

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus Spp*) Y SU
IMPLEMENTACIÓN COMO COLORANTE NATURAL EN MORTADELA**

POR:

SHERMY NAIROBY MARTINEZ LAMBERTH



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus Spp*) Y SU
IMPLEMENTACIÓN COMO COLORANTE NATURAL EN MORTADELA

POR:

SHERMY NAIROBY MARTINEZ LAMBERTH

Ph.D MARIO JOSUÉ GONZALES SANTOS

Asesor Principal

INFORME FINAL DE TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme con su luz en cada paso de este camino y por darme la fuerza para alcanzar este logro.

A mi mamá, mi abuela y mi tía, mi tridente perfecto, las tres mujeres que han sido mi mayor inspiración, mi sostén y mi impulso. Gracias por su amor incondicional, por sus consejos que siempre llegan en el momento justo y por enseñarme, cada una a su manera, que la fortaleza, la fe y la dedicación son el camino para cumplir los sueños. Este triunfo es el reflejo de su esfuerzo, sus sacrificios y su entrega infinita.

A mi familia, por su cariño y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A quienes me brindaron apoyo, motivación y palabras de aliento durante este proceso.

Con profundo amor y gratitud, dedico este logro a ustedes, porque sin su presencia, nada de esto habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. Sin su guía, nada de esto habría sido posible.

A mi mamá, mi abuela y mi tía, mi tridente, quienes con su amor inagotable, sus palabras de ánimo y su confianza absoluta en mí, se convirtieron en mi mayor inspiración para no rendirme. Gracias por sostenerme en cada paso del camino, incluso en los momentos más difíciles.

A mis asesores, quienes fueron un pilar fundamental en este proceso. Cuando sentía que todo estaba perdido, ustedes creyeron en mi potencial, me brindaron apoyo académico y emocional, y me alentaron a continuar. Gracias por su paciencia, su orientación y por exigirme siempre dar lo mejor de mí.

A mi coordinadora, por su respaldo, comprensión y por abrirme puertas cuando más lo necesitaba. Su apoyo marcó una diferencia que siempre llevaré conmigo.

A mis docentes, quienes a lo largo de mi formación aportaron conocimientos, disciplina y motivación. Gracias por estar presentes, por cada enseñanza y por guiarme hacia el crecimiento personal y profesional.

A mis amigos, que con su compañía, sus palabras de ánimo, sus risas y su presencia hicieron este camino más ligero y lleno de momentos valiosos. Gracias por ser apoyo, refugio y motivación constante.

A todos los que de alguna forma aportaron a este logro, les agradezco profundamente. Este trabajo es el resultado de esfuerzos compartidos, y cada uno de ustedes forma parte de este triunfo.

|

CONTENIDO

TABLAS	I
FIGURAS	II
RESUMEN	III
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS	4
Pregunta problema	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
V. MATERIALES Y METODOS	15
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
VII. CONCLUSIONES	33
VIII. RECOMENDACIONES	34
IX. BIBLIOGRAFIA	35
ANEXOS	39

TABLAS

Tabla 1 . Composición nutricional en 100 g del fruto de la pitahaya roja	9
Tabla 2 . Factores que mejoran o disminuyen la estabilidad	10
Tabla 3 . Parámetros de escala del color	21
Tabla 4 . Diseño experimental del estudio	24
Tabla 5 . Análisis realizados y repeticiones experimentales	25
Tabla 6 . Valores promedio del parámetro L (luminosidad) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.	26
Tabla 7 . Valores promedio del parámetro a (componente rojo) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento	27
Tabla 8 . Valores promedio del parámetro b (componente amarillo) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.	28
Tabla 9 . Valores promedio del parámetro C (croma) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.	28
Tabla 10 . Valores promedio de la fuerza de corte (textura) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento	31
Tabla 11 . Valores promedio de pH en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.	32

FIGURAS

Figura 1. Esquema de clasificación de los colorantes (Martínez et al., 2024)	7
Figura 2. Pitahayas rojas: a) fruta, b) fruta partida por la mitad, c) cáscara y pulpa y d) cáscara en 4 partes.(Castillo-Zapata et al., 2024)	8
Figura 3. Estructura química del ácido betalámico (A), betanina (B) e indicaxantina (C). (María et al., 2022)	10
Figura 4. pH metro digital HANNA utilizado en las mediciones realizadas.	20
Figura 5. Colorímetro Digital utilizado en las mediciones realizadas.	21
Figura 6. Texturometro TXT plus	23
Figura 7. Gráfica Comportamiento Ángulo de tono	29
Figura 8. Gráfica comportamiento del ΔE	30

RESUMEN

La cáscara de pitahaya (*Hylocereus spp.*), es una fuente potencial de pigmentos con actividad antioxidante que pueden sustituir colorantes sintéticos en productos cárnicos. Este estudio tuvo como objetivo obtener un colorante natural a partir del extracto de cáscara de pitahaya y evaluar su aplicación en mortadela, comparándolo con la cochinilla. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T0 (control con cochinilla) que es la formulación del Laboratorio de Ciencias de la Carne, T1 (5 % de extracto), T2 (10 %) y T3 (15 %). El extracto se obtuvo mediante maceración de cáscara deshidratada en solución hidroalcohólica (agua:etanol 70/30 v/v) acidificada con 1 % de ácido cítrico, en proporción 1:20 (p/v) durante 24 h. Los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h°), textura (fuerza de corte) y pH se evaluaron en los días 1, 18 y 32 de almacenamiento a -19°C , aplicando prueba LSD ($p < 0.05$). Los resultados de color mostraron variaciones relacionadas con la concentración del extracto. La luminosidad (L^*) se mantuvo entre 63.82 y 70.53 y disminuyó con el almacenamiento. T2 presentó los valores más estables (67.12–69.36). El parámetro a^* aumentó en T2 y T3 (13.0–17.7), asociado al aporte de betacianinas. Aunque la cochinilla generó una mayor intensidad, el extracto produjo un color uniforme. El parámetro b^* aumentó con la concentración del extracto (9.5–15.5) y el croma (18.2–25.0) se mantuvo estable. El ángulo de tono registró valores de 44° a 51° en T1–T3, correspondientes a tonos rojo-púrpura, mientras que el control presentó valores mayores (65° – 67°), asociados a un tono más anaranjado. La diferencia total de color ($\Delta E = 4.10$ – 6.18) indicó cambios perceptibles durante el almacenamiento. En cuanto a la textura, T1 mostró los valores más altos de firmeza (1217.8–1755.07 N), posiblemente relacionados con interacciones entre compuestos del extracto y las proteínas del producto. El pH en los tratamientos con extracto se mantuvo entre 6.2 y 7.0, mientras que el control presentó valores mayores. En general, el extracto de pitahaya no alcanzó la intensidad de color de la cochinilla, pero permitió obtener una coloración estable y niveles adecuados de textura y pH, por lo que puede considerarse una alternativa para su uso en mortadela.

I. INTRODUCCIÓN

En la industria cárnica, los colorantes desempeñan un papel fundamental al influir directamente en la aceptabilidad visual, la percepción de frescura y la intención de compra del consumidor. Tradicionalmente, se han empleado colorantes sintéticos y pigmentos de origen animal, como la cochinilla (ácido carmínico), para otorgar tonalidades rojizas características a los productos emulsionados. Sin embargo, su uso ha sido cuestionado debido a preocupaciones relacionadas con la inocuidad, posibles reacciones alérgicas, costos elevados y una creciente demanda por alternativas naturales, sostenibles y alineadas con las tendencias de “clean label”. Este escenario ha impulsado la búsqueda de fuentes vegetales ricas en pigmentos bioactivos capaces de aportar color, estabilidad y beneficios funcionales.(Asioli et al., 2017).

Las betalainas, compuestos hidrosolubles presentes en especies del género *Hylocereus*, representan una alternativa prometedora. Estas moléculas, divididas en betacianinas y betaxantinas, destacan por su capacidad antioxidante, su estabilidad en medios ácidos y su contribución a tonalidades rojo-púrpura intensas (Montalvo et al., 2023) . La cáscara de pitahaya, subproducto agroindustrial comúnmente desechado, contiene concentraciones significativas de estos pigmentos, lo que la convierte en una fuente viable para la obtención de colorantes naturales. Su aprovechamiento no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también agrega valor a un recurso subutilizado.(García-Cruz et al., 2012).

En productos cárnicos emulsionados como la mortadela, el uso de pigmentos naturales plantea el reto de mantener parámetros físicoquímicos estables, incluyendo color, textura y pH, sin comprometer la calidad ni la aceptabilidad del producto final. La incorporación de extractos vegetales puede influir en la emulsificación, la interacción proteína-polifenoles y

la oxidación lipídica, aspectos determinantes para la estabilidad y funcionalidad del embutido.

