



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DE LA PULPA DE JOBO (*Spondias mombin L.*) EN MERMELADA Y
HELADO**

PRESENTADO POR:

ANYELA FERNANDA TIPAS ALPALA

TAMMY LORENA ARANGO IPIA

**PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA:

LIZBETH LORENA LÓPEZ PARRA, Ph.D

CO-DIRECTOR:

JUAN SEBASTIÁN RAMÍREZ NAVAS, Ph.D

Línea de Investigación: Innovación y desarrollo de productos alimentarios

Grupo de Investigación en Productos Naturales y Alimentos – GIPNA

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

Cali - Colombia

2026

DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme cada día, por concederme la salud y la fortaleza necesaria.

A mis padres, Andrés y Gloria, por depositar en mí toda su fe y confianza, por acompañarme en cada paso y brindarme un entorno lleno de amor, apoyo y motivación para cumplir este sueño.

A mis queridas hermanas, cuya compañía y respaldo han sido un pilar fundamental en esta etapa y en mi vida, inspirándome siempre a ser mejor.

A toda mi familia y amigos que con su cariño, comprensión y constante impulso me han ayudado a seguir adelante.

Y a mí misma, por creer en mis capacidades, por luchar con perseverancia por mis sueños, por nunca rendirme y por atreverme siempre a emprender cada nueva aventura.

En honor a mi abuelo Bolívar, fuente de inspiración y sabiduría. Aunque ya no esté físicamente, cada aprendizaje continúa guiándome en cada paso.

Anyela Fernanda

A Dios, por darme la fortaleza en cada etapa de este camino.

A mi madre, hermana y papá, quienes han sido el motor que impulsa mis sueños y por creer en mí.

A mi pareja, por su apoyo y motivación constante.

A mis amigos por su compañía sincera.

A mis fieles compañeros de vida, Copito, Morita y Misfist que con su cariño y compañía silenciosa llenaron mis días de calma y alegría.

Tammy Lorena

AGRADECIMIENTOS

A mis papás y a mis hermanas, gracias por su apoyo en todo mi camino académico, a todas las personas que conocí en esta etapa, gracias por cada momento compartido que hizo este proceso más llevadero.

A quienes hicieron posible esta investigación, en especial a los directores Lizbeth Lorena y Juan Sebastián por su guía, confianza y conocimientos, a mi compañera Tammy, por la paciencia, el compromiso y por superar juntas cada duda.

Al grupo de investigación GIPNA por brindarnos el espacio de desarrollar nuestro proyecto, y al profesor Hipólito, por su apoyo constante y compartir tantos conocimientos.

A la Escuela de Ingeniería de Alimentos, por permitirme formarme profesionalmente.

Anyela Fernanda

A todas las personas que hicieron posible esta investigación. En especial a nuestros directores Lizbeth y Juan Sebastián por su orientación y confianza durante este proyecto. A mi compañera Anyela por su amistad y compromiso. Al profesor Hipólito por compartir su conocimiento y guiarnos en nuestro aprendizaje. Al Grupo de Investigación en Productos Naturales y Alimentos, también a la escuela de Ingeniería de Alimentos por abrirnos las puertas y brindarnos las herramientas necesarias para crecer como profesionales.

Tammy Lorena

CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PROBLEMÁTICA.....	12
2.1 Planteamiento y formulación del problema.....	12
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. OBJETIVOS.....	13
4.1 General	13
4.2 Específicos	14
5. MARCO TEÓRICO	14
5.1 Jobo (Spondias mombin L.)	14
5.1.1 Aspectos generales	14
5.1.2 Origen y distribución	15
5.1.3 Usos y composición nutricional del jobo	16
5.2 Método de conservación.....	16
5.2.1 Liofilización	16
5.3 Metabolitos especializados.....	17
5.3.1 Compuestos fenólicos totales (CFT)	17
5.4 Capacidad antioxidante	18
5.5 Parámetros físicoquímicos	19
5.6 Mermelada y helado: alternativas de productos con jobo	19
5.6.1 Mermelada.....	19
5.6.2 Helado tipo sorbete.....	20
6. ANTECEDENTES.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
7.1 Localización	22
7.2 Procedimiento.....	22
7.2.1 Recolección materia prima.....	22

7.2.2 Acondicionamiento de la materia prima	23
7.2.3 Despulpado.....	23
7.2.4 Contenido de humedad	26
7.2.5 Liofilización	26
7.3 Formulación de productos derivados.....	27
7.3.1 Mermelada.....	27
7.3.2 Helado.....	28
7.4 Análisis de calidad en helado de jobo	30
7.4.1 Densidad	30
7.4.2 Tiempo de caída de primera gota	31
7.4.3 Overrun	31
7.4.4 Porcentaje de derretimiento.....	32
7.4.5 Punto de congelación.....	33
7.5 Extracción sólido - líquido	33
7.6 Capacidad antioxidante	34
7.6.1 Fenoles totales	34
7.6.2 Inhibición de radicales libres, DPPH.....	34
7.6.3 Inhibición de radicales libres, ABTS.....	35
7.7 Componentes volátiles	36
7.8 Análisis estadístico	36
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
8.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL FRUTO.....	37
8.1.1 Dimensiones físicas.....	37
8.1.2 Peso	37
8.1.3 Rendimiento	¡Error! Marcador no definido.
8.2 BALANCES DE MASA	38
8.2.1 Balance de masa de pulpa	38

8.2.2 Balance de masa mermelada	38
8.2.3 Balance de masa helado	39
8.3 DIAGRAMAS DEL BALANCE DE MASA POR PRODUCTOS	40
8.3.1 Balance de masa pulpa.....	40
8.3.2 Balance de masa mermelada	41
8.3.3 Balance de masa helado	41
8.4 ANÁLISIS POR COLORIMETRÍA DE LOS TRES PRODUCTOS.....	42
8.5 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS TRES PRODUCTOS	44
8.5.1 pH.....	45
8.5.2 Acidez titulable	46
8.5.3 Sólidos solubles totales (SST)	47
8.5.4 Viscosidad	48
8.5.5 Contenido de humedad	49
8.5.6 Índice de madurez	50
8.6 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL HELADO DE JOBO	50
8.6.1 Densidad	50
8.6.2 Porcentaje de derretimiento.....	51
8.6.3 Overrun	52
8.6.4 Tiempo de caída de la primera gota	52
8.6.5 Punto de congelación.....	53
8.7 ANÁLISIS DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES (CFT)	54
8.8 ANÁLISIS DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	56
8.9 ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA PULPA LIOFILIZADA	59
9. CONCLUSIONES	64
10. RECOMENDACIONES	66
11. REFERENCIAS.....	66

Lista de tablas

Tabla 1. Distribución y fenología floral del jobo.	15
Tabla 2. Propiedades organolépticas atribuidas a los compuestos fenólicos.	17
Tabla 3. Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de jobo fresca.	19
Tabla 4. Determinación de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de jobo.	23
Tabla 5. Caracterización física del fruto de jobo.	37
Tabla 6. Balance de masa de pulpa	38
Tabla 7. Balance de masa para mermelada de jobo	39
Tabla 8. Balance de masa para helado de jobo.	39
Tabla 9. Análisis de color CIE-LAB para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	42
Tabla 10. Diferencia de color entre la pulpa, mermelada y helado de jobo.	43
Tabla 11. Caracterización fisicoquímica de la pulpa, mermelada y helado de jobo.	44
Tabla 12. Parámetros de calidad del helado	50
Tabla 13. Compuestos fenólicos totales para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	55

Lista de figuras

Figura 1. Características del árbol y fruto del jobo.	15
Figura 2. Distribución del jobo.	15
Figura 3. Quercetina.	18
Figura 4. Flavonoides.	18
Figura 5. Caroteinoides.	18
Figura 6. Vitamina C.	19
Figura 7. Selección de frutos maduros de jobo.	23
Figura 8. Pulpa, cáscara y semilla de jobo.	24
Figura 9. Despulpado de frutos de jobo.	24
Figura 10. Homogeneización de pulpa y cáscara.	24
Figura 11. Envasado al vacío.	24
Figura 12. Diagrama de bloques de la producción de pulpa de jobo.	25

Figura 13. Muestras después del secado en estufa con aire forzado a 60 °C.	26
Figura 14. Equipo liofilizador de viales.	27
Figura 15. Pulpa liofilizada.	27
Figura 16. Ingredientes de la mermelada de jobo.	28
Figura 17. Cocción de mermelada.	28
Figura 18. Diagrama de bloques de la producción de mermelada de jobo.	28
Figura 19. Máquina de helado.	29
Figura 20. Ingredientes del helado de jobo.	29
Figura 21. Diagrama de bloques de la producción de helado de jobo.	29
Figura 22. Densidad de la mezcla de helado.	30
Figura 23. Tiempo de caída de primera gota.	31
Figura 24. Overrun.	32
Figura 25. Porcentaje de derretimiento.	32
Figura 26. Punto de congelación.	33
Figura 27. Extracción con metanol para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	33
Figura 28. Materiales para Fenoles totales.	34
Figura 29. Materiales para DPPH.	35
Figura 30. Materiales para ABTS.	36
Figura 31. Diagrama de masa de pulpa de jobo.	40
Figura 32. Diagrama de masa de mermelada de jobo.	41
Figura 33. Diagrama de masa de helado de jobo.	42
Figura 34. Comparación fisicoquímica entre productos.	45
Figura 35. Esfuerzo cortante (Pa) vs. Velocidad de deformación (1/s).	48
Figura 36. Porcentaje de derretimiento del helado de jobo.	52
Figura 37. Punto de congelación del helado de jobo.	54
Figura 38. Placa de compuestos fenólicos totales para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	54
Figura 39. Placa de DPPH para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	57
Figura 40. Placa de ABTS para la pulpa, mermelada y helado de jobo.	57
Figura 41. Comparación de capacidad antioxidante por el método DPPH y ABTS expresados en FR50(g/mL) para los tres productos.	58
Figura 42. Cromatograma de pulpa de jobo liofilizada.	60

Figura 43. Hexadecanoic acid (Ácido palmítico).	61
Figura 44. Octadecanoic acid (Ácido esteárico).	62
Figura 45. Octadec-9-enoic acid (Ácido oleico).	62
Figura 46. Vitamina E (α -Tocoferol).	63
Figura 47. β -Sitosterol.....	64

Lista de ecuaciones

Ecuación 1.	26
Ecuación 2.	30
Ecuación 3.	31
Ecuación 4.	32

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el efecto del procesamiento sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, acidez, viscosidad, humedad, sólidos solubles, color) y capacidad antioxidante (Fenoles totales, DPPH, ABTS) de la pulpa de jobo (*Spondias mombin* L.) y sus productos derivados como mermelada y helado tipo sorbete. Además, se realizó una liofilización de la pulpa para una identificación tentativa de los compuestos volátiles por medio de GC-MS. Los resultados evidenciaron que el procesamiento genera cambios significativos en las características fisicoquímicas especialmente en la mermelada debido a la concentración por cocción, aunque los dos productos presentaron una reducción de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante frente a la pulpa. La liofilización permitió conservar los componentes volátiles característicos del fruto. De esta manera, se espera complementar la generación de nuevo conocimiento sobre frutas nativas colombianas, que tienen baja valorización debido a la falta de tecnologías de conservación y procesamiento, que impide su aprovechamiento como alimento nutritivo y desarrollo económico.

Palabras claves: Pulpa de jobo, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, compuestos volátiles, procesamiento.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of processing on the physicochemical properties (pH, acidity, viscosity, moisture, soluble solids, color) and antioxidant capacity (total phenols, DPPH, ABTS) of hog plum (*Spondias mombin* L.) pulp and its derivative products, such as jam and sorbet. Additionally, the pulp was freeze-dried for tentative identification of volatile compounds using GC-MS. The results showed that processing generates significant changes in the physicochemical characteristics, especially in the jam, due to the concentration caused by cooking. However, both products exhibited a reduction in total phenolic compounds and antioxidant capacity compared to the pulp. Freeze-drying preserved the fruit's characteristic volatile components. This research aims to contribute to the generation of new knowledge about native Colombian fruits, which have low value due to a lack of preservation and processing technologies, hindering their use as a nutritious food source and contributing to economic development.

Keywords: *Jobo pulp, antioxidant capacity, phenolic compounds, volatile compounds, food processing.*

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia es posible disfrutar de una fruta diferente cada día del año gracias a la amplia biodiversidad del país. Según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, existen al menos 400 frutos o semillas nativas. Sin embargo, pese a esta diversidad, el consumo de frutas es limitado y se concentra principalmente en especies como banano, limón y mango. Una zona de atención especial es el pacífico colombiano que se caracteriza por su riqueza hídrica y forestal, que incluye la presencia de frutos exóticos poco conocidos como el jobo (*Spondias mombin* L.). Es una fruta nativa de América Tropical con sabor agridulce que presenta cualidades desde el punto de vista nutricional, medicinal y agroforestal (Tiburski et al., 2011).

El jobo crece de manera silvestre y no presenta aprovechamiento comercial. Esta especie se encuentra principalmente en los valles del río Magdalena, Cauca, Pacífico, Urabá, Llanos Orientales, Islas de San Andrés y Providencia, Villeta, Útica y Tocaima (Universidad EAFIT, s.f.). El jobo es un fruto muy perecedero, por lo que suele consumirse como fruta fresca o pulpa congelada. El deterioro del fruto se debe principalmente al ataque de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos durante el almacenamiento. Por esta razón, es necesario establecer criterios adecuados de tratamiento, conservación y manipulación que garanticen condiciones seguras de consumo. Gracias a su composición nutricional y atributos sensoriales característicos, ocupan un área de investigación emergente y con un gran futuro (Padilla García, 2024). De tal manera, se buscan métodos que aseguren la conservación de sus propiedades nutricionales, tales como liofilización (Silva et al., 2021), secado por aspersion (de Moura Neto et al., 2015), la alta presión hidrostática (Tiburski, 2009) y la fermentación (Pereira, 2018).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue procesar y caracterizar la pulpa de jobo (*Spondias mombin* L.) y sus productos derivados como mermelada y helado, evaluando el efecto del tratamiento térmico en la presencia de compuestos fenólicos y antioxidantes.

2. PROBLEMÁTICA

2.1 Planteamiento y formulación del problema

La industria alimentaria y los productores de frutas tropicales enfrentan desafíos que limitan su aprovechamiento completo a nivel local e internacional. Entre los principales problemas se encuentran la alta perecibilidad, la falta de tecnologías de conservación adecuadas y la escasa industrialización que impide el desarrollo de productos de alto valor agregado. Esto con el fin de poder conservar y preservar la calidad de los alimentos, las propiedades nutritivas y organolépticas que se ven afectadas por agentes de deterioro comunes en las frutas debido a su alto contenido de humedad, tales como bacterias, mohos y levaduras (Aguilar Vásquez et al., 2022).

En Colombia, se encuentran numerosas frutas exóticas, únicas por sus propiedades nutraceuticas y atractivo comercial, que requieren la adaptación y potencialización de ciertos atributos a través de procesos sistemáticos de cultivo (Zarantes, 2020). Sin embargo, la falta de conocimiento y aprovechamiento de frutas exóticas y los nutrientes que estas contienen limitan la comercialización y el potencial de generar ingresos de sustento para comunidades en donde existe la producción de estas. La importancia de estudiar, analizar y generar nuevos productos radica en que la presencia del fruto crece de manera silvestre y actualmente no son aprovechados para generar beneficios alimentarios y económicos a las comunidades locales. Por tanto, el problema de investigación se centra en la baja valorización de frutas nativas colombianas, como el jobo (*S. mombin L.*) debido a la falta de tecnologías de conservación y procesamiento.

