<0,0001
Exposición	7,6E-05	1	7,6E-05	0,06	0,8079
pH	0,05	2	0,02	19,65	<0,0001
T°	0,05	2	0,02	17,84	<0,0001
Exposición*pH*T°	1,7E-03	4	4,3E-04	0,34	0,8517
Error	0,06	44	1,3E-03		
Total	0,15	53			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10762
 Error: 0,0019 gl: 44

Exposición	pH	T°	Medias	n	E.E.
Oscuridad	pH6	4	0,97	3	0,02 A
Luz	pH6	4	0,96	3	0,02 A
Oscuridad	pH5	4	0,96	3	0,02 A
Luz	pH5	4	0,95	3	0,02 A B
Luz	pH6	14	0,93	3	0,02 A B C
Luz	pH5	14	0,92	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH6	14	0,92	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH5	14	0,91	3	0,02 A B C D
Luz	pH4	4	0,90	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH6	68	0,90	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH4	4	0,89	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH5	68	0,89	3	0,02 A B C D
Luz	pH6	68	0,89	3	0,02 A B C D
Luz	pH5	68	0,88	3	0,02 A B C D
Oscuridad	pH4	14	0,87	3	0,02 A B C D
Luz	pH4	14	0,85	3	0,02 B C D
Luz	pH4	68	0,83	3	0,02 C D
Oscuridad	pH4	68	0,82	3	0,02 D

ANAVA

J-R Port = disabled LF