Considerando este contexto, la presente investigación tuvo como propósito desarrollar un colorante natural a partir del extracto de cáscara de pitahaya (*Hylocereus* spp.) y evaluar su aplicación en mortadela, comparándolo directamente con la cochinilla. Se analizaron sus efectos sobre la luminosidad, saturación y tono del color, así como sobre la textura instrumental y el pH durante el almacenamiento. De esta manera, se busco determinar la viabilidad tecnológica del extracto como sustituto parcial o total de colorantes sintéticos, promoviendo formulaciones cárnicas más naturales, sostenibles y funcionales.

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General

Desarrollar un colorante natural a partir del extracto de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus spp.*) y evaluar su aplicación en mortadela , considerando sus efectos sobre las propiedades fisicoquímicas del producto en comparación con la cochinilla.

2.2.Objetivos específicos:

Optimizar el método de extracción del colorante a partir de la cáscara de pitahaya,utilizando el método de maceración hidroalcohólica

Comparar la estabilidad del color y la calidad durante almacenamiento mediante mediciones instrumentales de color utilizando un colorímetro.

Evaluar el efecto del colorante natural sobre características fisicoquímicas del producto mediante la determinación de pH con un pH-metro digital y la medición de textura mediante texturómetro, para establecer si la incorporación del extracto modifica las propiedades fisicoquímicas del producto final respecto al control.

III. HIPOTESIS

H₀: si se adiciona colorante de cáscara de pitahaya a la mortadela afecta de forma negativa las propiedades fisicoquímicas del producto

H_a: si se adiciona colorante de cáscara de pitahaya a la mortadela, mejora las propiedades fisicoquímicas del producto.

Pregunta problema

¿Es el colorante extraído de la cascara de pitahaya apto para la industria cárnica?

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Historia y concepto de los aditivos alimentarios

El uso de aditivos en los alimentos tiene una larga historia que se remonta a varios siglos atrás, cuando se empleaban de manera empírica y sin control sanitario, principalmente para disimular defectos en la elaboración o mejorar condiciones higiénicas deficientes. Con los avances de la química en el siglo XIX y el desarrollo de la industria alimentaria, su aplicación se volvió más sistemática. Hacia finales de ese siglo surgió el término aditivo en la ciencia de los alimentos, englobando compuestos químicos añadidos durante la producción con el propósito de mejorar el procesamiento o resaltar características deseables como el color, sabor, textura o conservación. Entre ellos se incluyen colorantes, saborizantes, espesantes, conservantes y coadyuvantes tecnológicos (Alimentarios et al., 2023).

4.2. Propiedades funcionales de los colorantes naturales

Los colorantes naturales son compuestos bioactivos obtenidos de fuentes vegetales, animales o microbianas, ampliamente reconocidos por su capacidad de aportar color y, además, por sus propiedades funcionales y beneficios para la salud. Entre los pigmentos más importantes se encuentran las antocianinas, carotenoides, clorofilas y betalaínas, cada uno con características químicas particulares que influyen en su estabilidad y comportamiento tecnológico (Azeredo, 2009).

En la industria alimentaria, los colorantes naturales no solo mejoran el aspecto visual de los productos, sino que también ejercen actividad antioxidante, ayudando a retardar la oxidación

lipídica y proteica, lo que prolonga la vida útil del producto y preserva su calidad sensorial (Calva-Estrada et al., 2022). Asimismo, se ha demostrado que algunos pigmentos presentan efectos antimicrobianos, inhibiendo el desarrollo de microorganismos patógenos o alterantes, contribuyendo así a la seguridad alimentaria (Herbach et al., 2006; Wu et al., 2020).

Dentro de los pigmentos naturales, las betalaínas (principalmente betacianinas y betaxantinas) destacan por su alta capacidad antioxidante y su color rojo-violeta intenso, presentes en especies como *Beta vulgaris* y *Hylocereus spp.*. Estas sustancias son solubles en agua y se mantienen estables en pH ligeramente ácido, lo que las hace adecuadas para aplicaciones alimentarias si se controlan las condiciones de procesamiento. Además, su incorporación puede contribuir a la funcionalidad nutricional, al ofrecer propiedades bioactivas adicionales a los productos procesados.

4.3. Problemas asociados a los colorantes sintéticos y justificación del uso de colorantes naturales en alimentos cárnicos

Los colorantes sintéticos, derivados de la industria petroquímica, se han utilizado por décadas en productos alimentarios debido a su bajo costo, estabilidad térmica y alta intensidad de color. Sin embargo, múltiples estudios han señalado su posible toxicidad y efectos adversos sobre la salud, incluyendo reacciones alérgicas, alteraciones del comportamiento en niños e incluso posibles efectos carcinogénicos (Kobylewski & Jacobson, 2012; Stevens et al., 2013).

Ante esta problemática, la industria alimentaria ha mostrado creciente interés en el reemplazo de los colorantes sintéticos por alternativas naturales seguras y funcionales. En particular, los pigmentos extraídos de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus spp.*), rica en betalaínas, representan una opción prometedora como colorante natural para productos cárnicos emulsionados, como la mortadela. Su aplicación no solo permite obtener una tonalidad rosada atractiva, sino que además aporta propiedades antioxidantes, que ayudan a mejorar la estabilidad del color y a reducir la oxidación durante el almacenamiento (Bellucci et al., 2020; Strack & Vogt, 2021).

El uso de colorantes naturales también responde a la creciente demanda de consumidores conscientes, que buscan productos más saludables, sostenibles y libres de aditivos sintéticos. Asimismo, el aprovechamiento de subproductos agroindustriales, como la cáscara de pitahaya, contribuye a un modelo de producción sustentable, reduciendo el desperdicio y generando valor agregado a partir de residuos vegetales (Calva-Estrada et al., 2022).

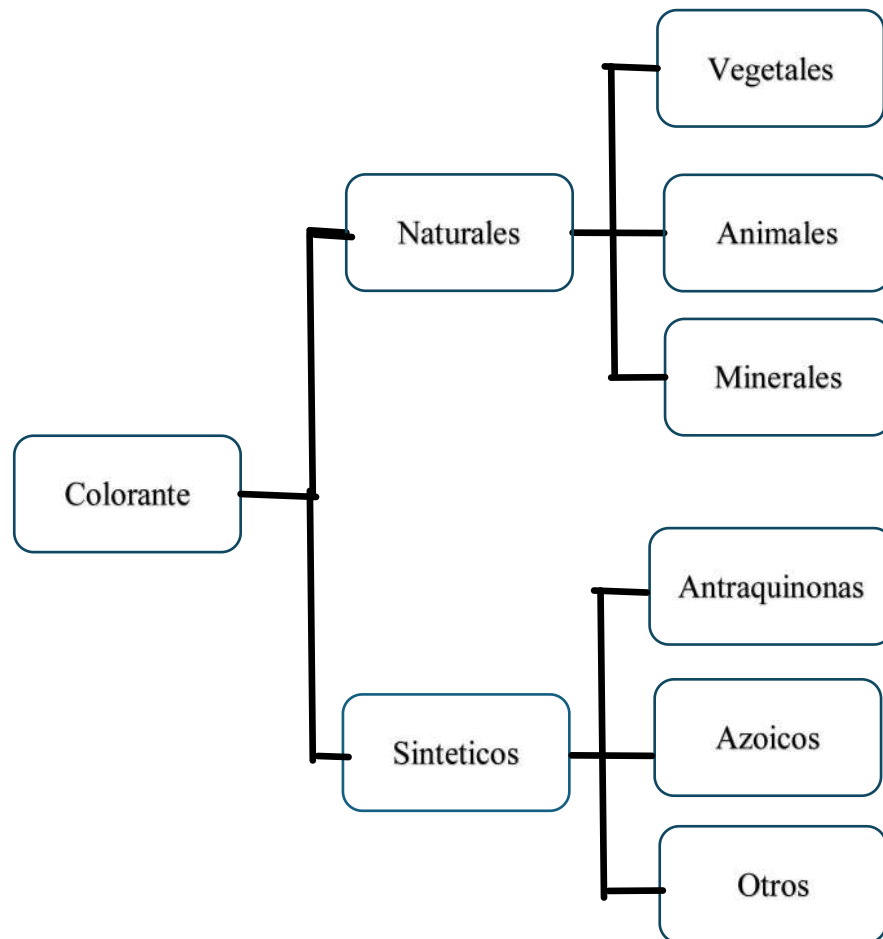


Figura 1. Esquema de clasificación de los colorantes (Martínez et al., 2024)

4.4. La Pitahaya (*Hylocereus spp*) como fuente de betalaínas

La pitahaya, conocida como “fruta del dragón”, pertenece al género *Hylocereus* de la familia *Cactaceae*. Es originaria del sur de México, Guatemala, Costa Rica y El Salvador, y presenta

diferencias morfológicas notables en tallo, flor y fruto (Attar et al., 2022). Las especies más cultivadas son *H. undatus*, *H. costaricensis* y *H. megalanthus* (sinónimo *Selenicereus megalanthus*) (Cevallos Macías, 2022).