3. JUSTIFICACIÓN

En una sociedad donde la alimentación saludable y la sostenibilidad son temas cada vez más relevantes, es fundamental explorar los recursos naturales que pueden contribuir a mejorar nuestra nutrición y bienestar. Colombia es uno de los países más megadiversos del mundo, alberga aproximadamente el 10% de la biodiversidad global. Esta riqueza natural favorecida por su ubicación geográfica se refleja en la vasta oferta de frutas tropicales nativas que el país produce. A pesar de esta abundancia, su aprovechamiento en la alimentación e industria alimentaria aún es

limitado. Esta situación subraya la necesidad de explorar y valorizar frutas menos conocidas, pero de alto potencial, no solo para diversificar la oferta alimentaria, sino también para aprovechar sus propiedades funcionales y nutricionales (Enríquez-Valencia et al., 2020).

El fruto de interés es el jobo (*Spondias mombin* L.) el cual se encuentra disperso en regiones tropicales de América, África y Asia. Se caracteriza por su forma ovoide, color amarillo naranja en su pulpa y cáscara, textura fibrosa y suave, además de un sabor agridulce y refrescante (Maldonado-Astudillo et al., 2014). Su evolución en la investigación científica ha aumentado en los últimos cinco años (de Freitas et al., 2024) debido a su rica composición química, esta fruta presenta potencial como materia prima para diferentes aplicaciones como alimentos, cosméticos, productos farmacéuticos y nutraceuticos. Por consiguiente, se han realizado diversos productos derivados como mermeladas (Aguilar Vásquez et al., 2022), yogur (Gonçalves et al., 2018), gomitas (Padilla García, 2024), harinas (Pinheiro et al., 2022; Oliveira et al., 2024), bebidas mixtas (Aniceto et al., 2021) y alcohólicas (Mosquera et al., 2018). Por otro lado, se han desarrollado biopelículas comestibles con su cáscara (de Oliveira Júnior et al., 2024) y extracciones de aceite a partir de su semilla (López-Camacho et al., 2021).

En este contexto, la presente investigación buscó profundizar en el aprovechamiento del jobo (*S. mombin* L.) y comprender cómo los procesos de transformación afectan su actividad antioxidante. Con ello, se buscó demostrar la capacidad de aplicar esta fruta subutilizada para el desarrollo de productos, contribuyendo a la diversificación de la oferta alimentaria en Colombia.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el efecto del tipo de procesamiento sobre propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante de dos productos elaborados a partir de la pulpa de jobo (*Spondias mombin* L.).

4.2 Específicos

- Estandarizar la extracción de pulpa y el procesamiento de mermelada y helado de jobo.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la pulpa, mermelada y helado de jobo.
- Determinar la capacidad antioxidante por tres métodos diferentes (Fenoles totales, DPPH, ABTS) para los tres productos (pulpa, mermelada y helado).

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Jobo (*Spondias mombin* L.)

5.1.1 Aspectos generales

Spondias mombin L. Es un género de árboles frutales que comprende 18 especies: diez nativas de América (desde México hasta el sur de Brasil), una de Madagascar y siete de Asia y el Pacífico Sur. La especie tipo, *Spondias mombin* L., fue descrita por Linnaeus en 1753. Con el tiempo, Morton (1981) documentó 96 nombres comunes para este árbol, como jobo u hobo (Colombia, Ecuador, Cuba), ciruela de cerdo (Belice, Jamaica), taperebá o cajá (Amazonía brasileña).

S. mombin es un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar hasta 30 metros de altura. Su tronco es recto y cilíndrico, con una corteza gruesa y rugosa de color marrón grisáceo. Las hojas son compuestas, alternas y tienen un olor resinoso (Prance & da Silva, 1975).

El fruto se caracteriza por ser una drupa carnosa con forma ovalada que mide entre 1 – 2.5 cm de grosor y 2.5 – 4 cm de largo, su cáscara es lisa y delgada, variando del amarillo al naranja. Cada racimo puede tener hasta 20 frutos (Vieira Neto, 2002). La parte comestible de la pulpa (el mesocarpio) es gruesa y jugosa, contiene alto contenido de azúcar (Riba-Hernández et al., 2003), es de sabor agridulce y presenta un color anaranjado. Los árboles destacan por su alta productividad, logrando alcanzar hasta 10.000 frutos por individuo, con racimos que contienen aproximadamente hasta 20 unidades (Adler & Kielpinski, 2000).



Figura 1. Características del árbol y fruto del jobo.
Fuente: Navarro Monterroza (2003)

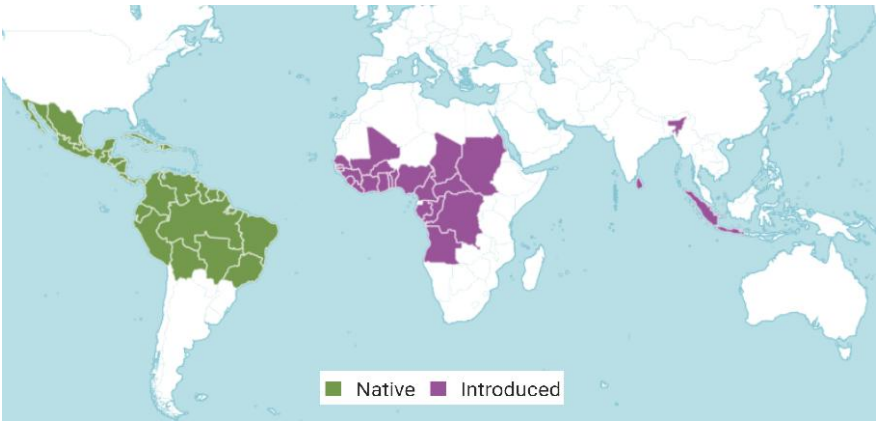


Figura 2. Distribución del jobo.
Fuente: Plants of the World Online (POWO), 2024.

5.1.2 Origen y distribución

El género *Spondias* tiene un uso que se remonta al menos al 6500 a.C. en el Valle de Tehuacán, México (Byers, 1969). Cuatro especies, *Spondias dulcis*, *Spondias mombin*, *Spondias purpurea* y *Spondias tuberosa*, son económicamente importantes y se cultivan ampliamente, por lo que no están en riesgo de extinción, además de ser un recurso vegetal clave en la Amazonía (Smith et al., 2007). Debido a la amplia distribución de *S. mombin* su fenología floral varía según la región de la siguiente manera.

Tabla 1. Distribución y fenología floral del jobo.

Distribución	Fenología floral
México	Florece de marzo a mayo, fructifica de mayo a julio y de septiembre a noviembre
América Central	Florece de marzo a mayo y fructifica de marzo a octubre
Antillas	Florece de marzo a junio, fructifica de abril a agosto
Noroeste de América del Sur	Florece de noviembre a junio y fructifica todo el año
Venezuela y Guayanas	Florece y fructifica de octubre a junio
Amazonia	Florece de octubre a mayo y fructificaciones de enero a junio, con variaciones regionales
Brasil amazónico	Floración de julio a abril, fructificación en noviembre

Fuente: Rodrigues & Samuels (1999) ; Janzen (1985)

5.1.3 Usos y composición nutricional del jobo

Spondias mombin se valora tanto por su fruto comestible empleado para guisar, hacer conservas o preparar jugos y bebidas alcohólicas (Cavalcante, 2010; Severo et al., 2007), también se valora por su aplicación en la medicina tradicional, presente en su área nativa y en regiones donde ha sido introducido (Duke, 2008). Se utilizan raíces, hojas, flores y especialmente la corteza mediante infusiones para tratar diversas afecciones, como heridas, fiebre, disentería y malaria (Morton, 1981).

No obstante, Freitas et al. (2024) en su revisión sobre la composición nutricional y los compuestos bioactivos de la planta, destacan que su principal potencial de aprovechamiento radica en el fruto. La fracción comestible presenta contenidos relevantes de provitamina A (223 mg RE/100 g) y vitamina C (25,93 mg/100 g). Estos valores resultan comparables e incluso superiores a los reportados en frutas comúnmente consumidas como la naranja (*Citrus sinensis*), cuyo contenido de vitamina C oscila entre 20–50 mg/100 g, y significativamente mayores en términos de provitamina A frente a frutas como la manzana (*Malus domestica*) o la piña (*Ananas comosus*), que presentan concentraciones considerablemente bajas de este compuesto.

5.2 Método de conservación

5.2.1 Liofilización

La liofilización es un proceso de deshidratación por sublimación. Se emplea para reducir la pérdida de compuestos sensibles al calor. Es el método de conservación más eficaz para productos biológicos, ya que combina la congelación y la deshidratación. Bajo este procedimiento, los productos mantienen sus propiedades y se rehidratan con facilidad (Ramírez-Navas, 2014).

El resultado es un producto seco que conserva sus características organolépticas, como el aroma y sabor. Estos alimentos “instantáneos” como frutas, sopas, café o comidas, facilitan su almacenamiento. Además, ayudan a detener el crecimiento de patógenos, debido a su bajo contenido de agua y menor peso (Chavarrias, 2010).

5.3 Metabolitos especializados

Los metabolitos especializados son compuestos derivados del metabolismo primario. Sin embargo, su distribución en el reino vegetal es limitada y se restringe a grupos taxonómicos particulares. Los compuestos especializados de interés comercial han sido incluidos en tres principales categorías según sus rutas biosintéticas: terpenos, compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados. (Pérez-Alonso et al., 2011).

5.3.1 Compuestos fenólicos totales (CFT)

Las propiedades antioxidantes de los compuestos fenólicos son particularmente destacables. Estos poseen una alta susceptibilidad a la oxidación. Además, son capaces de inhibir la catálisis de metales en reacciones oxidativas. Sus grupos hidroxilo están enlazados a un anillo bencénico. Esto permite que los electrones del oxígeno interactúen con los del anillo, otorgándoles rasgos únicos frente a otros alcoholes.

Especialmente los fenoles no flavonoides, pueden actuar como quelantes, formando complejos con metales di o trivalentes, como el hierro y el aluminio, con gran relevancia nutricional (Creus, 2004). Los fenoles están presentes en casi todos los vegetales y aportan características sensoriales, como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2. *Propiedades organolépticas atribuidas a los compuestos fenólicos.*

Características	Atribuciones
Color	Antocianinas, responsables de los tonos rojos, azules y violáceos de muchas frutas, hortalizas y derivados: fresas, ciruelas, uvas, berenjena, col lombarda, rábano, vino tinto, etc.
Sabor amargo	Flavanonas de los cítricos: naringina de pomelo, neohesperidina de la naranja. La oleuropeína en las aceitunas.
Astringencia	Proantocianidinas (taninos condensados) y los taninos hidrolizables, por ejemplo, el vino.
Aroma	Fenoles simples como el eugenol en los plátanos.

Fuente: Creus, E.G. (2004).

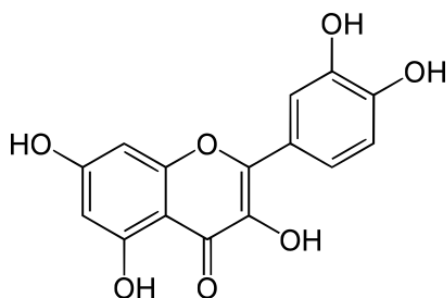


Figura 3. Quercetina.

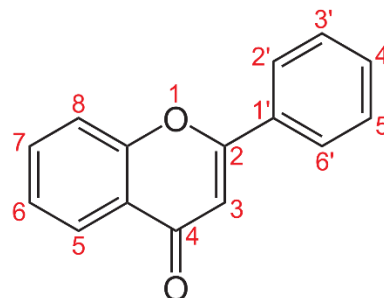


Figura 4. Flavonoides.

5.4 Capacidad antioxidante

Químicamente, la oxidación es la pérdida de electrones o hidrógenos, o la ganancia de oxígeno en una molécula. Un agente oxidante es aquel que se reduce al reaccionar con la molécula que oxida. Este par óxido-reductor es esencial para entender la biología del óxido reducciones en el organismo (García et al., 2016).

La capacidad antioxidante total de una muestra depende de interacciones sinérgicas y del modo de acción de cada compuesto. Por ello, se deben combinar más de un método para una evaluación correcta. En este sentido, algunos métodos para evaluar la capacidad antioxidante de alimentos basados en distintos aspectos, como la reducción de metales (FRAP), la capacidad de captación de radicales peroxilo (ORAC, TRAP), de radicales hidroxilos (ensayo de la desoxirribosa), de radicales generados a partir de ciertas moléculas orgánicas (ABTS, DPPH), en la cuantificación de productos generados durante la peroxidación lipídica (TBARs, oxidación de LDLs), etc (Banguero & Navas, 2021).

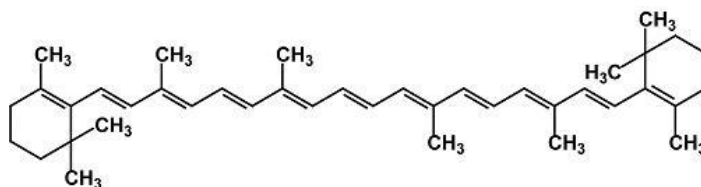
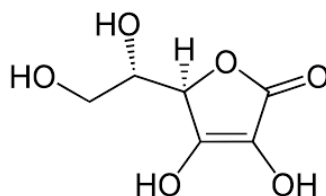


Figura 5. Caroteinoides.

**Figura 6.** Vitamina C.

5.5 Parámetros fisicoquímicos

Los indicadores fisicoquímicos describen el comportamiento de una sustancia, mezcla o sistema en particular. Su medición es esencial para el diseño de procesos, creación de productos, control de calidad y la evaluación de un determinado alimento. Para la pulpa de jobo, diversas investigaciones han determinado los valores de estas propiedades. Estos datos sirven como base de análisis y se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de jobo fresca.

Propiedades	Pulpa jobo fresca
Calorias (kcal/100 g)	59.99 ± 1.29
pH	2.49 ± 0.01
Acidez titulable (g/Ac/100 mL)	1.21 ± 0.01
Sólidos solubles totales (°Brix)	15.17 ± 0.14
%Lípidos	0.03 ± 0.02
%Carbohidratos	14.07 ± 0.34
%Proteína	0.86 ± 0.20
% Humedad	84.87 ± 0.35
% Cenizas	0.17 ± 0.05
Compuestos fenólicos (mg GAE/100 g)	58.27 ± 0.01

Fuente: (Nascimento et al., 2020)

5.6 Mermelada y helado: alternativas de productos con jobo

5.6.1 Mermelada

Es un producto de consistencia pastosa obtenido de frutas maduras sometidas a pulpeado y concentración con azúcar, resultando una mezcla semisólida (Mendoza, 2007).

Su preparación implica dos etapas: la deshidratación parcial y la gelificación de las pectinas. Aunque las frutas contienen pectina, pueden añadirse agentes externos como la sacarosa para

asegurar la estructura. Además de mejorar el sabor, este proceso facilita la conservación. La cocción elimina la mayoría de los microorganismos y esporas. Las condiciones finales (acidez, concentración de azúcares, etc.) dificultan en gran manera su proliferación; sin embargo, son susceptibles al ataque por levaduras y mohos.

5.6.2 Helado tipo sorbete

El helado es un alimento congelado que por lo general se hace de productos lácteos tales como la leche, crema y a menudo en combinación con frutas u otros ingredientes y sabores. Los helados de sorbete son productos en los que el componente básico es el agua. El proceso de elaboración puede ser artesanal, semi-industrial e industrial. Las operaciones más importantes de desarrollo son la recepción de la materia prima, pesado, mezclado, homogeneizado, pasteurizado, madurado, batido, envasado, congelado, entre otras (Ruiz de Castilla Loo, 2017).

6. ANTECEDENTES

De Carvalho et al. (2015) evaluaron el efecto del procesamiento sobre la composición fisicoquímica, compuestos bioactivos y actividad enzimática del jugo tropical de jobo, el cual presentó un buen potencial para transformación a través del despulpado de fruta, homogeneización y pasteurización a pesar de algunas restricciones relacionadas con la presencia de altas cantidades de peroxidasa (POD) y pectinmetilesterasa (PME). Durante el procesamiento se presentó una pérdida significativa de contenido fenólico y actividad enzimática con valores residuales para POD (2,5%) y PME (25%), mientras que el contenido de carotenoides no se vio afectado.