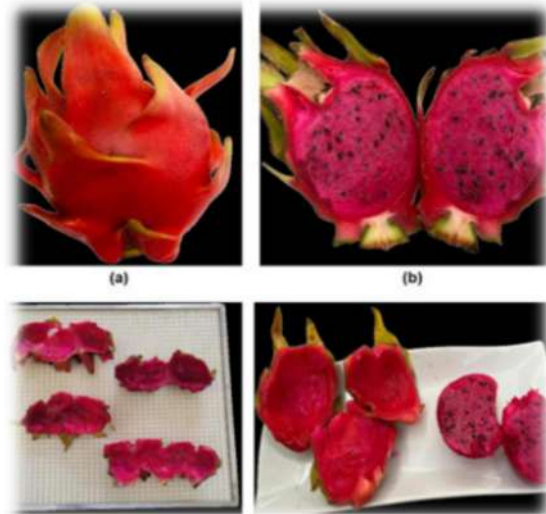


Figura 2. Pitahayas rojas: a) fruta, b) fruta partida por la mitad, c) cáscara y pulpa y d) cáscara en 4 partes.(Castillo-Zapata et al., 2024)

4.4.1. Potencial industrial, valor nutricional y funcional de la (*Hylocereus spp*)

La pitahaya posee alto contenido de betalaínas, pigmentos naturales con propiedades antioxidantes que la convierten en una fuente prometedora para sustituir colorantes sintéticos. Estas ventajas han despertado interés internacional en su aprovechamiento agroindustrial, especialmente en la especie roja, rica en betacianinas (F. De & Pecuarias, 2023). Los frutos de *Hylocereus spp.* son fuente de fibra, proteínas, carbohidratos simples y compuestos bioactivos como betalaínas, flavonoides, triterpenos y vitamina C. Además, sus semillas contienen ácidos grasos insaturados, principalmente oleico y linoleico (Hernández Ramos, 2021).

El color de la cáscara y la pulpa se debe a las betalaínas, pigmentos derivados del ácido betalámico agrupados en betacianinas (rojas-púrpuras) y betaxantinas (amarillas-anaranjadas). Se

ha reportado hasta 39 mg·100g⁻¹ de betalaínas en *H. costaricensis* y *H. undatus* (Hernández Ramos, 2021). híbridos de *H. costaricensis* x *H. polyrhizus* y *H. undatus* x *H. polyrhizus* son betanina

Tabla 1. Composición nutricional en 100 g del fruto de la pitahaya roja

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

4.5. Aspectos estructurales y funcionales de las Beltalainas

Las betalaínas son pigmentos solubles en agua derivados del ácido betalámico. Se clasifican en betacianinas (rojas-púrpuras) y betaxantinas (amarillas-anaranjadas), presentes en alimentos como betabel, tuna y pitahaya (María et al., 2022).

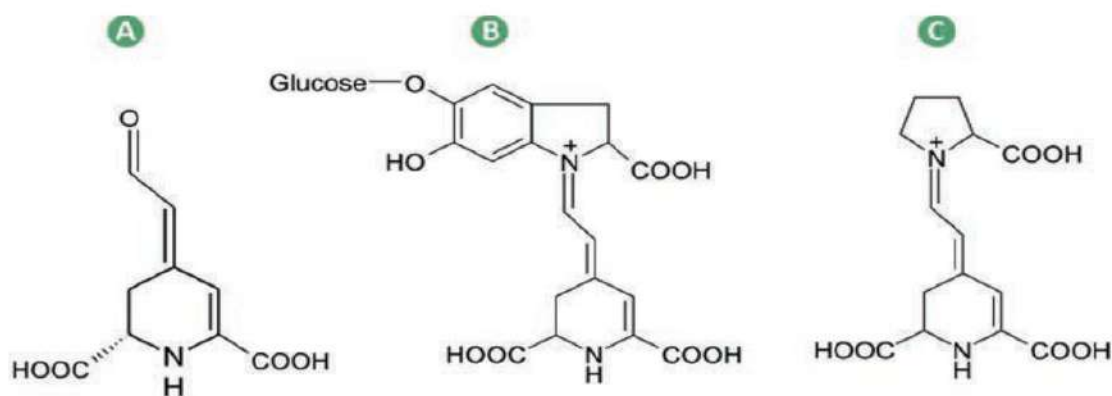


Figura 3. Estructura química del ácido betalámico (A), betanina (B) e indicaxantina (C). (María et al., 2022)

4.6. Estabilidad de los pigmentos

La estabilidad de las betalainas depende de factores intrínsecos y extrínsecos como temperatura, pH, luz, oxígeno y actividad de agua. La temperatura es el factor más influyente: a elevadas temperaturas, los pigmentos pueden degradarse por isomerización, hidrólisis o descarboxilación (Flores et al., 2019). Se ha demostrado que mantienen mayor estabilidad a 4 °C (E. De et al., 2021).

Tabla 2. Factores que mejoran o disminuyen la estabilidad

Factores que mejoran la estabilidad	Factores que disminuyen la estabilidad
Alta concentración de pigmento	Baja concentración del pigmento
Actividad de agua baja	Actividad de agua alta
Alto grado de glicosilación	Bajo grado de glicosilación
$3 \leq \text{pH} \leq 7$	$\text{pH} \leq 3$ o $\text{pH} \geq 7$
Baja temperatura	Alta temperatura
Oscuridad	UV y luz
Ausencia de oxígeno	Oxígeno

El rango óptimo de estabilidad se sitúa entre pH 4 y 7, coincidiendo con el de la mayoría de alimentos (Flores et al., 2019). Las betalainas tienen mayor estabilidad a 4°C (E. De et al., 2021).

4.7. La Pectina

En la industria alimentaria, la pectina es un componente funcional de alto valor que se emplea con frecuencia como agente gelificante, estabilizador y emulsionante (Chen, Liu, Zhang, Jiang y Li, 2022). La pectina se clasifica actualmente en pectina metoxi alta ($DE > 50\%$) y pectina metoxi baja ($DE < 50\%$) según el grado de esterificación (DE) (Muhammad, Zahari, Gannasin, Adzahan y Bakar, 2014). Las pectinas con diferente DE tienen diferentes propiedades químicas. La principal fuente de pectina en el mercado son los residuos de cítricos y manzanas, que son relativamente escasos. Por lo tanto, es indispensable expandir la fuente de pectina. El componente de la pectina depende de la fuente vegetal y de las condiciones de extracción. (Zhang et al., 2024)

4.8. Marco Legislativo internacional: FDA y EFS.

Las autoridades responsables de regular el uso de aditivos alimentarios son la FDA (Food and Drug Administration) en Estados Unidos y la EFSA (European Food Safety Authority) en la **Unión Europea**. En Europa, todos los aditivos —incluidos los colorantes naturales— deben cumplir el Reglamento CE 1333/2008 y están identificados con la letra “E” seguida de un número (100–199 para colorantes) (Estrella et al., 2023).

4.8.1. Clasificación de la FDA

- **Colorantes certificados:** producidos sintéticamente y designados con prefijos como FD&C (por ejemplo, FD&C Yellow N° 6).

- **Colorantes exentos de certificación:** derivados de fuentes naturales, como extractos de annatto, betarraga, caramelo o beta-caroteno (Estrella et al., 2023).

En cuanto a los límites de uso, la FDA establece niveles máximos de adición basados en toxicología, o aplica el criterio Good Manufacturing Practices (GMP), lo que significa utilizar solo la cantidad necesaria para lograr el efecto coloreante sin exceder valores que comprometan la seguridad del producto. La mayoría de los colorantes sintéticos, como FD&C Red No. 40, Yellow No. 5 y Blue No. 1, se regulan bajo GMP, mientras que algunos colorantes específicos, como el FD&C Red No. 3, poseen límites cuantificados según la matriz alimentaria. Para los colorantes naturales incluyendo betacarotenos, curcumina, carmín y pigmentos vegetales como antocianinas la FDA generalmente establece su uso bajo GMP, siempre que se demuestre su inocuidad, estabilidad y ausencia de contaminantes(FDA, 2024).

En productos cárnicos, los colorantes exentos de certificación pueden utilizarse siempre que no alteren la identidad del alimento y cumplan con GMP. En este contexto, los pigmentos naturales obtenidos de la cáscara de pitahaya se considerarían un colorante exento de certificación, permitiendo su incorporación en productos como mortadela o jamón funcional bajo el cumplimiento de las prácticas de manufactura adecuadas.(FDA, 2024).

4.9. Productos cárnicos y embutidos

Hoy en día son los productos cárnicos la principal categoría alimenticia en que la industria utiliza colores como el carmín, annatto y la curcumina. El embutido es el producto elaborado a base de carne molida o emulsionada, mezclada o no de bovino, porcino, pollo y otros tejidos comestibles con condimentos y aditivos permitidos. Los embutidos comenzaron a fabricarse a escala familiar o artesana(Orozco Calero Edith Paulina, 2016).

4.10. Mortadela

La mortadela es un embutido emulsionado cocido, donde el color, la textura y el pH son parámetros esenciales de calidad.

4.11. La textura en la materia cárnica

La textura (dureza/terneza) es una de las características sensoriales más importantes de la carne, la cual es considerada en la evaluación de calidad por parte del consumidor, siendo la que determina en mayor medida su aceptación. Además, está relacionada con el estado e interacción de las diferentes estructuras del músculo y sus componentes (miofibrillas, tejido conjuntivo y agua).

Las técnicas de evaluación de la textura propuestas deben ser capaces de discriminar adecuadamente las muestras de carne, así como cuantificar la terneza resultante. La determinación de textura, puede ser llevada a cabo por métodos instrumentales, como pueden ser los mecánicos (corte, compresión, penetración, etc.), así como por métodos sensoriales.

Para productos como la mortadela.

4.11.1. Clasificación de los métodos instrumentales:

Puede evaluarse mediante métodos instrumentales o sensoriales, clasificándose en:

- **Fundamentales:** simulación mecánica de la masticación.
- **Imitativos:** replican condiciones sensoriales del consumo.
- **Empíricos:** incluyen corte, compresión o penetración (Martínez et al., 2024).

4.12. El pH en la matriz cárnica

El pH en la carne es un parámetro que indica la calidad de la carne durante el almacenamiento o propiedades funcionales. El pH de la carne desciende luego del sacrificio del animal debido a la producción de ácido láctico, aunque la cocción también influye.

El punto isoeléctrico de la carne es de alrededor de 5,3 y es en este punto donde la capacidad de retención de agua es mínima, por lo que la capacidad de retención de agua mejora a un pH mayor o menor a este y otras propiedades son mejoradas como la rigidez de los geles cárnicos que es óptima a un pH alrededor de 6.0(Isabel & Medina, 2023).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización del estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), ubicada en el municipio de Catacamas, departamento de Olancho, Honduras, C.A., carretera que conduce a Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, Barrio El Espino

Las actividades experimentales se efectuaron en dos unidades de procesamiento de la universidad:

Planta de procesamiento de frutas y Hortalizas para la extracción del pigmento.

Laboratorio de Ciencia de la Carne, para la elaboración y análisis de la mortadela.

5.2. Variables

Variables independientes: Concentración de pigmento al 5%, 10% y 15%.

Variable de tiempo: Evaluaciones realizadas a los días 1, 18 y 32 de almacenamiento refrigerado.

Variables dependientes: pH, color y textura del producto cárnico.

5.3. Materias primas para extracción del pigmento

Para la extracción del pigmento se utilizó cáscara de pitahaya (*Hylocereus spp.*), seleccionada por su alto contenido de compuestos bioactivos. Como parte del proceso, se empleó agentes antioxidantes como el ácido cítrico, con el objetivo de mejorar la estabilidad del pigmento extraído. El procedimiento de extracción se llevó a cabo utilizando agua destilada, esencial para garantizar la pureza del proceso, así como solventes adecuados, específicamente etanol de grado alimenticio y mezclas hidroalcohólicas en proporciones de 70:30 (agua:etanol), que favoreció la solubilidad y recuperación eficiente de los compuestos (colorante) presentes en la materia prima..(Castillo-Zapata et al., 2024).

5.3.1. Materia prima y reactivos

- Pitahaya (*Hylocereus spp.*)
- Alcohol al 70%
- Agua destilada
- Ácido cítrico

5.3.2. Equipos e instrumentos utilizados

- Balanza analítica
- Deshidratador
- pH-metro digital
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta
- Filtro de membrana (0.45 μm)
- Beaker

5.3.3. Otros materiales y utensilios

- Licuadora

- Filtro de membrana (0.45 μm)
- Cuchillos
- Tablas
- Baldes
- Bolsas
- Aluminio
- Papel

5.4. Procedimiento experimental

5.4.1. Preparación y obtención del pigmento natural

Las cáscaras frescas y en buen estado se lavaron con agua potable y luego con agua destilada para eliminar impurezas. Posteriormente, se rebanaron en cortes delgados y se deshidrataron a 60 °C durante 18 horas. Una vez secas, se trituraron con licuadora en intervalos de tres minutos hasta obtener un polvo homogéneo. El material se tamizó, repitiendo el triturado de los grumos retenidos..(Castillo-Zapata et al., 2024).

5.4.2. Extracción del pigmento

Se preparo un solvente compuesto por etanol al 70% acidificado con ácido cítrico al 1%. La proporción sólido-líquido fue de 1:20 (p/v), utilizando 20 mL de solvente por cada gramo de polvo de cáscara. Se realizó la maceración del polvo en el solvente durante 24 horas a temperatura ambiente, con agitación ocasional. Finalizada la maceración, se filtró la mezcla utilizando tela fina para separar el extracto líquido del residuo sólido.. (Castillo-Zapata et al., 2024).

5.4.3. Concentración y obtención del pigmento

El extracto filtrado se envaso en frascos ámbar con la finalidad de proteger los compuestos como las beltalainas de la luz y la temperatura manteniendolo en refrigeracion a 4°C.

5.5. Formulación y elaboración de la mortadela

Para la elaboración de la mortadela se utilizo el equipo y formulación del Laboratorio de Ciencias de la Carne de la Universidad Nacional de Agricultura.

5.5.1. Material y Equipos para la preparación de la Mortadela

- Balanza
- Molino
- Cutter industrial
- Embutidora
- Tina de coccion
- Cuarto frio
- Funda para Mortadela
- Canastas

5.6. Elaboración de la Mortadela

En primer lugar, se realizo el pesaje de la materia prima, seleccionando cortes de cerdo tipo 1 (mayor contenido de magro) y tipo 2 (mayor contenido de grasa) , lo cual favorece una emulsión más estable al equilibrar la proporción de grasa y proteína. Así mismo, se pesaron todos los condimentos y aditivos utilizando la formulación base de la planta.

Se realizó la molienda de la carne por partes primero C1 luego C2 , utilizando un molino cárnico con placas de diámetro adecuado, según el tamaño de partícula deseado. Esta operación permitió homogenizar la carne y facilitar su posterior emulsificación en el cutter, para el desarrollo de cada tratamiento se llevo a cabo la mezcla de ingredientes por partes, Primero se incorporó la cerdo tipo 1 con sal, fosfato y la mitad del hielo para extraer proteínas miofibrilares. Posteriormente, se añadió el extracto de pitahaya según los tratamientos:

- **T0:** Tratamiento control (pigmento artificial cochinilla)
- **T1:** 5% de extracto natural de cascara de pitahaya
- **T2:** 10% de extracto natural de cascara de pitahaya
- **T3:** 15% de extracto natural de cascara de pitahaya

Una vez se colocó la concentración del extracto se añadió el C2, el resto de condimentos y aditivos a la emulsión; una vez alcanzada la textura adecuada, la emulsión se transfirió a la embutidora para colocarla en las fundas para mortadela, cuidando de eliminar el aire contenido para evitar defectos estructurales y microbiológicos en el producto final.

Seguidamente se procede a la etapa de cocción de la mortadela, asegurándose inicialmente el monitoreo de la temperatura del agua en tina de cocción y hasta alcanzar una temperatura interna de 72 a 75 °C en el producto, estos con el propósito de asegurar y garantizar la inocuidad microbiológica del producto. Tras la cocción, se procedió a un enfriamiento rápido mediante inmersión en agua fría o sistema de ducha, lo cual permitirá disminuir la temperatura del núcleo del producto, garantizar su firmeza y prolongar su estabilidad durante el almacenamiento.

5.7. Evaluaciones analíticas realizadas

5.7.1. Determinación de pH



Figura 4. pH metro digital HANNA utilizado en las mediciones realizadas.

La medición del pH se realizó con el objetivo de evaluar posibles cambios en la acidez del producto como resultado de la incorporación del pigmento natural. Previo a las mediciones, se encendió el equipo (pH-metro) Hanna de mesa y se calibró utilizando soluciones buffer patrón con valores de pH 4.0 y 7.0, siguiendo las instrucciones del fabricante del equipo. El electrodo fue enjuagado con agua destilada y secado cuidadosamente con papel absorbente para evitar contaminaciones entre soluciones. Se tomó una porción representativa de la mortadela de cada tratamiento.