Silva et al. (2021) realizaron la producción y caracterización de polvo liofilizado del jobo utilizando diferentes concentraciones de maltodextrina (0, 10, 20, 25 y 30%) a una presión final de 170 mmHg y temperatura de -50 ± 3 °C, donde encontraron que se reduce la concentración de proteínas, lípidos, cenizas y ácido ascórbico con la adición de maltodextrina; de la misma manera sucede con el color amarillo perdiendo un poco su tonalidad. También observaron que la solubilidad aumentaba y la higroscopicidad disminuía con la concentración del 30% de maltodextrina logrando un contenido

de agua inferior al 5% y una actividad de agua con 0.12; recomendando esta formulación como la más adecuada para mezcla o reconstitución de jugos de frutas.

Campaña Acosta & Vaca Ayala (2017) llevaron a cabo un estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa dedicada a la producción y comercialización de derivados del ovo: helados, mermelada y licor en la provincia de Imbabura, el cual demuestra en un análisis de preferencia de producto que la mayor inclinación es por helados de ovo (84%), licor (25%) y mermelada (22%). El análisis financiero y económico, tuvo una implicación económicamente factible, tal que el punto de equilibrio, y la recuperación de la inversión se dará a los 3 años, 6 meses y 4 días.

Mercado Montiel & Carett Velásquez. (2018) caracterizaron las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la pulpa de jobo de dos zonas del departamento de Córdoba, Colombia; donde encontraron que las zonas de producción ejercen influencias sobre la composición fisicoquímica y bromatológica de las frutas a pesar de ser la misma variedad y que tuvieran el mismo manejo agronómico. Concluyeron que la ubicación geográfica tiene relación directa con el contenido de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

Aguilar Vásquez et al. (2022) determinaron las propiedades antioxidantes del jobo en diferentes etapas de maduración, donde identificaron que la actividad de eliminación de radicales contra DPPH aumentaron en la pulpa de fruta durante las etapas de maduración. De la misma manera, todas las muestras tuvieron una buena capacidad de eliminación de ABTS con valores que van desde 46.90 a 78.38%. La inclusión de la cáscara aumentó la concentración del contenido total de fenólicos (TPC) el cual varió entre 0.76 a 2.02 mg equivalentes de ácido gálico (GAE/g). Por otro lado, realizaron una caracterización fisicoquímica y un análisis sensorial de dos mermeladas, una a partir de la pulpa y la otra manteniendo su cáscara, donde concluyeron que esta última mermelada presentó bajos valores de viscosidad (19.78 Pa·s), °Brix (46.51) y pH (2.20), mientras que el contenido de humedad (15%) y cenizas (0.46%) aumentaron. Para la evaluación sensorial, la mermelada hecha de la pulpa de jobo fue mejor aceptada con puntuaciones que oscilaron entre 6.90 y 7.40 en comparación de la muestra con cáscaras.

Tiburski et al. (2011) estudiaron las propiedades nutricionales de la pulpa de jobo y obtuvieron como resultados que esta fruta contiene 288.3 mg/100g de potasio y 0.118 mg/100g respectivamente; los valores de actividad antioxidante y fenólicos totales alcanzaron 17.5 mmol TEAC/g y 260 mg GAE/100 g respectivamente, superiores a los reportados por otras frutas. También identificaron cinco carotenoides como: luteína, zeaxantinas, α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina, siendo este último el mayoritario, lo que explica el alto nivel de provitamina A en la pulpa con 223 RE/100g; donde una porción de 100 g de pulpa de jobo proporciona el 37.2% de la ingesta diaria recomendada para adultos.

Coelho et al. (2020) realizaron la elaboración y evaluación sensorial de helado de Cajá-manga (*Spondias dulcis*) en Brasil, para ello realizaron dos formulaciones con diferentes cantidades de pulpa 30% (F1) y 35% (F2), luego mediante una escala hedónica se evaluó la intención de compra, color, textura y sabor a 30 catadores no entrenados, de ambos sexos, con edades comprendidas entre 14 y 21 años. De tal forma concluyeron que la F2 obtuvo la mejor evaluación y el 50% de los catadores seguramente compraría el producto.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio del Grupo de Investigación en Productos Naturales y Alimentos (GIPNA), y laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle.

7.2 Procedimiento

7.2.1 Recolección materia prima

La materia prima e insumos se adquirieron en supermercados locales y puntos de venta especializados. Se obtuvieron aproximadamente 5 kg de frutos de jobo.

7.2.2 Acondicionamiento de la materia prima

En la selección de los frutos se descartaron aquellos que presentaban daños visibles o signos de deterioro. Los frutos en buen estado se dividieron en dos grupos: Los de menor grado de maduración se conservaron en congelación y los de mayor grado fueron destinados para el procesamiento. Luego, fueron sometidos a un proceso de lavado y desinfección utilizando una solución de agua clorada a una concentración de 100 ppm durante un periodo de 10 minutos. Finalmente, se realizó un enjuague con agua potable para eliminar los residuos de cloro.



Figura 7. Selección de frutos maduros de jobo.

7.2.3 Despulpado

Esta operación unitaria se realizó de forma manual, separando la pulpa, la cáscara y la semilla. Posteriormente, la pulpa y la cáscara fueron homogeneizadas durante un periodo de 10 minutos, luego envasadas al vacío y almacenadas en congelación a una temperatura de -18 °C. Al producto obtenido se le determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos.

Tabla 4. Determinación de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de jobo.

Determinación	Método/Equipo	Norma
Color	Colorimetría	CIELAB
Tamaño(cm) y peso (g)	Calibrador y balanza analítica	-
Viscosidad	Viscosímetro	-
Contenido de humedad (%b.h)	Estufa de secado con aire caliente y liofilización	AOAC 925.09

Rendimiento (%)	Cociente entre el peso final de la muestra y peso inicial	-
pH	Potenciómetro	AOAC 981.12
Acidez (% de ácido cítrico)	Titulación/ Bureta digital	AOAC 942.15
Sólidos solubles (° Brix)	Refractómetro	AOAC 932.12
Índice de madurez	Cociente entre los sólidos solubles y acidez titulable	-



Figura 8. Pulpa, cáscara y semilla de jobo.



Figura 9. Despulpado de frutos de jobo.



Figura 10. Homogeneización de pulpa y cáscara.



Figura 11. Envasado al vacío.

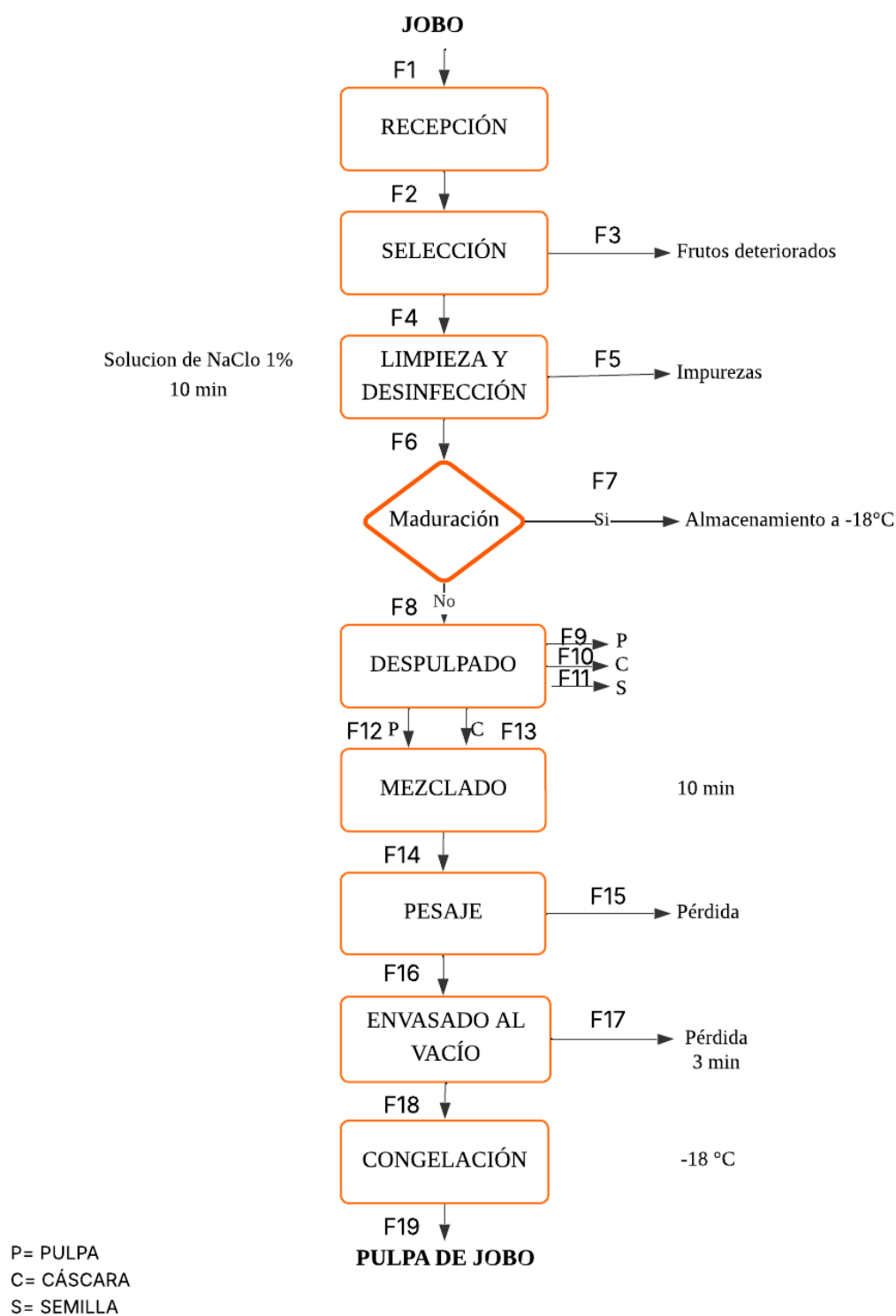


Figura 12. Diagrama de bloques de la producción de pulpa de jobo.

7.2.4 Contenido de humedad (b.h)

El contenido de humedad en base húmeda se determinó según el método AOAC 925.09 en el cual se pesó inicialmente 5 g de muestra por triplicado y se secaron en estufa con aire forzado a 60 °C hasta peso constante. Las muestras se pesaron en una balanza analítica antes y después del secado, enfriando en un desecador para evitar reabsorción de humedad. El porcentaje de humedad en base humedad se calculó con la diferencia de peso mediante la Ec.1

$$CH_{base\ húmeda} \left(\frac{g}{100g} \right) = \left(\frac{Peso\ muestra\ húmeda - Peso\ muestra\ seca}{Peso\ muestra\ húmeda} \right) \cdot 100$$

Ecuación 1.



Figura 13. Muestras después del secado en estufa con aire forzado a 60 °C.

7.2.5 Liofilización

Inicialmente, se pesaron 3, 4 y 5 g de pulpa en viales individuales, los cuales fueron sometidos a un proceso de ultracongelación durante 24 horas a una temperatura de -34 °C. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de liofilización durante 6 horas, bajo una presión final de 11.9 Pa y a una

temperatura de $-48.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una vez finalizado, la pulpa liofilizada fue envasada en frascos de vidrio ámbar con el fin de protegerla de la humedad y la exposición a la luz.



Figura 15. *Equipo liofilizador de viales.*



Figura 14. *Pulpa liofilizada.*

7.3 Formulación de productos derivados

7.3.1 Mermelada

La mermelada se realizó con base al método descrito por Awolu et al. (2018) con ligeras modificaciones. Se empleó una relación pulpa:azúcar de 0.64:0.35. Por lo cual, la formulación estuvo compuesta por pulpa de jobo (64.6%), sacarosa (35%) y pectina (0.4%). El proceso inició con el calentamiento de la pulpa hasta alcanzar $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se incorporó la sacarosa bajo mezcla constante, monitoreando cada 2 minutos el contenido de sólidos solubles totales hasta superar los $60\text{ }^{\circ}\text{Brix}$. Una vez disuelta la sacarosa, se adicionó la pectina y se continuó la cocción hasta completar un tiempo total de 8 minutos, alcanzando una temperatura final de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, momento en el cual se suspendió la transferencia de calor. Finalmente, el producto se enfrió a temperatura ambiente y se evaluó el pH, acidez, viscosidad y contenido de humedad.



Figura 16. Ingredientes de la mermelada de jobo.



Figura 17. Cocción de mermelada.

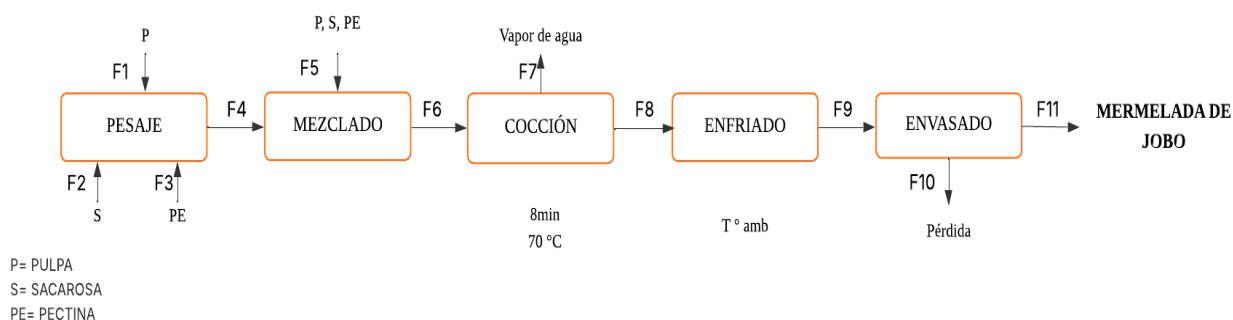


Figura 18. Diagrama de bloques de la producción de mermelada de jobo.

7.3.2 Helado

En la elaboración de helado tipo sorbete se tuvo en cuenta el método descrito por Anchivilca, S (2019) utilizando ingredientes como pulpa de jobo (50%), agua (38%), sacarosa (9.4%), glucosa (2.3%) y estabilizantes (0.3%). El proceso inició con el calentamiento de la glucosa a baño maría hasta lograr una textura fluida. Paralelamente, a temperaturas controladas se calentó el agua a 60 °C y la pulpa a 40 °C. Luego se mezclaron el agua caliente y la glucosa durante 2 minutos. Posteriormente, se añadió el azúcar, el estabilizante (multigel) y la pulpa durante 3 minutos. La mezcla obtenida se dejó madurando durante 24 horas en refrigeración. Después de este tiempo, se llevó a la máquina heladera para el proceso de batido, el cual duró 27 minutos. Finalmente, el helado se almacenó a -18 °C y se hicieron análisis de viscosidad, color, acidez, sólidos solubles, densidad, tiempo y caída de la primera gota, punto de congelación y overrun.



Figura 19. Máquina de helado.



Figura 20. Ingredientes del helado de jobo.

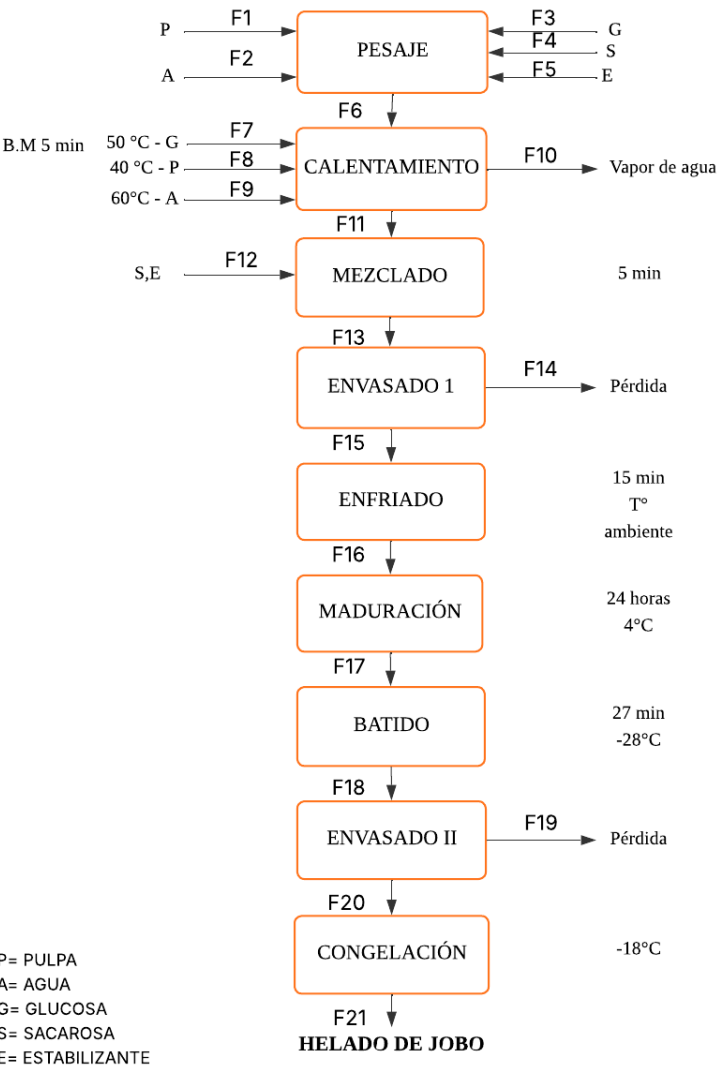


Figura 21. Diagrama de bloques de la producción de helado de jobo.

7.4 Análisis de calidad en helado de jobo

7.4.1 Densidad

La densidad de la mezcla se determinó utilizando un picnómetro. Inicialmente, el picnómetro se lavó y secó, luego se pesó vacío y se llenó completamente con la muestra empleando una jeringa para facilitar el llenado y evitar la formación de burbujas de aire. Una vez lleno, se colocó el tapón y se limpió el exceso de muestra; después se pesó el picnómetro y se registró su temperatura. Este mismo procedimiento se realizó utilizando agua destilada como referencia. Todas las determinaciones se efectuaron por triplicado. Para el cálculo de la densidad se aplicó la siguiente ecuación.

$$\rho_m = \rho_a \cdot \frac{W_m \cdot W_0}{W_a \cdot W_0}$$

Ecuación 2.

Donde

ρ_m = Densidad de la mezcla de helado (g/mL)

ρ_a = Densidad del agua (g/mL)

W_m = Peso picnómetro con la mezcla (g)

W_a = Peso picnómetro con agua (g)

W_0 = Peso picnómetro vacío (g)

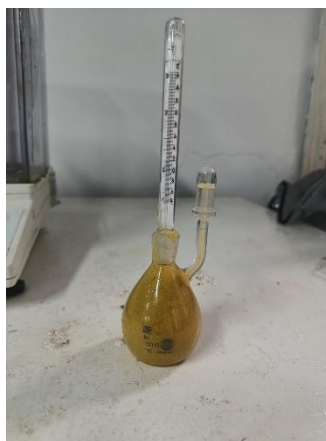


Figura 22. Densidad de la mezcla de helado.

7.4.2 Tiempo de caída de primera gota

Para determinar el tiempo de caída de la primera gota, se pesaron aproximadamente 10 g de helado congelado. Luego, la muestra se colocó sobre cada malla como se muestra en la Figura 23. El cronómetro se activó de inmediato al ubicar la muestra en la malla y se detuvo en el momento que cayó la primera gota, registrando así el tiempo correspondiente.



Figura 23. *Tiempo de caída de primera gota.*

7.4.3 Overrun

Para el análisis de overrun se utilizó la muestra de helado congelado y se sacó un cilindro usando un sacabocados. A esta muestra se le midió el radio y la altura para calcular su volumen inicial en estado sólido. Luego, la muestra se dejó derretir en una probeta graduada, donde se registra el volumen final de la mezcla en estado líquido. La diferencia entre los volúmenes permite determinar la cantidad de aire incorporado durante el proceso de elaboración del helado (overrun). Este procedimiento se realizó por triplicado.

$$(\%)Overrun = \frac{Vol. helado - Vol. mezcla}{Vol. mezcla} * 100$$

Ecuación 3.

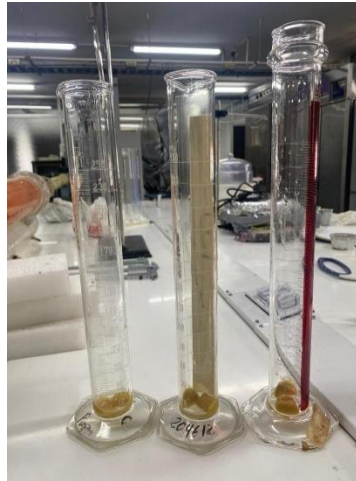


Figura 24. *Overrun.*

7.4.4 Porcentaje de derretimiento

Para el porcentaje de derretimiento, el cronómetro se inició desde la caída de la primera gota y se mantuvo hasta que las muestras se derritieron por completo. Durante este tiempo, se fue registrando el peso del material derretido cada cinco minutos, con el fin de obtener la información necesaria para la curva de porcentaje de derretimiento en función del tiempo.

$$\%Derretimiento = \frac{MD}{MI} * 100$$

Ecuación 4.

Donde

MD= Masa del helado derretida

MI= Masa helado inicial

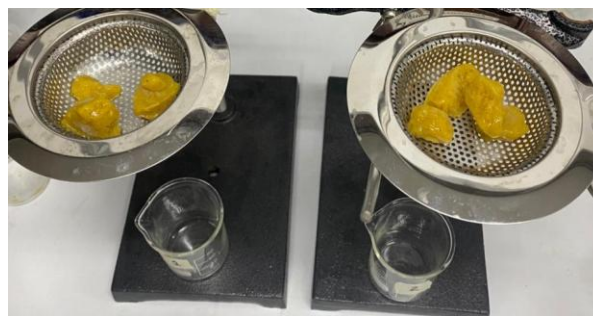


Figura 25. *Porcentaje de derretimiento.*

7.4.5 Punto de congelación

Para su determinación se utilizó el equipo Datalogger, el cual permite el registro continuo de temperatura en función del tiempo durante el proceso de congelación en el ultracongelador, a través del principio de crioscopia. Para este análisis se trabajó con tres muestras de mezcla de helado, en las cuales se colocaron termocuplas para medir los cambios de temperatura, como se observa en la Figura 26. Con los datos obtenidos se realizó una curva donde se pudo observar y determinar el descenso del punto de congelación.



Figura 26. Punto de congelación.

7.5 Extracción sólido - líquido

Para el proceso de extracción de los tres productos se empleó metanol al 99.9% como solvente. En el caso de la pulpa se pesaron 1.0236 g y se mezclaron con 6 mL; para la mermelada se utilizaron 6.0764 g en 10 mL y para el helado 6.0148 g en 10 mL. Posteriormente, a cada solución se aplicó ultrasonido (USAMED CL-120DT) con frecuencia de 40 kHz durante 25 minutos a 22 °C y se filtraron para favorecer los análisis.

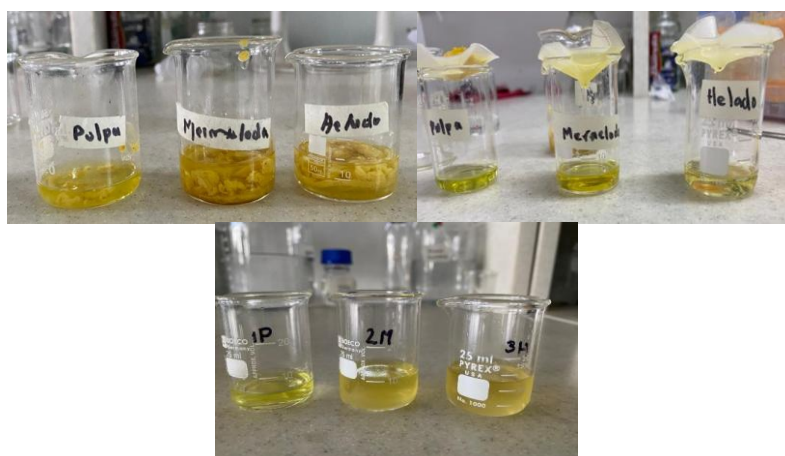


Figura 27. Extracción con metanol para la pulpa, mermelada y helado de jobo.

7.6 Capacidad antioxidante

7.6.1 Fenoles totales

El contenido fenólico total (CTF) se determinó por el método de Folin-Ciocalteu. Se aplicó en formato de microplaca de 96 pozos y se analizó colorimétricamente de acuerdo con el método descrito previamente por Ocampo et al., (2014). Se utilizó ácido gálico (AG) como estándar en una curva de calibración y los resultados promedio de tres réplicas se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g de producto. Se tomó 100 μ L de las muestras de pulpa, mermelada y helado disueltas en metanol:agua (1:1), se mezclaron con 50 μ L de Na_2CO_3 (1.6% p/v) y 50 μ L del reactivo de Folin-Ciocalteu (diluido con agua 1:5 v/v). La microplaca se incubó durante 1 hora a 60 °C y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 15 minutos. Finalmente, se midió la absorbancia a 650 nm en el lector de microplacas Me-terthech, AccuReader M965+.

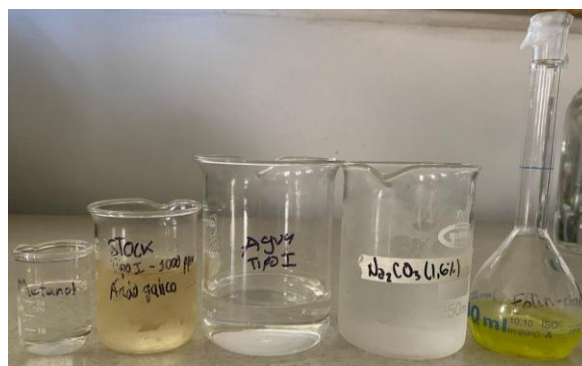


Figura 28. Materiales para Fenoles totales.

7.6.2 Inhibición de radicales libres, DPPH

Se determinó la inhibición de radicales libres DPPH para la pulpa, mermelada y helado. El procedimiento usado es una adaptación del método descrito por Ocampo et al., (2014). Se usó como estándar quercetina (Sigma-Aldrich) en diluciones seriadas de 512 a 0.5 mg/L. Las muestras y el estándar fueron disueltas en metanol. En cada pozo se adicionó 50 μ L de muestra y 150 μ L de DPPH. La microplaca se incubó durante una 1 hora a 60 °C y se midió la absorbancia a 520 nm en un lector de microplacas Me-terthech, AccuReader M965+. Los resultados promedio de tres

réplicas fueron expresados en términos de la capacidad captadora de radicales de las muestras y el estándar, que reduce en un 50% al radical DPPH (FRS50), se expresaron en g/mL.



Figura 29. *Materiales para DPPH.*

7.6.3 Inhibición de radicales libres, ABTS

Se determinó la inhibición de radicales libres de ABTS para la pulpa, mermelada y helado con base en el método descrito por Re et al. (1999). Para la curva de calibración se utilizó Trolox como estándar en diluciones seriadas de 312.5 a 0.31 mg/L. Luego se preparó un tampón PBS (5mM) a partir de disoluciones stock de sales de fosfato concentradas como KH_2PO_4 y Na_2HPO_4 . Seguidamente, se generó el radical haciendo reaccionar durante 16 horas el stock de ABTS (7 mM) con el stock de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (2.45 mM). En cada pozo se añadieron 50 μL de muestra y 150 μL de ABTS, se dejó reaccionar por unos minutos y se midió la absorbancia a 750 nm en un lector de microplacas Me-terthech, AccuReader M965+. Los resultados promedio de tres réplicas fueron expresados en términos de la capacidad captadora de radicales de las muestras y el estándar, que reduce en un 50% al radical ABTS (FRS50), se expresaron en g/mL.



Figura 30. *Materiales para ABTS.*

7.7 Componentes volátiles

Los compuestos volátiles de la pulpa de jobo liofilizada se analizaron mediante Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) QP2010 Ultra de Shimadzu de cuádruplo simple con una columna HP5-MS (L= 30 m, diámetro interno= 0.32 mm, diámetro de fase estacionaria = 0.25 μ m) (Sánchez, N. 2024). La metodología consistió en calentar el horno a 100 °C por dos minutos, luego se aumentó la temperatura hasta 310 °C con una rampa de calentamiento de 10°C/min, donde se mantuvo a 5 minutos. El gas portador fue helio a 3 mL/min. La monitorización de exploración completa se llevó a cabo en el rango de masa de 35-500 m/z. La diferenciación de los componentes en cada uno de los extractos se realizó utilizando los datos espectrales de masas NIST y Wiley.

7.8 Análisis estadístico

Para las determinaciones fisicoquímicas (dimensiones, pH, acidez, sólidos solubles y color), se realizaron seis réplicas experimentales (n=6) y para capacidad antioxidante (compuestos fenólicos totales, DPPH y ABTS) se realizaron tres (n=3), los datos se presentan como media $\pm$ desviación estándar. Las diferencias entre medias se analizaron mediante un ANOVA de una vía seguido de una prueba de Tukey ($p < 0.05$), en caso de no cumplir homogeneidad de varianzas se realizó Kruskal–Wallis. De acuerdo con este esquema, el estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), dado que las muestras fueron analizadas de manera independiente, sin la inclusión de factores de bloqueo ni la combinación de múltiples factores experimentales, y con un enfoque orientado a la comparación de medias entre tratamientos.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL FRUTO

En la siguiente Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización física de la pulpa de jobo.

Tabla 5. *Caracterización física del fruto de jobo.*

Análisis	Valor promedio
Largo (cm)	2.80 ± 0.53
Ancho (cm)	2.33 ± 0.60
Peso (g)	8.86 ± 0.34

**Los resultados corresponden a la media $\pm$ DE.*

8.1.1 Dimensiones físicas

Las dimensiones físicas de los frutos de jobo analizados mostraron un largo promedio de 2.80 ± 0.53 cm y un ancho de 2.33 ± 0.60 cm. Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Francis (1992), quien reporta que los frutos presentan dimensiones aproximadamente de 2 a 2.5 cm de diámetro y de 3 a 4 cm de largo.

8.1.2 Peso

En cuanto al peso, los frutos de jobo presentaron un promedio de 8.86 ± 0.34 g, valor ligeramente superior a lo encontrado por Hernández, G. (2022), quien reportó valores promedio de 6.85 g, 6.97 g y 6.53 g en tres zonas distintas de México. Esta variabilidad puede atribuirse a factores como las condiciones climáticas, características del suelo y estado fisiológico de los frutos al momento de la cosecha.

8.2 BALANCES DE MASA

8.2.1 Balance de masa de pulpa

En la Tabla 6 se observa el procesamiento de la pulpa de jobo, donde se describen las operaciones en conjunto para los dos productos (mermelada y helado). Estas incluyen clasificación, limpieza y desinfección, despulpado, mezclado, envasado al vacío y congelación. A partir de la etapa de congelación, la pulpa se divide según los requerimientos de cada formulación y se dirige al proceso específico de cada producto.

Tabla 6. *Balance de masa de pulpa*

ETAPA	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdida (kg)
RECEPCIÓN	5.137	5.137	-
SELECCIÓN	5.137	5.085	0.052
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	5.085	5.065	0.020
MADURACIÓN	5.065	1.871	-
DESPULPADO	1.871	1.871	-
MEZCLADO	1.401	1.401	-
PESAJE	1.401	1.400	0.00074
ENVASADO AL VACÍO	1.400	1.399	0.00074
CONGELACIÓN	1.399	1.399	-

8.2.2 Rendimiento

El rendimiento obtenido del procesamiento de la pulpa de jobo fue de $63.9 \pm 3.81\%$, lo que evidencia un rendimiento superior al reportado por Mercado & Carett (2018) donde el rendimiento de la pulpa de jobo varió entre $51.01 \pm 1.00\%$ y $53.97 \pm 3.32\%$. Según Cunha et al., (2001), a pesar de que el jobo es un fruto relativamente pequeño, con hueso grande de peso bajo y poca cantidad de pulpa, el rendimiento en pulpa es considerablemente elevado, lo que representa una gran ventaja y rentabilidad con esa materia prima.