Para la homogenización, se pesaron 10 gramos de muestra y se mezclaron con 90 ml de agua destilada, que se licuaron y colaron para una mejor homogenización y se colocó en un vaso de precipitados. Se introdujo el electrodo del pH-metro en la mezcla homogenizada, procurando que estuviera completamente sumergido y sin burbujas adheridas. Se esperó a que la lectura se estabilizara y se registró el valor. Esta operación se repitió dos veces, y se calculó el promedio de los valores obtenidos para asegurar la representatividad del dato.

5.7.2. Análisis de color



Figura 5. Colorímetro Digital utilizado en las mediciones realizadas.

Tabla 3. Parámetros de escala del color

Parámetro	Significado
L*	Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
a*	Matiz rojo-verde (+a* = rojo, -a* = verde)
b*	Matiz amarillo-azul (+b* = amarillo, -b* = azul)

La medición instrumental del color se llevó a cabo utilizando un colorímetro portátil, con el objetivo de cuantificar los parámetros de color L* (luminosidad), a* (tonalidad rojo-verde) y b* (tonalidad amarillo-azul) en las muestras de mortadela. Esta evaluación permitió determinar la

influencia del pigmento natural extraído de la cáscara de pitahaya sobre la apariencia del producto final.

Se seleccionaron una porción representativa de la mortadela, asegurándose de que la superficie de medición sea plana, uniforme y libre de grasa visible o irregularidades que puedan interferir con la lectura. Las muestras fueron mantenidas a temperatura ambiente durante 10 a 15 minutos antes de la medición, a fin de estabilizar su color y evitar condensación o interferencias por temperatura.

El sensor del colorímetro fue colocado directamente sobre la superficie de la muestra, ejerciendo una presión ligera y constante. Se realizaron al menos cuatro lecturas en diferentes puntos de la muestra para evitar sesgos derivados de la heterogeneidad del producto. Para cada punto se registraron los valores L^* , a^* y b^* correspondientes. Los valores obtenidos fueron promediados para cada parámetro, generando un valor representativo por muestra. Estos datos fueron comparados entre los tratamientos (control y pigmento natural) para evaluar las diferencias de color atribuibles a la incorporación del extracto de pitahaya.

5.7.3. Textura (fuerza de corte)

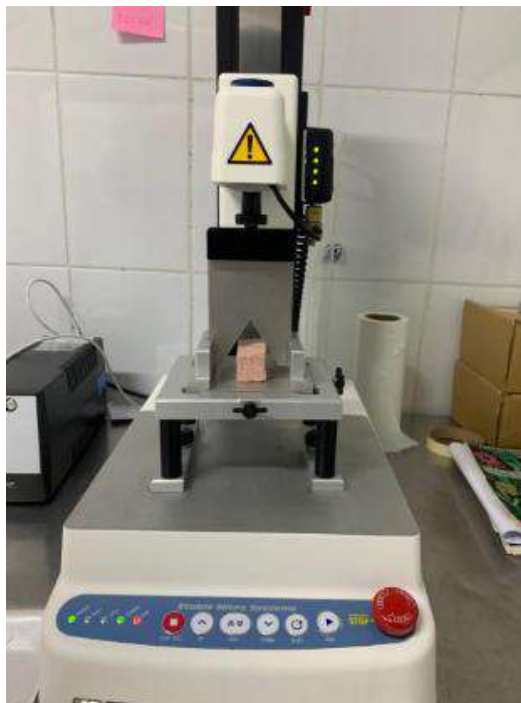


Figura 6. Texturometro TXT plus

Para la evaluación de la textura, específicamente la fuerza de corte , se empleó un texturómetro digital Stable Micro Systems modelo TXT Plus, equipado con una cuchilla Warner-Bratzler. las formas de las muestras fueron rectangulos y su tamaño (4x2) de la mortadela los cuales fueron preparados previamente y mantenidos a una temperatura de refrigeración de 4 °C hasta el momento del análisis. Antes de iniciar la prueba, se calibro el equipo ajustando la altura inicial. Luego, se colocaron cada muestra centrada bajo la cuchilla y se inició la medición, permitiendo que esta corte la muestra a una velocidad constante. Durante la prueba, se registró el pico de fuerza de corte en gramos (g) fuerza , valor que representa la resistencia de la mortadela al corte y se asocia directamente con su firmeza.

5.8. Diseño experimental

El experimento se desarrolló siguiendo un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo, con el propósito de evaluar el efecto de diferentes concentraciones del

extracto natural de cáscara de pitahaya sobre las características fisicoquímicas de la mortadela durante el almacenamiento.

5.8.1. Factores:

Se consideraron dos factores experimentales:

Factor principal (tratamiento): concentración del pigmento natural incorporado en la formulación de la mortadela.

- **T0:** Pigmento artificial (Cochinilla)
- **T1:** 5% de extracto natural de cascara de pitahaya
- **T2:** 10% de extracto natural de cascara de pitahaya
- **T3:** 15% de extracto natural de cascara de pitahaya

Factor secundario (tiempo de almacenamiento): días de evaluación del producto considerando tres niveles: 1, 18 y 32 días

El diseño experimental contempló la combinación de ambos factores, tal como se detalla en la Tabla 4, en la cual se presentan los tratamientos y los períodos de evaluación aplicados durante el estudio. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa INFOSTAT (versión XXXX). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de los factores y su interacción, y cuando se detectaron diferencias significativas entre medias, se utilizó la prueba LSD (Least Significant Difference) con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Tabla 4. Diseño experimental del estudio

Tratamiento	Concentración de pigmento	Días de evaluación
T0	Cochinilla(tratamiento control)	1,18,32

T1	5%	1,18,32
T2	10%	1,18,32
T3	15%	1,18,32

Tabla 5. Análisis realizados y repeticiones experimentales

Análisis	# Repeticiones experimentales
Color	4
Textura	3
pH	2

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Comportamiento del color

El color es un atributo sensorial determinante en la aceptación del consumidor y un indicador de estabilidad en productos cárnicos emulsionados. En este estudio se evaluaron los parámetros L^* (luminosidad), a^* (componente rojo), b^* (componente amarillo), C^* (croma), h° (ángulo de tono) y ΔE (diferencia total de color), cuyos resultados se presentan a continuación en las siguientes tablas y figuras

6.1.1. Parámetro de luminosidad (L^*) y componente rojo (a^*)

Tabla 6. Valores promedio del parámetro L (luminosidad) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.

Tratamiento	Parámetro L, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	65.69 ± 1.61^{aB}	64.78 ± 0.74^{aB}	63.8225 ± 2.24^{aA}
T1	70.53 ± 2.47^{cB}	69.61 ± 1.72^{cB}	67.45 ± 1.22^{cA}
T2	69.36 ± 1.87^{bcB}	68.04 ± 0.74^{bcB}	67.125 ± 0.68^{bcA}
T3	66.49 ± 1.53^{abB}	67.83 ± 1.43^{bB}	65.395 ± 0.67^{abA}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

Tabla 7. Valores promedio del parámetro a (componente rojo) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento

Tratamiento	Parámetro a, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	21.62±1.47 ^{ca}	22.83 ± 0.21 ^{da}	23.0425 ± 1.94 ^{ab}
T1	13.27± 0.74 ^{aa}	13.045 ± 0.53 ^{aa}	13.4925 ± 0,90 ^{bb}
T2	13.55±0.51 ^{aa}	14.705± 0.47 ^{ba}	16.5425 ± 0.94 ^{bb}
T3	15.9675±0.74 ^{ba}	15.99± 0.87 ^{ca}	17.76 ± 0.65 ^{cb}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

Los valores de luminosidad (L^*) tuvieron diferencias significativas oscilando entre 63.82 y 70.53 (Tabla 6), observándose un ligero descenso durante el almacenamiento, atribuible a la oxidación de pigmentos y proteínas propia de productos cárnicos emulsionados. Los tratamientos con extracto de cáscara de pitahaya (T1–T3) presentaron mayor luminosidad inicial que el control (T0), lo que sugiere una mejor dispersión del pigmento natural en la matriz proteica. El componente rojo (a^*) varió entre 13.0 y 23.0 (Tabla 7), registrando incrementos significativos ($p < 0.05$) en los tratamientos T2 (10%) y T3 (15%) conforme avanzó el almacenamiento. Este comportamiento indica una mayor estabilidad e intensidad del color rojizo, atribuida a la presencia de betalaínas, principalmente betacianinas, compuestos antioxidantes responsables de la tonalidad rojo-púrpura característica de la pitahaya. Estos resultados concuerdan con lo descrito por García-Cruz et al. (2012) y Montalvo et al. (2023), quienes señalan la estabilidad cromática de las betalaínas en medios ácidos y su potencial para sustituir colorantes sintéticos en productos cárnicos.