8.2.3 Balance de masa mermelada

En el proceso de elaboración de la mermelada de jobo, en la Tabla 7 se presenta la continuidad del flujo posterior a la congelación de la pulpa. En esta etapa se realiza inicialmente el pesaje de los

ingredientes necesarios para la formulación como la pulpa, sacarosa y pectina. Luego, se mezclan y se incorporan a una cocción controlada bajo parámetros de temperatura y tiempo, lo que permite favorecer la homogeneización y el desarrollo de una textura fluida y uniforme, como característica del producto final. Tras alcanzar lo deseado, la mezcla se enfría a temperatura ambiente y se procede al envasado, dejando el producto listo para su consumo.

Tabla 7. Balance de masa para mermelada de jobo

ETAPA	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdida (kg)
PESAJE	0.150	0.150	-
MEZCLADO	0.150	0.149	-
COCCIÓN	0.149	0.146	0.003
ENFRIADO	0.146	0.146	-
ENVASADO	0.146	0.145	0.00073

8.2.4 Balance de masa helado

En el caso de la elaboración del helado de jobo tipo sorbete, la Tabla 8 describe el proceso que continúa a partir de la pulpa congelada. En esta etapa se realiza el pesaje de los ingredientes establecidos en la formulación: pulpa, agua, glucosa, sacarosa y estabilizante. Posteriormente, los ingredientes líquidos se someten a un calentamiento controlado y en la siguiente etapa estos se mezclan homogéneamente con los sólidos. La mezcla obtenida se envasa y se somete a un periodo de maduración de 24 horas, para mejorar la estructura final del producto. Luego, se lleva al batido, donde se incorpora aire y se obtiene la textura característica del sorbete, para finalmente proceder a la congelación del helado.

Tabla 8. Balance de masa para helado de jobo.

ETAPA	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdida (kg)
PESAJE	0.598	0.598	-
CALENTAMIENTO	0.539	0.536	0.003
MEZCLADO	0.592	0.592	-
ENVASADO I	0.592	0.589	0.003
ENFRIADO	0.589	0.589	-
MADURACIÓN	0.589	0.589	-

BATIDO	0.589	0.589	-
ENVASADO II	0.589	0.586	0.003
CONGELACIÓN	0.586	0.586	-

8.3 DIAGRAMAS DEL BALANCE DE MASA POR PRODUCTOS

8.3.1 Balance de masa pulpa

Considerando el proceso previamente descrito, el balance de materia para la obtención de pulpa de jobo inicia en la etapa de despulpado, donde se registra un peso total de 1.871 kg, correspondiente a la suma de pulpa, cáscara y semilla. Posteriormente, tras separar la semilla, la mezcla compuesta únicamente por pulpa y cáscara alcanza un peso de 1.40074 kg, sin adiciones de ingredientes ni pérdidas significativas. Esta mezcla se conduce al proceso de empacado al vacío, empleando 14 bolsas, cada una con una cantidad de 0.100 kg. Durante el llenado se presenta una pérdida mínima de 0.00074 kg, obteniéndose finalmente 1.400 kg de pulpa empacada para congelar. El producto presenta un valor de 14.7 °Brix, el cual constituye el punto de referencia para los balances específicos y el cálculo de concentraciones en las siguientes etapas de procesamiento.

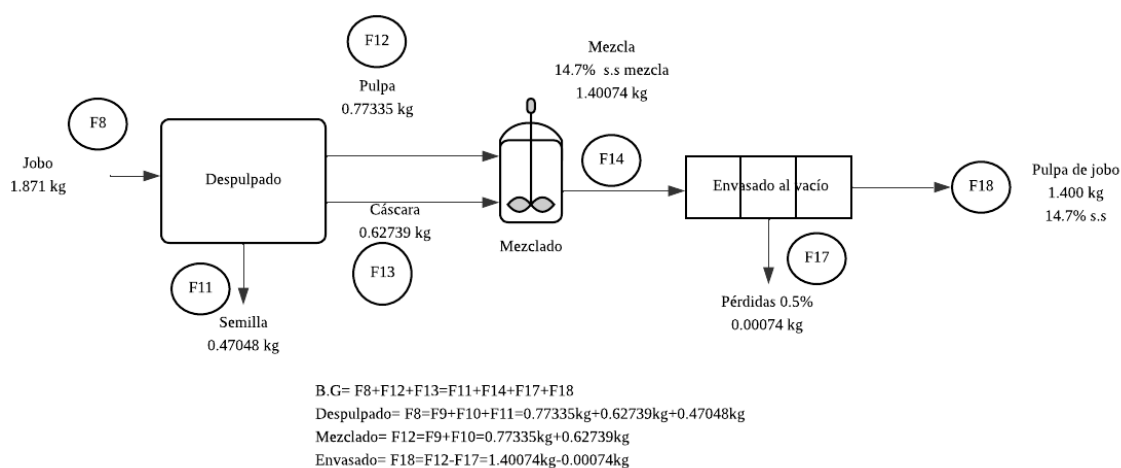


Figura 31. Diagrama de masa de pulpa de jobo.

8.3.2 Balance de masa mermelada

En el caso de la mermelada de jobo, la pulpa previamente obtenida se mezcla con sacarosa y pectina, conformando una masa total de 0.149 kg al inicio del proceso, luego se somete a cocción, etapa en la que se registra reducción por evaporación de 0.003 kg. Durante este calentamiento se alcanza la textura deseada, verificando además el incremento de sólidos solubles, que en el producto final alcanzaron 61.18 °Brix, valor característico de una mermelada estable y concentrada. Posteriormente, el producto pasa al envasado, donde se presenta una pérdida asociada al cambio de envase de 0.00073 kg, obteniéndose una masa final de 0.146 kg de mermelada terminada.

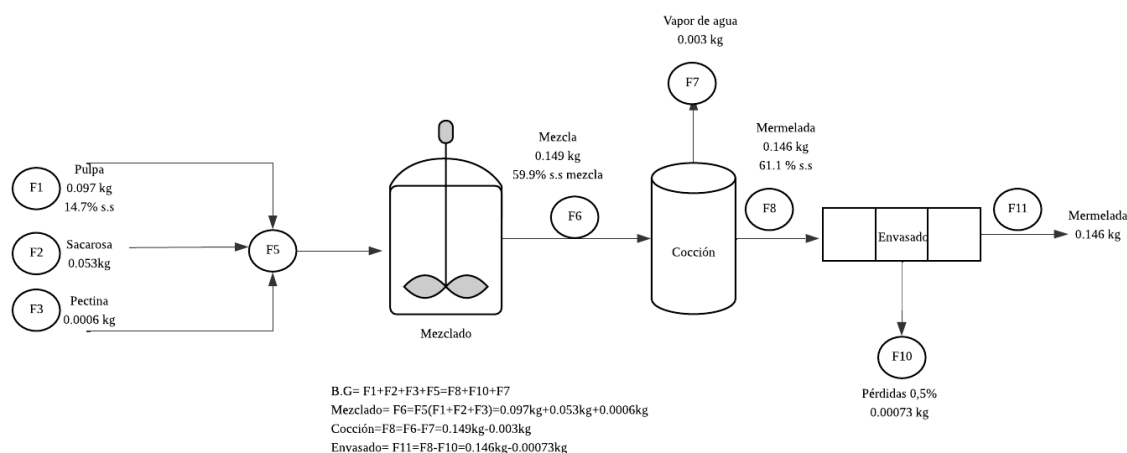


Figura 32. Diagrama de masa de mermelada de jobo.

8.3.3 Balance de masa helado

Para el helado de jobo tipo sorbete, el proceso inicia con la pulpa ya obtenida, la cual se combina con los demás ingredientes de la formulación. Antes de integrar los sólidos, los componentes líquidos (pulpa, agua y glucosa) se someten a un calentamiento controlado, etapa en la que se registra una pérdida por evaporación de 0.003 kg. Tras este calentamiento, los líquidos alcanzan un peso de 0.536 kg, que posteriormente se incorporan con los sólidos, cuyo peso es de 0.056 kg. La mezcla conjunta entra al proceso de homogeneización, obteniéndose un total de 0.592 kg,

después del periodo de maduración y batido, se envasa el producto durante el proceso se presenta una pérdida de 0.0003 kg, resultando un peso final de 0.586 kg y 22.4 °Brix de helado el cual se dirige a la etapa de congelación.

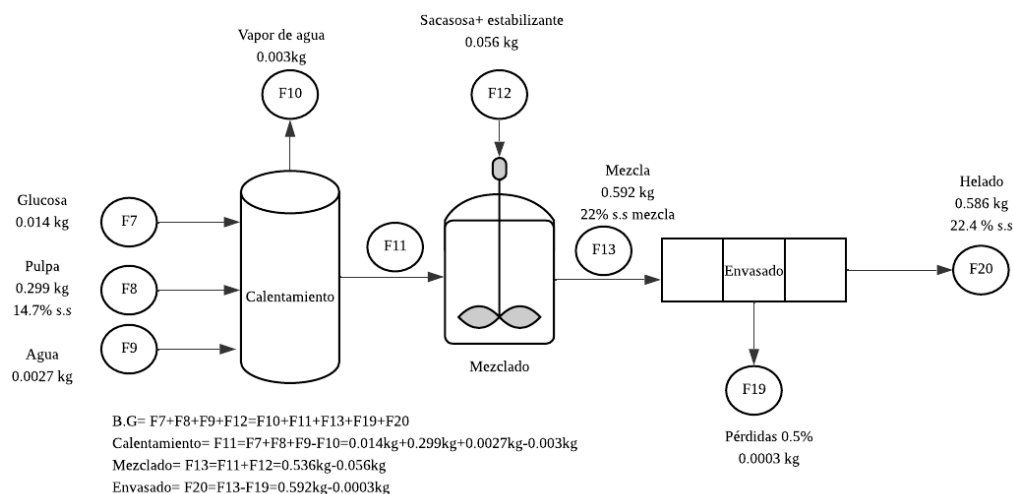


Figura 33. Diagrama de masa de helado de jobo.

8.4 ANÁLISIS POR COLORIMETRÍA DE LOS TRES PRODUCTOS

La siguiente Tabla 9 muestra los resultados obtenidos de color en el estudio.

Tabla 9. Análisis de color CIE-LAB para la pulpa, mermelada y helado de jobo.

Color (CIELAB)	Pulpa	Mermelada	Helado	P-valor
L*	22.74 ± 0.25	16.37 ± 0.38	24.43 ± 0.36	p<0.001
a*	7.68 ± 0.09	10.39 ± 0.12	6.56 ± 0.27	p<0.001
b*	37.21 ± 0.65	27.83 ± 0.67	39.48 ± 0.80	p<0.001
C*	37.99 ± 0.65	29.70 ± 0.65	40.02 ± 0.84	p<0.001
h*	78.34 ± 0.12	69.51 ± 0.37	80.57 ± 0.20	p<0.01

*Los resultados corresponden a la media ± SE.

** Los valores con (p<0.05) denotan diferencias estadísticamente significativas.

El color es un atributo sensorial clave para evaluar la calidad de productos derivados de *S. mombin*, debido a la presencia de pigmentos naturales como carotenoides y compuestos fenólicos que pueden modificarse durante el procesamiento (Arrázola Paternina et al., 2021). En este estudio, las coordenadas del sistema CIELAB mostraron diferencias estadísticamente significativas entre la pulpa, la mermelada y el helado ($p < 0.001$), evidenciando el impacto del procesamiento.

La pulpa presentó valores intermedios de L^* , a^* , b^* , C^* y h^* , lo cual es coherente con matrices frutales frescas donde el color depende directamente de los pigmentos naturales sin alteraciones químicas significativas. En la mermelada, la disminución de luminosidad y saturación, junto con un desplazamiento hacia tonos más rojizos, coincide con los efectos reportados para productos sometidos a tratamiento térmico, donde el pardeamiento no enzimático y la degradación de carotenoides reducen L^* y b^* e incrementan a^* (Narra et al., 2024). Por el contrario, el helado a base de agua mostró mayor luminosidad y saturación, lo cual se explica por la presencia de aire incorporado durante el batido, ya que se genera dispersión y difracción de la luz, aumentando la percepción visual de claridad y color (Kono et al., 2017)

Tabla 10. Diferencia de color entre la pulpa, mermelada y helado de jobo.

Producto	Pulpa vs. Helado	Pula vs. Mermelada	Mermelada vs. Helado
ΔE	3.04	11.66	14.68

La diferencia total de color (ΔE) integra las coordenadas L^* , a^* y b^* , que expresa la distancia entre dos puntos dentro del espacio de color, lo que facilita interpretar si un cambio es perceptible sensorialmente. Según la escala propuesta por López & Sarli (2016), se divide en no visible ($\Delta E < 0.2$), muy leve ($\Delta E 0.2-0.5$), leve ($\Delta E 0.5-1.5$), notable ($\Delta E 1.5-3.0$), muy notable ($\Delta E 3.0-6.0$), grande ($\Delta E 6.0-12.0$) y muy grande ($\Delta E > 12.0$).

En este estudio, la comparación entre la pulpa y el helado presentó una variación muy notable ($\Delta E = 3.04$), lo cual sugiere modificaciones perceptibles atribuibles principalmente al proceso de congelación y a la incorporación de ingredientes que alteran la luminosidad y el matiz del producto. Por su parte, la pulpa y la mermelada mostraron una diferencia de color clasificada como grande

($\Delta E = 11.66$), coherente con las transformaciones que ocurren durante la cocción, tales como reacciones de pardeamiento no enzimático y concentración de sólidos. Finalmente, la mayor divergencia cromática se observó entre la mermelada y el helado ($\Delta E = 14.68$), considerada muy grande, lo que refleja la marcada influencia de las condiciones térmicas y de formulación propias de cada matriz alimentaria.

8.5 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS TRES PRODUCTOS

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la pulpa, mermelada y helado de jobo.

Tabla 11. Caracterización fisicoquímica de la pulpa, mermelada y helado de jobo.

Variable	Producto	Media $\pm$ SE	Prueba	P-valor	Grupos
pH	Pulpa	2.93 ± 0.010	Kruskal–Wallis	0.0015	b
	Mermelada	2.97 ± 0.020			a
	Helado	3.05 ± 0.003			a
Acidez titulable (% ácido cítrico)	Pulpa	1.033 ± 0.009	ANOVA	< 0.0001	b
	Mermelada	0.743 ± 0.004			a
	Helado	0.527 ± 0.004			c
Sólidos solubles totales (°Brix)	Pulpa	14.70 ± 0.060	Kruskal–Wallis	0.00050	a
	Mermelada	61.18 ± 0.190			b
	Helado	22.35 ± 0.070			a
Viscosidad	Pulpa	k= 13.5 Pa*s ⁿ n= 0.348 R ² = 0.9198	-	-	-
	Mermelada	k= 72.5 Pa*s ⁿ n= 0.226 R ² = 0.9955			

	Helado	$k = 12.3 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ $n = 0.310$ $R^2 = 0.9821$			
Contenido de humedad (b.h)(g/100g)	Pulpa	73.4 ± 0.24	-	-	-
	Mermelada	33.25 ± 1.30			
Índice de madurez	Pulpa	12.64 ± 0.14	-	-	-

*Los resultados corresponden a la media $\pm$ SE.

**Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el siguiente gráfico de barras, se presenta la comparación fisicoquímica entre la pulpa, mermelada y helado de jobo.

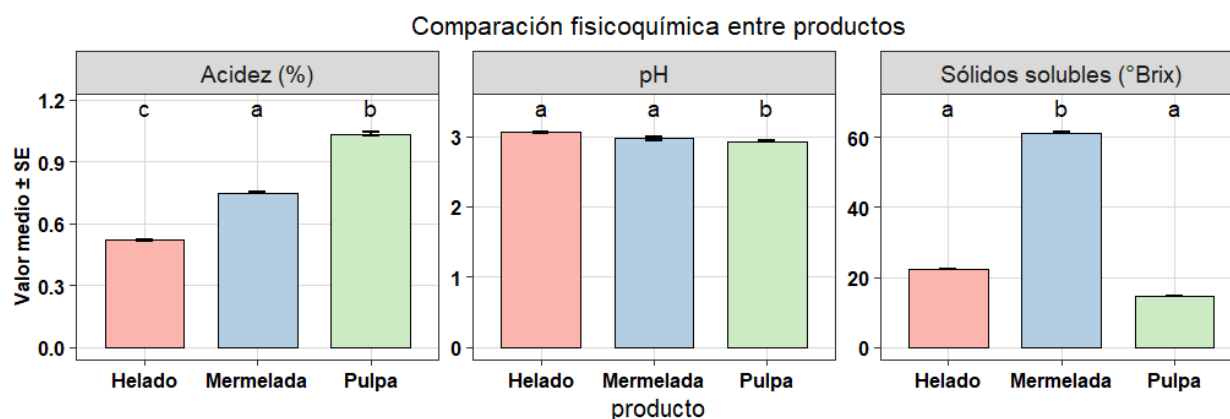


Figura 34. Comparación fisicoquímica entre productos.

*Los resultados corresponden a la media $\pm$ SE.

**Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

8.5.1 pH

El pH mostró diferencias significativas entre la pulpa con los dos productos evaluados (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), lo que confirma la influencia del procesamiento y la formulación influyen directamente en las características ácido-base de la matriz alimentaria. La pulpa fresca presentó un pH de 2.93 ± 0.010 , que se encuentra dentro del rango definido por Maldonado-Astudillo et al., (2014) quienes afirman que para frutos de *S. mombin* de diferentes regiones de Brasil, estos valores

varían de 2.30 a 3.30; por ende, se confirma la acidez natural del fruto atribuida a su contenido de ácidos orgánicos.

La mermelada presentó un pH ligeramente mayor de 2.97 ± 0.020 , probablemente influenciado por la cocción y la adición de sacarosa, factores que pueden modificar la disponibilidad de los ácidos presentes. Estos valores concuerdan con Adepoju & Karim (2004) quienes reportaron valores entre 2.80 y 2.90 en dos formulaciones de mermelada a partir de la pulpa de jobo. En el caso del helado, se obtuvo el pH más alto de 3.05 ± 0.003 , asociado a la dilución y al efecto de otros ingredientes añadidos. Aun así, este valor es menor al reportado por De Paula et al., (2020) para helados enriquecidos con inulina y probióticos con valores entre 4.00 y 4.50. Las diferencias pueden relacionarse con la ausencia de componentes lácteos o probióticos en este estudio.

En general, aunque el procesamiento genera variaciones, los tres productos mantienen un perfil ácido característico del jobo, lo que favorece su estabilidad microbiológica y su conservación durante el almacenamiento.

8.5.2 Acidez titulable

La acidez titulable evidenció diferencias altamente significativas entre los productos (ANOVA, $p < 0.0001$), evidenciando el efecto del procesamiento sobre la concentración de ácidos orgánicos. La pulpa presentó un valor de 1.033 ± 0.009 %, el cual concuerda con lo expresado por Sampaio et al., (2008) quienes afirman que la acidez del fruto disminuyó durante la maduración, es decir, desde 1.35 a 1.31% en la etapa preclimática, a 1.0% en el pico climático y finalmente, hasta 0.80% en la etapa postclimática.

En la mermelada, la acidez disminuyó a 0.743 ± 0.004 %, valor menor al registrado por Adepoju & Karim (2004), quienes reportaron valores entre 1.7 y 1.8% en dos formulaciones de mermelada a partir de la pulpa de jobo. Posiblemente, esta diferencia se debe a variaciones en la materia prima, condiciones de proceso y formulación. El helado arrojó el valor más bajo de 0.527 ± 0.004 %, resultado esperado debido a la dilución de la pulpa con agua, azúcares y estabilizantes. Aunque no existen reportes específicos para helados de jobo a base de agua, los valores son inferiores a los señalados por Coelho et al., (2020) para helados de Cajá-Manga (*Spondias dulcis*) con 0.953%,

esta diferencia se debe a la especie utilizada y a la incorporación de ingredientes lácteos en dicho estudio.

En conclusión, la pulpa presentó mayor acidez titulable y menor pH, evidenciando la relación inversa entre ambas variables por su alta concentración natural de ácidos orgánicos. Mientras que la mermelada y el helado mostraron una disminución de acidez junto con un incremento en el pH, efecto asociado a la concentración y dilución respectivamente, además de la formulación y condiciones de proceso. Esto evidencia una relación inversa entre pH y acidez, lo cual puede favorecer la estabilidad microbiológica de los productos.

8.5.3 Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles totales presentaron diferencias significativas entre la mermelada y los dos productos de helado y pulpa (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), esto se debe al proceso de cocción que favorece la evaporación del agua y la concentración de solutos.

En el caso de la pulpa se obtuvo un valor de 14.70 ± 0.060 °Brix, dentro del rango reportado por Maldonado-Astudillo et al., (2014) quienes afirman que para frutos de *S. mombin* de diferentes regiones de Brasil, estos valores varían de 7.10 a 16.30 °Brix; estas variaciones en SST se asocian a la variedad específica de fruta y su etapa particular de maduración, ya que se produce un aumento progresivo del contenido de SST como resultado de la transformación de polisacáridos en azúcares.

La mermelada presentó el valor más alto de 61.18 ± 0.190 °Brix, cumpliendo con los requisitos de la Resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud para este tipo de productos. No obstante, este valor supera lo expresado por Akinlolu-Ojo et al. (2022) para mermelada de pulpa de jobo con cáscara, la cual obtuvo un valor 46.51 ± 0.65 °Brix. Esta diferencia se debe a la formulación, contenido inicial de azúcares y tiempos de concentración térmica empleados en cada estudio.

El helado presentó un valor de 22.35 ± 0.070 °Brix, adecuado según la NTC 1239 del 2002 para sorbetes. Dicho valor es inferior al reportado por Melo et al., (2021) quienes obtuvieron valores de 35.34 a 36.80 °Brix en diferentes formulaciones a base de leche de cabra. Esto se explica por la ausencia de ingredientes lácteos que incrementan los sólidos totales y por la mayor proporción de agua utilizada en este tipo de helados a base de fruta.

En conjunto, los resultados reflejan que el contenido de SST aumenta o disminuye en función del grado de concentración o dilución aplicado durante el procesamiento, lo que impacta directamente la dulzura, textura y percepción sensorial de cada producto.

8.5.4 Viscosidad

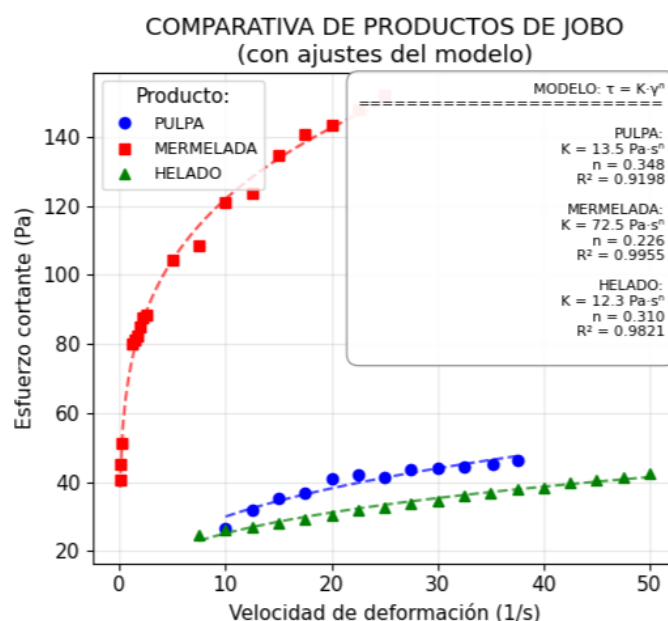


Figura 35. Esfuerzo cortante (Pa) vs. Velocidad de deformación (1/s).

El modelo de Ley de Potencia fue seleccionado por su capacidad para caracterizar fluidos no-newtonianos, demostrando alta precisión con coeficientes de determinación R^2 entre 0.92 y 0.99. Los resultados revelan que los tres productos presentan comportamiento pseudoplástico ($n < 1$), lo que significa que su viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de deformación. En consecuencia, para la manipulación de estos productos en la industria es necesario conocer sus propiedades reológicas, especialmente cuando en el proceso se someten a operaciones como transporte, mezcla y homogeneización (Villarán et al., 1997).

La mermelada muestra la mayor consistencia ($K = 72.53 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$) y pseudoplasticidad ($n = 0.2257$) debido a la cantidad de sacarosa añadida, la proporción y el tipo de agente gelificante utilizado, el contenido de pulpa de fruta y la temperatura del proceso (Basu y Shihhare, 2010). La pulpa, con

valores intermedios ($K = 13.46 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$, $n = 0.3483$), refleja su estado más natural al considerar que son productos que contienen partículas en suspensión y otros compuestos como pectinas (Manayay et al., 2015). La mezcla para hacer helado presenta similitudes con la pulpa ($K = 12.31 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$, $n = 0.3105$), ya que su viscosidad depende de la composición (principalmente grasa y estabilizante), el tipo y la calidad de los componentes, las condiciones de procesamiento de la mezcla, el contenido total de sólidos y temperatura (Mortazavian et al., 2019). Estas diferencias reológicas, directamente vinculadas a las operaciones unitarias aplicadas, son esenciales para el diseño de equipos de procesamiento, optimización de parámetros operativos y predicción del comportamiento del producto durante su manufactura y consumo.

8.5.5 Contenido de humedad (b.h)

La pulpa de jobo obtuvo un contenido de humedad en base húmeda de $73.40 \pm 0.24 \text{ g/100g}$, valor que cae dentro del rango reportado por Akinlolu-Ojo et al. (2022) quienes determinaron que el contenido de humedad varía entre $72.45\text{--}77.78 \text{ g/100g}$ en la pulpa durante la maduración. Sin embargo, otros estudios han informado valores superiores, como el caso de Tiburski et al. (2011), con 83.66 g/100g y Padilla García (2024) con 87.31 g/100g . Por ende, estas diferencias pueden atribuirse a factores intrínsecos del fruto como condiciones agroclimáticas y estado fisiológico de madurez.

La mermelada presentó un contenido de humedad del $33.25 \pm 1.30 \text{ g/100g}$, valor que se encuentra por encima de lo reportado por Akinlolu-Ojo et al. (2022) para mermelada con pulpa y cáscara de jobo con un valor de 15.09 g/100g . Esta diferencia puede deberse principalmente a una menor intensidad de evaporación durante el procesamiento, así como a una mayor proporción de pulpa en la formulación.

Por otro lado, el contenido de humedad de la pulpa liofilizada fue de $22.3 \pm 0.6 \text{ g/100g}$, valor similar al reportado por Silva et al., (2021), quienes caracterizaron la pulpa de jobo liofilizada a diferentes concentraciones de maltodextrina y determinaron que el contenido de humedad de la pulpa de jobo sin maltodextrina fue de 18.99 g/100g ; esta diferencia puede haber ocurrido debido a la cantidad de producto utilizado en el equipo, o incluso por su modelo y capacidad.

8.5.6 Índice de madurez

El índice de madurez de la pulpa de jobo fue de 12.64 ± 0.14 , valor que se encuentra dentro del rango reportado por Maldonado-Astudillo et al., (2014) con datos entre 3.9 y 21.1; pero a su vez es superior a lo expresado por Cunha et al., (2001) con un valor de 11.23 y Tiburski et al., (2011) con 10.2. Este resultado indica que la fruta utilizada en este estudio se encontraba en un estado de madurez avanzado al momento del procesamiento. Un índice de madurez elevado es consistente con un mayor contenido de sólidos solubles, acompañado de un incremento gradual del pH y una reducción en la acidez titulable.

8.6 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL HELADO DE JOBO

Los parámetros evaluados permiten analizar el comportamiento físico y la estabilidad del helado elaborado a partir de pulpa de jobo. Algunos de los resultados se muestran a continuación en la Tabla 12 y se compararon con valores comúnmente reportados para helados de frutas y productos similares descritos en la literatura.

Tabla 12. *Parámetros de calidad del helado*

Análisis	Valor promedio
Densidad (g/mL)	1.02 ± 0.01
Derretimiento (%)	42.82 ± 5.93
Overrun (%)	23.11 ± 2.27

8.6.1 Densidad

El helado presentó una densidad promedio de 1.02 ± 0.01 g/mL, lo cual es ligeramente superior a helados comerciales tradicionales, que suelen fluctuar entre 0.80 y 1.00 g/mL. Este comportamiento es característico de helados artesanales con alto contenido de fruta, bajo nivel de aire incorporado y ausencia de fracción de grasa láctea (Clarke, 2012). En este caso, el uso de pulpa de jobo que es rica en fibra soluble probablemente incrementó la fracción de sólidos totales, formando una estructura más compacta. Además, estudios sobre helados frutales coinciden en que las formulaciones con alto contenido de fruta suelen presentar densidades cercanas a 1.00 g/mL debido a su bajo contenido graso y a la presencia de azúcares naturales (Goff & Hartel, 2013;

Clarke, 2012). Por lo tanto, el valor obtenido es coherente con un helado tipo artesanal elaborado con fruta.

8.6.2 Porcentaje de derretimiento

Los parámetros de fusión del helado evidenciaron una estabilidad térmica intermedia, característica de formulaciones frutales con bajo contenido graso. El porcentaje de derretimiento fue de $42.82 \pm 5.93\%$, valor que se encuentra dentro del rango reportado para este tipo de productos (38-55%) dependiendo de la concentración de pulpa y el tipo de estabilizante utilizado (Gonçalves et al., 2018). A pesar de ello, el tiempo de caída de la primera gota alcanzó aproximadamente 27.79 min, valor elevado para un helado frutal, donde suelen presentar tiempos entre 10 y 20 minutos (Muse & Hartel, 2004; Karaca et al., 2009). El comportamiento observado sugiere que la pulpa de jobo contribuyó a una estructura interna más estable, probablemente debido a la acción combinada de fibra soluble, pectinas y sólidos disueltos, los cuales aumentan la viscosidad y reducen la movilidad del agua libre (Fiol et al., 2017).

Resultados similares han sido descritos en helados elaborados con frutas tropicales como mango, guanábana y maracuyá, en los que se reportan porcentajes de derretimiento entre 38% y 55% dependiendo de la concentración de pulpa y del tipo de estabilizantes empleados (Gonçalves et al., 2019; Da Silva et al., 2018). Esto confirma que el comportamiento del helado de jobo se encuentra dentro del rango esperado para este tipo de producto. La Figura 36 muestra la curva de derretimiento después de la caída de la primera gota en función del tiempo.

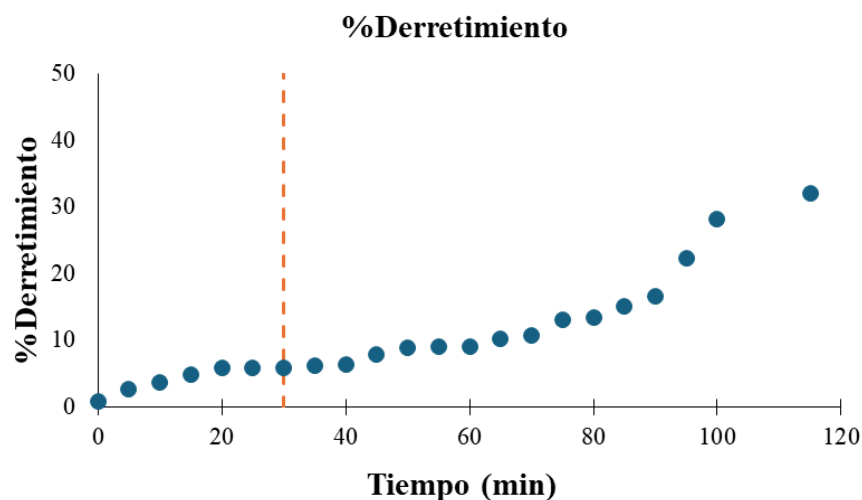


Figura 36. Porcentaje de derretimiento del helado de jobo.