6.1.2. Parámetro amarillo (b^*) y croma (C^*)

Tabla 8. Valores promedio del parámetro b (componente amarillo) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.

Tratamiento	Parámetro b, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	9.81±0.22 ^{aA}	9.58± 0.28 ^{aA}	9.76± 0.68 ^{aA}
T1	12.49±0.46 ^{bA}	13.15 ± 0.61 ^{bA}	13.56± 0.90 ^{bA}
T2	13.95±0.76 ^{cA}	13.88 ± 0.61 ^{bcA}	13.15 ± 1.55 ^{bA}
T3	15.51±0.76 ^{dA}	14.83 ± 1.07 ^{cA}	14.2 ± 0.63 ^{bA}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

Tabla 9. Valores promedio del parámetro C (croma) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.

Tratamiento	Parámetro Croma, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	23.74 ^{dA}	24.76 ^{dA}	25.02 ^{dB}
T1	18.22 ^{aA}	18.52 ^{aA}	19.13 ^{aB}
T2	19.45 ^{bA}	20.22 ^{bA}	21.13 ^{bB}
T3	22.26 ^{cA}	21.81 ^{cA}	22.74 ^{cB}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

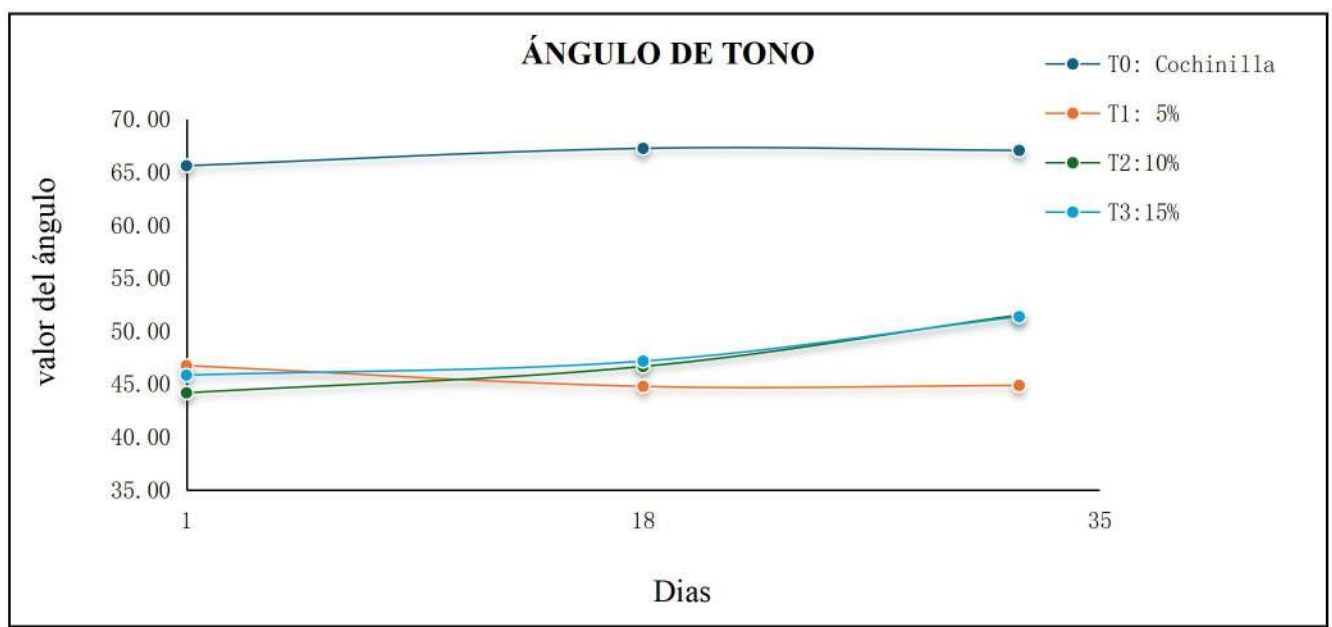
T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

Los valores del componente b* fluctuaron entre 9.5 y 15.5 (Tabla 8), mientras que el croma (C*) varió entre 18.2 y 25.0 (Tabla 9). Ambos parámetros reflejan la intensidad amarilla y la saturación del color, respectivamente. Los tratamientos con extracto de pitahaya (T1–T3) mostraron incrementos progresivos en comparación con el control, lo que evidencia una mayor viveza y brillo en el color. El tratamiento T3 (15%) presentó los valores más altos de b*, lo que

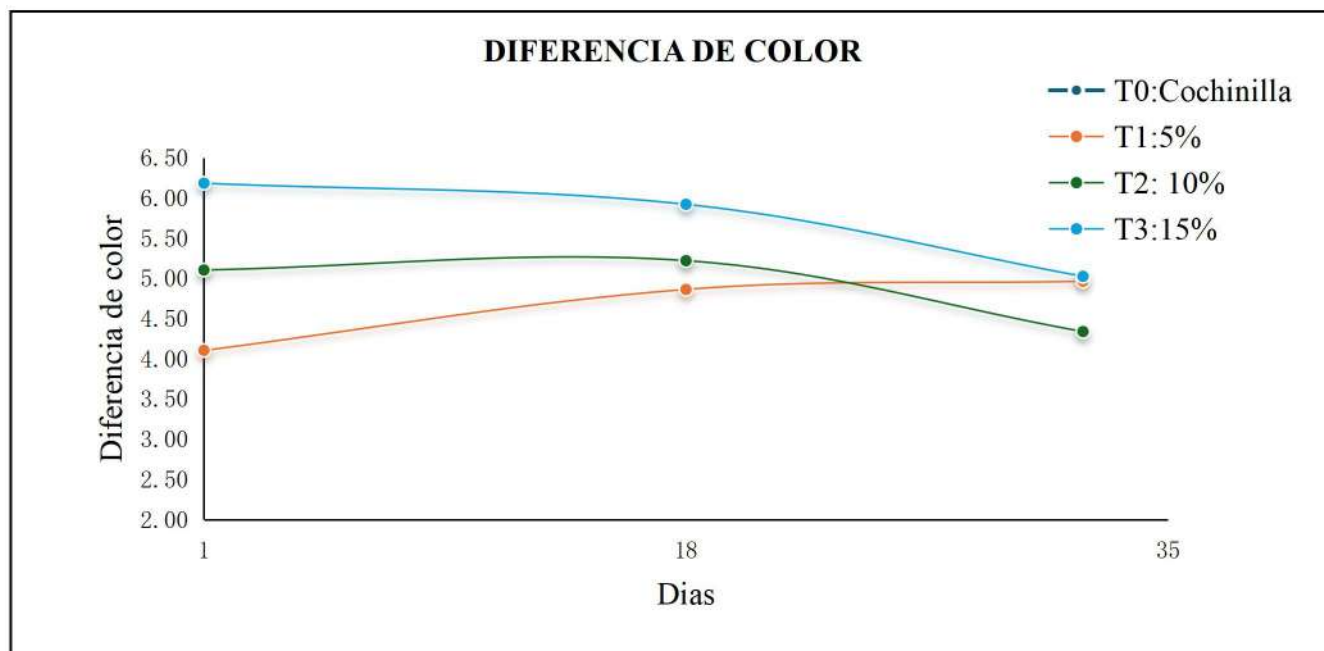
sugiere un matiz más cálido asociado a la concentración de betalaínas. El croma se mantuvo estable ($p > 0.05$) durante el almacenamiento, demostrando alta estabilidad cromática frente a luz, oxígeno y temperatura (Tabla 9). Estos resultados coinciden con lo reportado por Obón et al. (2009) y Cejudo-Bastante et al. (2016), quienes destacan la resistencia de las betalaínas en medios ligeramente ácidos y su capacidad para aportar color y actividad antioxidante a productos cárnicos.

6.1.3. Ángulo de tono (h°) y diferencia de color (ΔE)



T0: Cochinilla (control), T1: 5% de extracto, T2: 10% de extracto, T3: 15% de extracto

Figura 7. Comportamiento del ángulo de tono (h°) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento



T0: Cochinilla (control), T1: 5% de extracto, T2: 10% de extracto, T3: 15% de extracto

Figura 8. Comportamiento de la diferencia total de color (ΔE) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.