*Los resultados corresponden a la media $\pm$ SE.

8.6.3 Overrun

Se obtuvo un overrun de $23.11 \pm 2.27\%$, que es un valor típico de un helado artesanal o de una formulación con alto contenido de fruta y bajo nivel de emulsificantes. Goff (2025) reporta que los helados industriales suelen superar el 50% de overrun, pudiendo alcanzar incluso 80-100% en helados económicos, mientras que en helados artesanales suelen mantenerse entre 20% y 40%. El valor encontrado indica que el aire incorporado fue moderado, lo que concuerda con la técnica de elaboración y con la densidad relativamente alta del producto. El menor overrun obtenido también puede relacionarse con la viscosidad propia de la mezcla debido al aporte de pectinas naturales del jobo, lo cual dificulta la incorporación de aire durante el batido, como han señalado trabajos previos en helados a base de frutas tropicales (Akin et al., 2007; Nagar et al., 2002).

8.6.4 Tiempo de caída de la primera gota

El tiempo de caída de la primera gota constituye uno de los indicadores más directos de la estabilidad física de un helado frente a la acción del calor. En este caso, el helado de jobo presentó un tiempo aproximado de 27.79 minutos, lo cual puede considerarse un valor relativamente alto para un helado frutal. La literatura señala de los helados con bajo contenido de grasa y alto contenido de fruta suelen presentar tiempos entre 10 y 20 minutos, debido a la ausencia de una

matriz grasa que contribuya a retener el agua y a mantener la integridad estructural (Muse & Hartel, 2004; Karaca et al., 2009). El valor obtenido supera este rango, lo cual sugiere que la pulpa de jobo aportó una estructura interna más estable de lo habitual. Esto es coherente por la composición del jobo, algunos compuestos actúan como agentes estructurales y aumentan la viscosidad de la mezcla, lo que mejora la capacidad del sistema para retrasar la migración del agua hacia la superficie durante el derretimiento (Clarke, 2012; Goff & Hartel, 2013). Por consiguiente, el helado mostró un comportamiento más lento frente a la fusión inicial, característica favorable para productos artesanales que buscan estabilidad térmica.

8.6.5 Punto de congelación

La curva de punto de congelación se representa en la Figura 37, registrada para tres repeticiones (T01, T02, T03) muestra un comportamiento consistente y característico de mezclas para helado con algo de contenido de sólidos solubles provenientes de frutas. La tendencia observada evidencia tres fases bien definidas: una definición rápida inicial de temperatura, una zona de transición en la que alcanza el punto de congelación y una fase de congelación progresiva, donde la temperatura desciende lentamente, lo cual es coherente con los perfiles descritos para mezclas de helado con frutas tropicales.

En los primeros minutos, la temperatura baja rápidamente desde valores superiores a 15 °C hasta 0 °C, esto corresponde al descenso de temperatura antes de que inicie la formación de cristales de hielo. Este comportamiento coincide con lo descrito por Marshall, Goff y Hartel (2013), quienes señalan que en mezclas con alta fracción líquida el enfriamiento previo a la congelación ocurre rápidamente debido a la elevada capacidad calorífica del agua.

Las tres curvas convergen alrededor de valores entre -15 °C y -25 °C, reflejando la depresión crioscópica inducida por azúcares naturales, ácidos orgánicos y otros solutos presentes en la pulpa. De acuerdo con (Fiol et al., 2017) los helados frutales suelen presentar puntos de congelación entre -2 °C y -5 °C dependiendo de la concentración de soluto. Los valores del helado de jobo se encuentran dentro de ese rango, lo que confirma que la mezcla tiene una proporción relevante de sólidos provenientes de la pulpa

Esto explica por qué el helado mostró excelente estabilidad antes de la primera gota (27.79 min), pero aceleró su derretimiento después de los 30-35 min, ya que una fracción importante del agua

permanece sin congelar debido a la depresión crioscópica. Este fenómeno es ampliamente descrito por Muse & Hartel (2004).

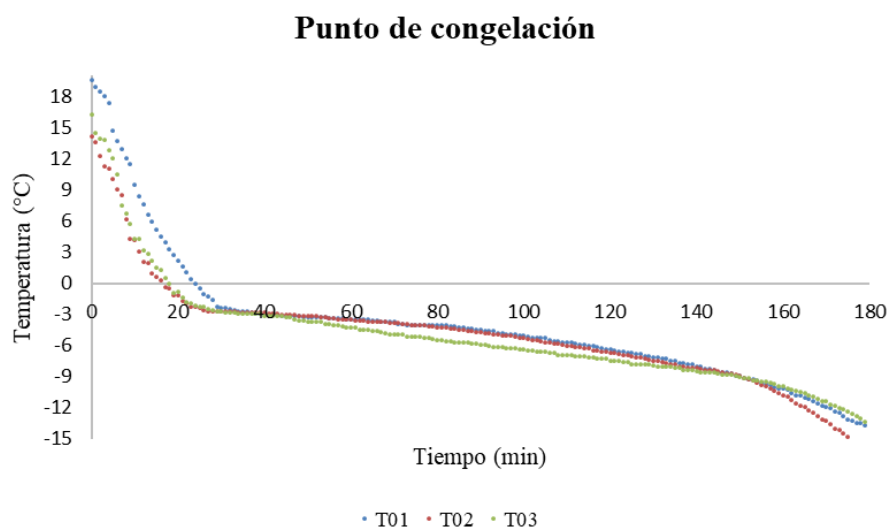


Figura 37. *Punto de congelación del helado de jobo.*

8.7 ANÁLISIS DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES (CFT)

A continuación, se presenta el resultado obtenido de la placa de CFT para los tres productos.

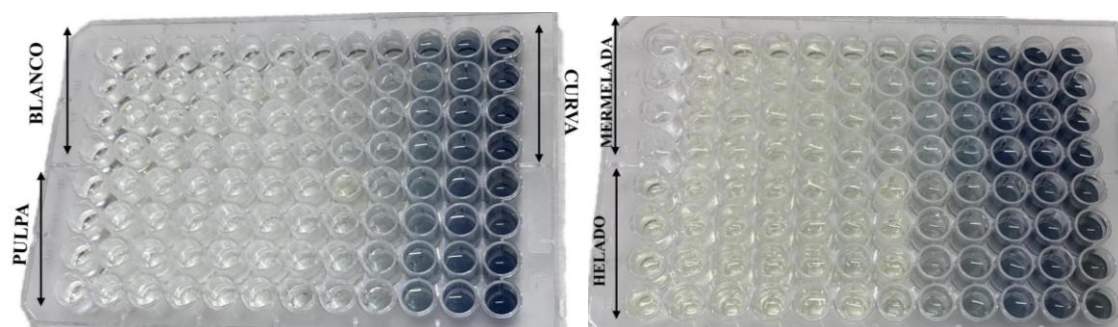


Figura 38. *Placa de compuestos fenólicos totales para la pulpa, mermelada y helado de jobo.*

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para los compuestos fenólicos totales, expresados en mg equivalentes de ácido gálico por 100 gramos de producto (mg GAE/100g), correspondientes a la pulpa, la mermelada y el helado.

Tabla 13. *Compuestos fenólicos totales para la pulpa, mermelada y helado de jobo.*

Análisis	Pulpa	Mermelada	Helado
Compuestos fenólicos totales (mg GAE /100g)	170.5 ± 12.7 ^a	21.2 ± 8.5 ^b	20.5 ± 8.2 ^b

*Los resultados corresponden a la media ± SE.

**Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

La importancia de los compuestos fenólicos en el fruto de *S. mombin* radica en su función como antioxidantes naturales y en la protección que estos compuestos brindan contra enfermedades crónico-degenerativas. Asimismo, participan en reacciones de pardeamiento durante el procesamiento y pueden influir en el perfil sensorial del fruto (Maldonado-Astudillo et al., 2014; Filgueiras et al., 2001; Tiburski et al., 2011).

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas en los CFT entre la pulpa y los dos productos mermelada y helado ($p < 0.001$). Por lo cual, es evidente la disminución al transformar la pulpa fresca en productos procesados. La reducción cercana al 87.6% en la mermelada y del 88.0% en el helado confirma que el tratamiento térmico, la exposición al oxígeno y la dilución por incorporación de ingredientes adicionales son factores determinantes en la pérdida de estos compuestos. Estos resultados coinciden con lo señalado por Brandão et al., (2021), quienes atribuyen la disminución de los CFT principalmente a la degradación inducida por el calor y la oxidación. De igual forma, Ścibisz & Mitek (2009) demostraron que el grado de retención de fenoles en mermeladas depende tanto de la composición de la fruta como de la formulación y Carvalho et al. (2015) identificaron que el *S. mombin* presenta altas cantidades de carotenoides y fenólicos en comparación con otras frutas tropicales como el maracuyá y la piña. Aunque el procesamiento de la fruta resultó en una pérdida fenólica significativa, el contenido de carotenoides no se vio afectado significativamente por el procesamiento; lo cual respalda lo ocurrido en los productos obtenidos a partir de los frutos del jobo.

En cuanto a la pulpa, el valor de 170.5 ± 12.7 mg GAE/100g se encuentra dentro del rango reportado por Akinlolu-Ojo et al. (2022), quienes observaron variaciones de 76 a 202 mg

GAE/100g según el estado de maduración, con incrementos notables cuando se incluye la cáscara del fruto. Este comportamiento coincide también con lo informado por Cunha et al. (2001) y Melo et al. (2008), quienes registraron valores cercanos a 150 y 126 mg GAE/100g, respectivamente. No obstante, otros estudios han detectado niveles considerablemente superiores, como los reportados por Aniceto et al. (2021) y Vasco et al., (2008), con concentraciones que alcanzan 1340.15 y 249 mg GAE/100g respectivamente, lo que evidencia la variabilidad natural asociada al origen y manejo postcosecha.

Para la mermelada, el CFT obtenido es 21.2 ± 8.5 mg GAE/100g, este producto no cuenta con valores de referencia específicos. Sin embargo, al compararlo con otro estudio de fruta con características similares, se observa una tendencia coherente. İnce et al., (2018) reportaron para mermelada de ciruela un valor de 33.14 mg GAE/100g y resaltaron que el método de cocción tradicional favorece pérdidas importantes de CFT, lo cual se alinea con lo encontrado en este trabajo.

Por último, el helado formulado con pulpa de jobo presentó un CFT de 20.5 ± 8.2 mg GAE/100g. Aunque este producto no recibe un tratamiento térmico tan intenso como la mermelada, la mezcla con otros ingredientes y la aireación pueden disminuir la fracción de fenoles libres disponibles para ser cuantificados. Los valores obtenidos son comparables con los reportados por Melo et al., (2021) en sorbetes elaborados con Umbu (*Spondias tuberosa*) y Mangaba (*Hancornia speciosa*), cuyas formulaciones presentaron concentraciones entre 13.61 y 27.21 mg GAE/100g dependiendo del tipo de fruta utilizada.

8.8 ANÁLISIS DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las placas para DPPH y ABTS de la pulpa, mermelada y helado de jobo.

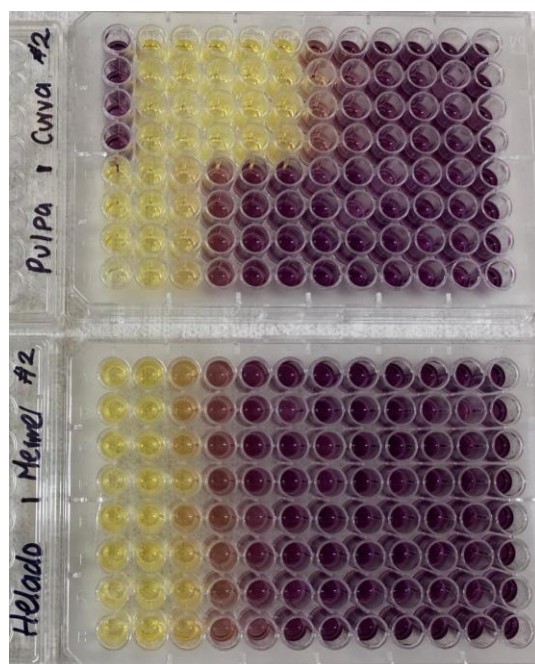


Figura 39. Placa de DPPH para la pulpa, mermelada y helado de jobo.

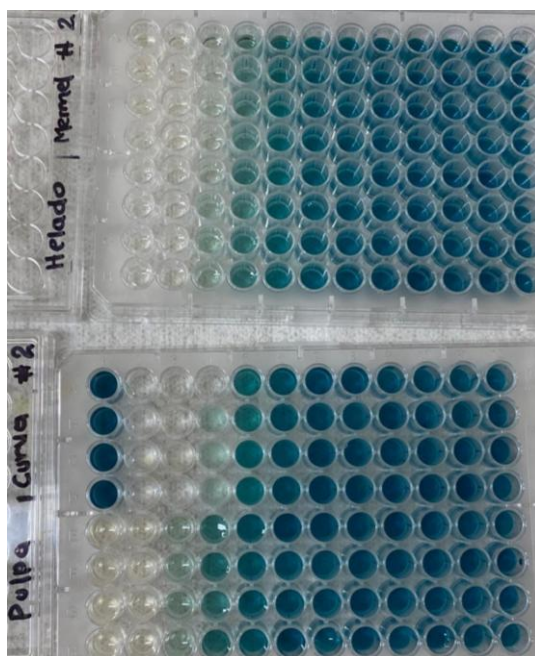


Figura 40. Placa de ABTS para la pulpa, mermelada y helado de jobo.

Luego, se graficó la comparación de la capacidad antioxidante por el método DPPH y ABTS para los tres productos derivados de *S. mombin*.

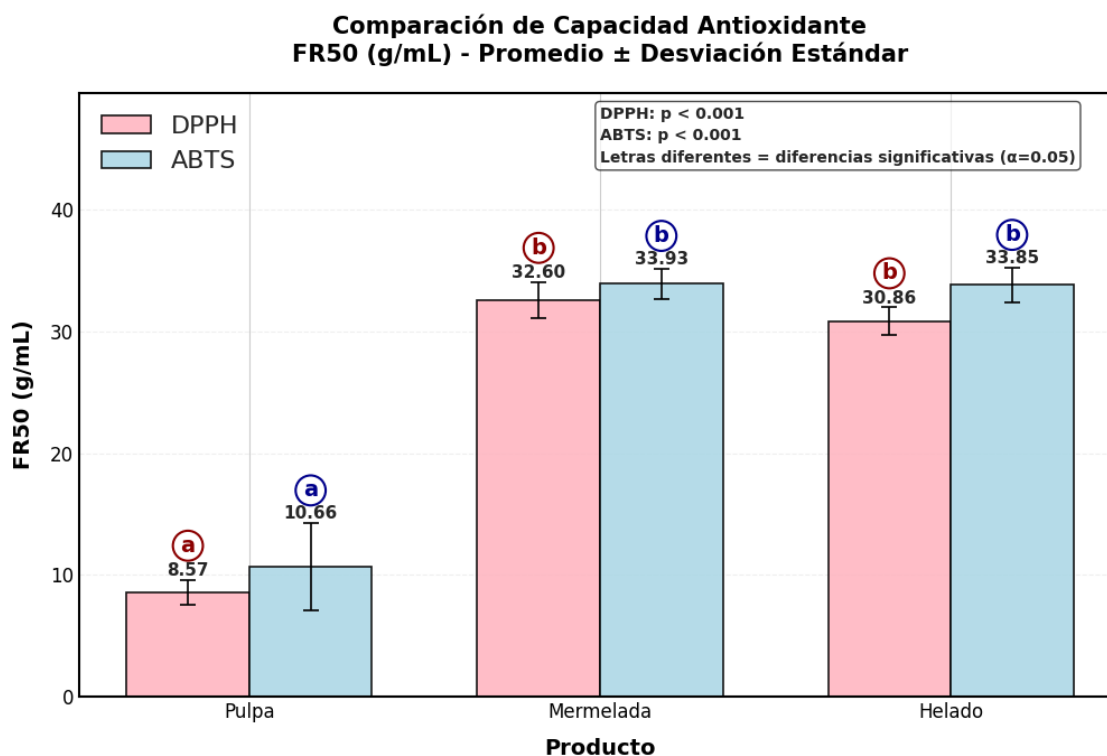


Figura 41. Comparación de capacidad antioxidante por el método DPPH y ABTS expresados en FRS50(g/mL) para los tres productos.