El ángulo de tono (h°) osciló entre 44° y 67° (Figura 7), indicando variaciones perceptibles en la tonalidad de la mortadela. El control (T0) registró los valores más altos ($65\text{--}67^\circ$), característicos de un color rojizo-anaranjado aportado por la cochinilla. En contraste, los tratamientos con extracto natural (T1–T3) mostraron valores menores ($44\text{--}51^\circ$), correspondientes a tonalidades rojo-púrpura propias de las betacianinas. Durante el almacenamiento se observó un leve incremento de h° en T2 y T3, reflejando una mínima pérdida de intensidad rojiza por degradación parcial del pigmento, sin afectar la estabilidad visual. La diferencia total de color (ΔE) varió entre 4.10 y 6.18 (Figura 8), rango considerado perceptible pero aceptable, indicando que los cambios cromáticos generados por el extracto fueron homogéneos y visualmente agradables. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Gengatharan et al. (2015) y López-Nicolás et al. (2020), quienes reportan alta estabilidad de las betalaínas bajo condiciones controladas de pH y temperatura, confirmando su viabilidad como colorante natural en productos cárnicos.

6.2. Textura

6.2.1. Fuerza de Corte (dureza)

Tabla 10. Valores promedio de la fuerza de corte (textura) en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento

Tratamiento	Parámetro de Textura, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	1074.71 ± 149.50 ^{aA}	1313.2 ± 120.77 ^{aB}	1071.45 ± 189.64 ^{aB}
T1	1217.80 ± 48.87 ^{bA}	1596.19 ± 73.05 ^{bB}	1755.07 ± 122.10 ^{bB}
T2	1149.72 ± 49.62 ^{aA}	1225.21 ± 148.50 ^{aB}	1274.84 ± 219.44 ^{aB}
T3	886.30 ± 190.84 ^{aA}	1062.3 ± 113.47 ^{aB}	1373.684 ± 79.13 ^{aB}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

El análisis de textura, expresado como fuerza de corte (Tabla 10), mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y durante el almacenamiento. En general, la dureza aumentó hasta el día 18 y disminuyó ligeramente al día 32, comportamiento típico en productos cárnicos emulsionados refrigerados. El tratamiento T1 (5%) presentó la mayor firmeza al día 32 (1755.07 N), lo que evidencia una mejor cohesión proteica y estabilidad de la emulsión. Este efecto se atribuye a la interacción entre los compuestos fenólicos del extracto y las proteínas miofibrilares, que favorecen la formación de una red más consistente. Los tratamientos T2 (10%) y T3 (15%) mostraron valores intermedios, posiblemente debido a un exceso de extracto o solvente residual que interfirió parcialmente en la estructura. Estos resultados coinciden con lo descrito por Montalvo et al. (2023) y María et al. (2022), quienes reportan que extractos vegetales ricos en betalaínas pueden fortalecer la red proteica mediante interacciones antioxidantes.

6.3. pH

Tabla 11. Valores promedio de pH en mortadela con adición del colorante obtenido de cáscara de pitahaya durante el almacenamiento.

Tratamiento	Parámetro de pH, evaluado en el tiempo (días)		
	1	18	32
T0	6.7 ^{bA}	7.4 ^{bAB}	7.57 ^{bB}
T1	6.95 ^{bA}	6.99 ^{bAB}	7.09 ^{bB}
T2	6.26 ^{aA}	6.55 ^{aAB}	6.75 ^{aB}
T3	6.39 ^{aA}	6.4 ^{aAB}	6.95 ^{aB}

Letras minúsculas indican diferencia en tratamiento y letras mayúsculas indican diferencia en días.

T0: Cochinilla (control)

T1: 5% de extracto

T2: 10% de extracto

T3: 15% de extracto

Los valores iniciales de pH variaron entre 6.26 y 6.95, con un leve incremento hasta el día 32 (Tabla 11), comportamiento común en productos cárnicos emulsionados durante el almacenamiento. El control (T0) presentó los valores más altos, alcanzando 7.57, mientras que los tratamientos T2 (10%) y T3 (15%) mostraron valores significativamente menores ($p < 0.05$), atribuibles al carácter ligeramente ácido del extracto hidroalcohólico con 1% de ácido cítrico. Este efecto permitió mantener el sistema estable entre 6.2 y 7.0, rango óptimo para mortadelas. Estos resultados concuerdan con Flores et al. (2019) e Isabel y Medina (2023), quienes señalan que los extractos vegetales pueden estabilizar el pH gracias a sus compuestos fenólicos y ácidos orgánicos. En conjunto, se confirma que el extracto de cáscara de pitahaya no afecta negativamente las propiedades fisicoquímicas del producto y contribuye a su estabilidad durante el almacenamiento.

VII. CONCLUSIONES

Los tratamientos con el colorante de pitahaya mostraron una coloración rojo-púrpura estable durante 32 días de almacenamiento, con cambios mínimos en ángulo de tono y diferencia de color, aunque no alcanzaron la intensidad del colorante artificial (cochinilla).

El colorante natural no alteró negativamente la textura ni el pH de la mortadela. La firmeza y cohesión de la emulsión se mantuvieron adecuadas, y el pH se mantuvo en el rango aceptable para productos cárnicos (6.0–7.5), ligeramente más ácido que el control.

En términos de textura, el T1 (5% de extracto) presentó los mejores resultados, alcanzando mayor firmeza y cohesión proteica, lo que indica un efecto funcional positivo del pigmento natural sobre la estructura del producto.

El aprovechamiento de la cáscara de pitahaya representa una alternativa sostenible para la industria alimentaria, contribuyendo a la valorización de residuos agroindustriales y al desarrollo de ingredientes naturales con potencial antioxidante.

VIII. RECOMENDACIONES

Evaluar la estabilidad del extracto de pitahaya frente a diferentes condiciones de procesamiento (temperatura, pH y exposición lumínica) para optimizar su uso industrial en productos cárnicos y otros alimentos procesados.

Incorporar análisis de actividad antioxidante y capacidad antimicrobiana del extracto para fortalecer su clasificación como ingrediente funcional y su potencial uso como conservante natural.

Explorar con mayor profundidad la formación de geles y su influencia en la textura del producto, con el fin de comprender las interacciones entre los compuestos fenólicos del extracto y las proteínas miofibrilares responsables de la estructura del sistema emulsionado.

Explorar el empleo del pigmento en otras matrices alimentarias —como embutidos frescos, lácteos o bebidas, con el fin de ampliar su aplicación tecnológica y contribuir a la sustitución de aditivos sintéticos.

Promover investigaciones orientadas al aprovechamiento integral de la pitahaya, fomentando el desarrollo de bioproductos sostenibles que generen valor agregado a la cadena agroindustrial.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ALIMENTARIOS, A., DE REGULACIÓN, A., DE, S., COLORANTES, L., ENFOQUE, U. N., LA, D., ECUATORIANA, L., REDIN, C.-, LISET, P., -LÓPEZ, Q., MISHELY, L., -ÁLVAREZ, A., & ALEJAND, D. (2023). FOOD ADDITIVES: REGULATORY AND SAFETY ASPECTS OF COLORINGS AN APPROACH FROM ECUADORIAN LEGISLATION. EN NÚM (VOL. 3). [HTTPS://RECIENA.ESPOCH.EDU.EC/INDEX.PHP/RECiena/INDEX](https://reciena.esPOCH.EDU.EC/INDEX.PHP/RECiena/INDEX)
- ASIOLI, D., ASCHEMANN-WITZEL, J., CAPUTO, V., VECCHIO, R., ANNUNZIATA, A., NÆS, T., & VARELA, P. (2017). MAKING SENSE OF THE “CLEAN LABEL” TRENDS: A REVIEW OF CONSUMER FOOD CHOICE BEHAVIOR AND DISCUSSION OF INDUSTRY IMPLICATIONS. FOOD RESEARCH INTERNATIONAL, 99, 58–71. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FOODRES.2017.07.022](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022).
- ATTAR, Ş. H., GÜNDEŞLİ, M. A., URÜN, I., KAFKAS, S., KAFKAS, N. E., ERCISLİ, S., GE, C., MLCEK, J., & ADAMKOVA, A. (2022). NUTRITIONAL ANALYSIS OF RED-PURPLE AND WHITE-FLESHED PITAYA (HYLOCEREUS) SPECIES. MOLECULES 2022, VOL. 27, PAGE 808, 27(3), 808. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/MOLECULES27030808](https://doi.org/10.3390/molecules27030808)
- AZEREDO, H. M. C. (2009). BETALAINS: PROPERTIES, SOURCES, APPLICATIONS, AND STABILITY – A REVIEW. INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 44(12), 2365–2376. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1365-2621.2007.01668.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x).
- BELLUCCI, E. R. B., LOPES, A. S., THOMAZINI, M., FÁVARO-TRINDADE, C. S., & OKURO, P. K. (2020). USE OF BEETROOT EXTRACT AS A NATURAL COLORANT IN SAUSAGES. MEAT SCIENCE, 169, 108206. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.MEATSCI.2020.108206](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108206)
- CASTILLO-ZAPATA, K. C., REYES-DIAZ, J. D., CORNELIO-SANTIAGO, H. P., ESPINOZA-ESPINOZA, L. A., VALDIVIEZO-MARCELO, J., & RUIZ-FLORES, L. A. (2024). EFECTO DEL SECADO CON AIRE CALIENTE EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS

- GUATEMALENSIS). REVISTA DE INVESTIGACIONES DE LA UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU, 11(2), 97–106. [HTTPS://DOI.ORG/10.36955/RIULCB.2024V11N2.009](https://doi.org/10.36955/RIULCB.2024V11N2.009)
- CALVA-ESTRADA, S. J., JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ, M., & LUGO-CERVANTES, E. (2022). BETALAINS AS NATURAL COLORANTS: STABILITY AND APPLICATIONS IN FOODS. FOOD CHEMISTRY ADVANCES, 1, 100056. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FOCHA.2022.100056](https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100056)
- CEVALLOS MACÍAS, K. L. (2022). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA EN EL CULTIVO DE PITAHAYA (HYLOCEREUS SPP) EN EL ECUADOR. [HTTP://DSPACE.UTB.EDU.EC/HANDLE/49000/11373](http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11373).
- DE, E., DE, B., PARA, B., SU, P., & DE, V. (2021). ESTABILIZACIÓN DE BETALAÍNAS DE BETABEL PARA PROLONGAR SU VIDA DE ANAQUEL. [HTTPS://RINACIONAL.TECNM.MX/JSPUI/HANDLE/TECNM/4097](https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/tecnm/4097)
- DE, F., & PECUARIAS, C. (2023). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA.
- ESTRELLA, M. A. E., INFANTES, S., & ROMÁN, K. (2023). IMPACTO DEL USO DE COLORANTES NATURALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. RECIENA, 3(1), 7–15. [HTTPS://DOI.ORG/10.47187/0KS9NF12](https://doi.org/10.47187/0KS9NF12)
- FDA. (2024). COLOR ADDITIVES IN FOODS. U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION. [HTTPS://WWW.FDA.GOV/FOOD/COLOR-ADDITIVES-INFORMATION-CONSUMERS/COLOR-ADDITIVES-FOODS](https://www.fda.gov/food/color-additives-information-consumers/color-additives-foods).
- FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., SENDRA, E., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. (2005). NATURAL ANTIOXIDANTS AS COLORANTS IN MEAT PRODUCTS. TRENDS IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 16(9), 391–401. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.TIFS.2005.04.006](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.04.006)
- GARCÍA-CRUZ, L., SALINAS-MORENO, Y., & VALLE-GUADARRAMA, S. (2012). BETALAÍNAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN PITAYA DE MAYO (STENOCEREUS GRISEUS H.). REVISTA FITOTECNIA MEXICANA, 35(SPE5), 01–05. [HTTP://WWW.SCIELO.ORG.MX/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S0187-73802012000500003&LNG=ES&NRM=ISO&TLNG=ES](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- HERNÁNDEZ RAMOS, L. (2021). MANEJO AGRONÓMICO EN EL RENDIMIENTO Y LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE PITHAYA (HYLOCEREUS SPP.). [HTTPS://REPOSITORIO.CHAPINGO.EDU.MX/HANDLE/123456789/1608](https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1608)
- HIDALGO OLMEDO, B. G. (2022). USO DE COLORANTES ALIMENTARIOS (ARTIFICIALES Y NATURALES) Y SU IMPACTO EN LA SALUD: REVISIÓN DE LA LITERATURA. [HTTP://DSPACE.UNACH.EDU.EC/HANDLE/51000/9714](http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9714)
- ISABEL, D., & MEDINA, L. (2023). EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE BROZA DE CAFÉ DESHIDRATADA COMO INGREDIENTE SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE EMULSIONES CÁRNICAS. [HTTPS://REPOSITORIO.SIBDI.UCR.AC.CR/HANDLE/123456789/19951](https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/handle/123456789/19951)
- PINO Q., M.T. Y VERGARA H., C. (EDS.). 2022. COLORANTES Y ANTIOXIDANTES NATURALES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS: TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN Y MATERIAS PRIMAS DEDICADAS. BOLETÍN INIA N°455. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. SANTIAGO, CHILE. 184PP.
- MONTALVO, E. O., PRIETO, A. C., DE JESÚS, E., & RIVERA, R. (2023). LA PITAHAYA (HYLOCEREUS SPP.) COMO ALIMENTO FUNCIONAL: FUENTE DE NUTRIENTES Y FITOQUÍMICOS. [HTTPS://WWW.GOB.MX/CONAGUA](https://www.gob.mx/conagua)
- OROZCO CALERO EDITH PAULINA. (2016). ELABORACIÓN DE MORTADELA UTILIZANDO COLORANTES NATURALES DE REMOLACHA (BETA VULGARIS) Y SANGORACHE (AMARANTHUS QUITENSIS L.) COMO REMPLAZO AL COLORANTE ARTIFICIAL. [HTTP://DSPACE.UNACH.EDU.EC/HANDLE/51000/3059](http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3059)
- PONCE PILAY FREDDY EDUARDO. (2023). APLICACIÓN DEL PIGMENTO NATURAL DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA (HYLOCEREUS UNDATUS) EN LA ELABORACIÓN DE HOJUELAS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) TRABAJO EXPERIMENTAL.
- RAMÍREZ, C. G., & RUBIO-CLEMENTEA, A. (2022). REMOCIÓN DE COLORANTES EN AGUAS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE EL USO DE BIOCARBÓN. AFINIDAD. JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING THEORETICAL AND APPLIED CHEMISTRY, 79(596), 98–107. [HTTPS://DOI.ORG/10.55815/401287](https://doi.org/10.55815/401287)
- RAMOS CÓRDOBA, E. (2021). ANTOCIANINAS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE SU PROCESAMIENTO Y POTENCIAL USO COMO COLORANTE NATURAL EN ALIMENTOS. [HTTPS://REPOSITORIO.UCHILE.CL/HANDLE/2250/185067](https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185067)

- STRACK, D., & VOGT, T. (2021). BETALAINS—BIOSYNTHESIS AND FUNCTION. PHYTOCHEMISTRY REVIEWS, 20, 307–324. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S11101-021-09748-2](https://doi.org/10.1007/S11101-021-09748-2)
- WU, L., ZHANG, S., & CHEN, X. (2020). ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF NATURAL COLORANTS IN FOOD SYSTEMS. FOOD BIOSCIENCE, 36, 100620. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FBIO.2020.100620](https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2020.100620)
- ZHANG, X., CHEN, X., DAI, J., CUI, H., & LIN, L. (2024). EDIBLE FILMS OF PECTIN EXTRACTED FROM DRAGON FRUIT PEEL: EFFECTS OF BOILING WATER TREATMENT ON PECTIN AND FILM PROPERTIES. FOOD HYDROCOLLOIDS, 147(109324), 109324. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FOODHYD.2023.109324](https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.109324)

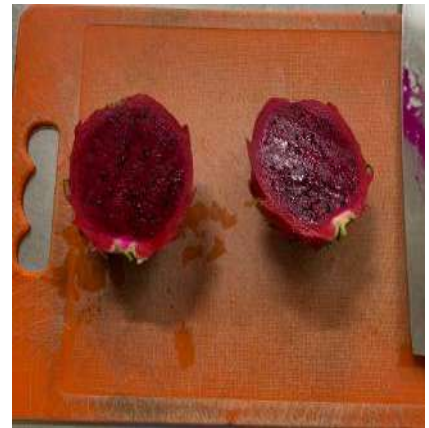
ANEXOS



Pesado de la fruta



Lavado de la fruta



Cortado de la fruta



**Separación de la
pulpa**



**Pesado de las
cáscaras**



**Limpieza y rebanado
de las Cáscaras**



Cáscaras en bandeja del deshidratador



Deshidratación



Cáscaras deshidratada



Triturado



Tamizado



Polvo de la cáscara



Solución 70/30 antes del ácido cítrico



Solución 70/30 después del ácido cítrico



Solución con volumen 1:20



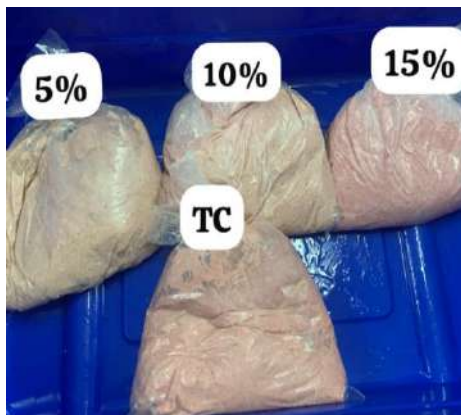
Maceración



Maceración filtrada



Conservación del pigmento



Tratamientos



Muestras de tratamientos