*Los resultados corresponden a la media $\pm$ SE.

**Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

El comportamiento observado en la capacidad antioxidante medida por FRS50 muestra diferencias claras entre la pulpa fresca y los productos procesados. En ambos métodos DPPH y ABTS, la pulpa de jobo presentó los valores más bajos de FRS50, lo que indica que se requiere menor concentración de muestra para inhibir el 50% del radical libre. Este resultado es coherente con la concentración más elevada de compuestos fenólicos en la pulpa, dado que la actividad antioxidante está estrechamente relacionada con la presencia de metabolitos bioactivos como polifenoles, taninos, carotenoides y vitaminas (Freitas et al., 2024).

En contraste, la mermelada y el helado no presentan diferencias significativas entre sí; sin embargo, ambos difirieron significativamente de la pulpa en los valores de FRS50. En el caso de la mermelada, el tratamiento térmico prolongado genera degradación oxidativa y térmica de

moléculas antioxidantes sensibles. Por otro lado, en el helado, aunque no hay exposición intensa al calor, la dilución de la pulpa disminuye la concentración efectiva de antioxidantes y la aireación durante el batido puede favorecer reacciones de oxidación. Esto no significa que el consumo de estos productos no pueda ejercer un efecto positivo, de acuerdo con Sadowska-Bartosz & Bartosz, (2022) estos cambios durante la cocción se pueden explicar considerando factores como la degradación de antioxidantes endógenos por un lado y, por otro, el aumento de la extractabilidad debido al ablandamiento de la matriz y la desnaturalización, así como la conversión de algunos componentes de los alimentos en más especies químicas antioxidantes (como la formación de productos de la reacción de Maillard), provocando que ciertos compuestos se vuelvan más disponibles, mejorando su absorción en el tracto intestinal.

Aunque se observó el mismo patrón estadístico (ANOVA), el ABTS arrojó valores ligeramente mayores que el DPPH en todos los productos, lo cual se debe a las diferencias en la reacción de cada radical, ya que el ABTS permite la estimación de antioxidantes tanto hidrófilos como lipófilos, mientras que, el DPPH está muy influenciado por la luz, el oxígeno del aire, el pH y el tipo de solvente, por ende, es más selectivo hacia antioxidantes de naturaleza lipofílica (Sadowska-Bartosz & Bartosz, 2022).

Una objeción a las bases de datos de capacidad antioxidante de alimentos era que la mayoría solo incluían información sobre el consumo de alimentos crudos, mientras que se sabe que las propiedades nutricionales y la actividad biológica se ven significativamente influenciadas por el procesamiento de los alimentos (Tanemura et al., 2020). Por esta razón, cabe resaltar que, hasta donde alcanza la literatura consultada, no existen estudios previos que describen la capacidad antioxidante de mermeladas o helados elaborados específicamente con *Spondias mombin*, por lo que los resultados obtenidos en este estudio constituyen un primer aporte en la caracterización de estos productos y sirven como referencia para futuras investigaciones.

8.9 ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA PULPA LIOFILIZADA

La pulpa de jobo liofilizada se analizó mediante GC-MS (Shimadzu QP2010 Ultra, columna HP5-MS, helio 3 mL/min, rango 35-500 m/z). El cromatograma de la Figura 42 reveló picos de

diferentes compuestos, de los cuales se consideraron los picos más representativos en porcentajes relativos a comparación de los otros componentes, que se distribuyen por área: pico 12 β -sitosterol (26.66%), pico 3 ácido palmítico (16.33%), pico 11 vitamina E (13.78%), pico 5 ácido oleico (12.43%) y pico 6 ácido esteárico (8.42%). Este perfil confirma una matriz rica en fitoesteros y ácidos grasos, característica de materiales vegetales con potencial bioactivo y funcional (Ribeiro et al., 2009). Por lo cual, la presencia de estos compuestos podría contribuir a una mayor estabilidad frente a la oxidación lipídica durante el procesamiento y almacenamiento de productos derivados, respaldando así su aprovechamiento como ingrediente natural en el desarrollo de productos alimentarios de mayor valor agregado.

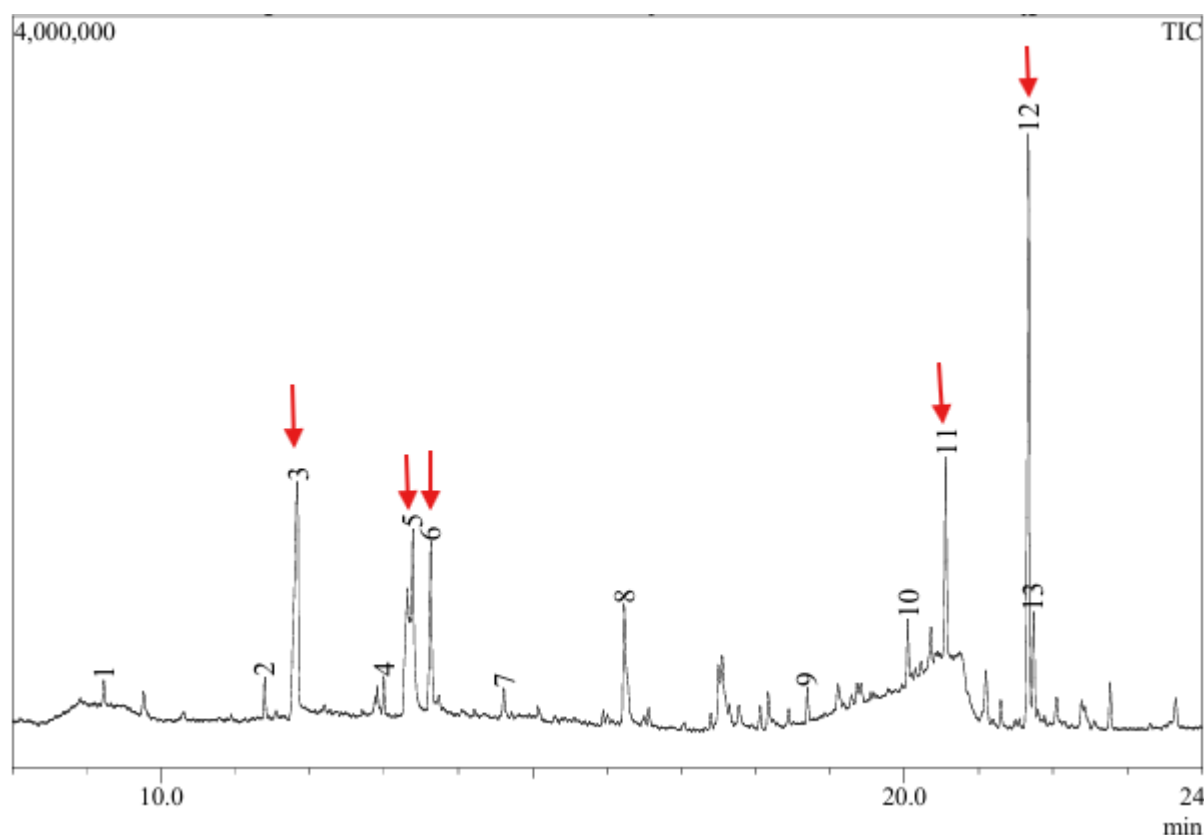


Figura 42. Cromatograma de pulpa de jobo liofilizada.

El pico 3 se muestra en la Figura 43 con un porcentaje relativo de 16.33 % y representa al ácido palmítico o ácido hexadecanoico, valor superior al reportado en hojas de *S. mombin* (2.37%) (Nwankwo et al., 2025), es un ácido graso saturado de cadena larga con estructura de 16 carbonos se presenta en forma de ésteres (glicéridos), es un componente de diversas plantas, tejidos y aceites esenciales de diversas especies vegetales, se encuentra de forma natural en el aceite de palma y el

aceite de palmiste, así como en la mantequilla, el queso, la leche y la carne (Reyes-Luengas et al., 2015).

La Figura 44 representa el pico 6 con 8.42 % de presencia en el cromatograma, y hace referencia al ácido esteárico o ácido octadecanoico, frente a 2.53% descrito en hojas de esta misma especie (Nwankwo et al., 2025), es un ácido graso saturado de cadena larga con una cadena principal de 18 carbonos, componente de muchos lípidos animales y vegetales. Además de su uso en la dieta, es un sólido ceroso y es un componente principal de la manteca de cacao y la manteca de karité (Alves, 2024).

Sumando estos dos ácidos forman el 25% del perfil, lo que representa la fracción de los ácidos grasos en la pulpa liofilizada. Al comparar nuestros resultados con estudios previos en *Spondias mombin* donde se ha utilizado el mismo método de GC-MS, se evidencian diferencias significativas en el contenido de ácido palmítico según el órgano vegetal y el tipo de extracto. Mientras que en nuestro análisis de pulpa liofilizada este compuesto representó el 16.33% del perfil lipídico, en el extracto de hojas estudiado por Nwankwo et al., (2025), alcanzó solo un 2.37%, y en el aceite esencial y hojas analizado por Ampadu et al., (2022) se registró un 8.14%. En el caso del ácido esteárico el mismo estudio de Nwankwo et al., (2025) obtuvo un 2.53% en este compuesto, valor menor al obtenido de 8.42%. Estas variaciones resaltan la especificidad de la pulpa como matriz rica en lípidos, lo que la posiciona como una fuente concentrada de este ácido graso.

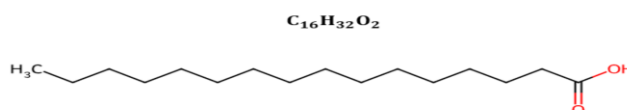


Figura 43. Hexadecanoic acid (Ácido palmítico).

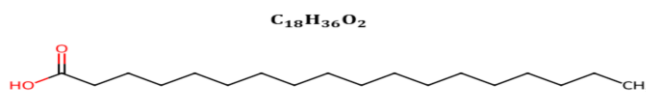


Figura 44. Octadecanoic acid (Ácido esteárico).

La Figura 45 muestra el ácido oleico, identificado en el pico 5 con un 12.43% de área relativa. Estudios en el género *Spondias* han evidenciado variaciones en la concentración de este ácido graso según el órgano vegetal analizado, con valores considerablemente bajos en tejidos distintos al fruto. Por ejemplo, Nwankwo et al. 2025 reportaron un contenido de apenas 0.18% en hojas de *Spondias mombin*, lo que contrasta con el valor obtenido en la pulpa en este estudio, reforzando al fruto como un reservorio importante de compuestos lipídicos.

El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado omega-9, ampliamente distribuido en la naturaleza y predominante en diversos aceites vegetales, como el de oliva y almendra, donde puede representar hasta el 80% de su composición. Se encuentra principalmente en forma de glicéridos y también está presente en diferentes matrices vegetales y frutales (Kirkwood et al., 2023).

De manera complementaria, estudios en otras especies del género *Spondias*, como *Spondias purpurea*, han evidenciado la presencia de compuestos lipídicos y bioactivos en matrices como la semilla, utilizada para la obtención de harina funcional (Abreu et al., 2021). Aunque se trata de una especie y matriz diferentes, estos resultados respaldan la capacidad del género para acumular compuestos de interés nutricional y funcional, lo que concuerda con el perfil lipídico identificado en la pulpa de *S. mombin*. su potencial como fuente natural de compuestos lipídicos de interés nutricional y funcional.

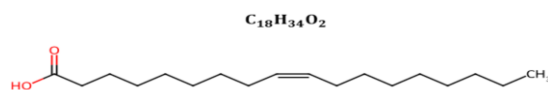


Figura 45. Octadec-9-enoic acid (Ácido oleico).

El pico 11 representa el α -Tocoferol (Vitamina E), con un 13.78% de porcentaje relativo. En 1922, se demostró que la vitamina E es un nutriente esencial. El término “vitamina E” describe ocho tocoferoles y tocotrienoles liposolubles diferentes, siendo el alfa-tocoferol el de mayor conductividad biológica, esta actúa como antioxidante, protegiendo las membranas celulares del daño oxidativo. Dado su papel como antioxidante liposoluble, esta proporción, superior a la reportada en frutos lipídicos como el aguacate (<2%) (Dreher & Davenport, 2013), sugiere una posible contribución a la estabilidad oxidativa de los productos derivados. El compuesto de vitamina E es un antioxidante liposoluble natural con potencial quimiopreventivo. También conocido como tocoferol, que reduce el daño causado por los radicales libres a las membranas biológicas, protegiendo los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en los fosfolípidos de la membrana y en las lipoproteínas circulantes (Okebukola et al., 2020). Su concentración es notablemente superior a la reportada para frutos relacionados. Por ejemplo, en el aguacate (*Persea americana*), un fruto reconocido por su riqueza lipídica, el contenido de tocoferol representa menos del 2% del perfil de tocoferoles y su concentración total es 2 mg/100g de pulpa (Dreher & Davenport, 2013). En contraste con la alta proporción relativa en el jobo sugiere un contenido elevado de este nutriente esencial, la presencia de este compuesto en *S. mombin* podría explicar la relatividad y vida útil atribuida empíricamente a sus productos procesados.

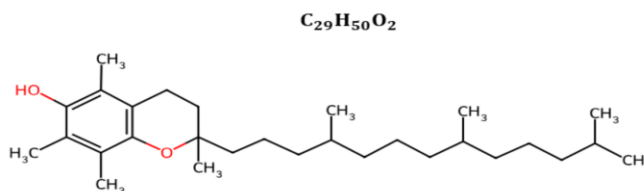


Figura 446. Vitamina E (α -Tocoferol).

El pico 12 β -sitosterol es un fitoesterol ubicuo en el reino vegetal, por su concentración relativa más alta en la pulpa de jobo 26.66%, la distingue de otros frutos de la misma familia. En estudios de *Spondias purpurea* (ciruela mexicana), los perfiles lipídicos reportar contenidos de fitoesteroles que raramente superan el 15% del extracto lipídico total, estando dominados más frecuentemente por ácidos grasos (Ramos De La Peña et al., 2019). Esta abundancia podría ser una característica

química o taxonómica de *S. mombin*, posiblemente relacionada con estrategias de defensa o adaptaciones a su entorno de crecimiento.

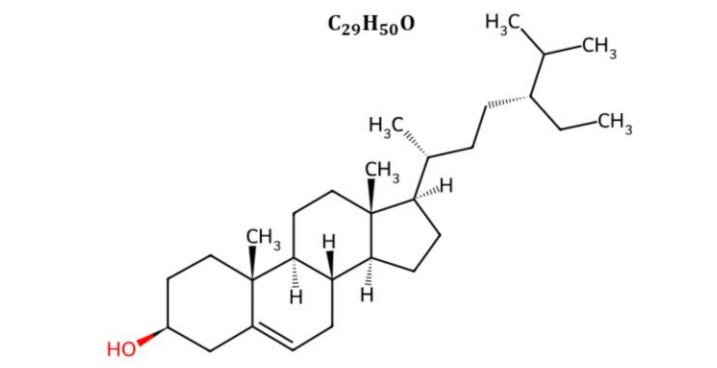


Figura 47. β -Sitosterol.

En conclusión, la pulpa de jobo liofilizada presenta diferentes compuestos volátiles en este análisis tentativo, que refleja una composición bioquímica al ser comparado con otros miembros de la familia *Anacardiaceae* y frutos tropicales similares, *S. mombin* se destaca por su excepcional contenido relativo de antioxidantes naturales (α -Tocoferol y β -Sitosterol). Esta combinación sugiere una actividad oxidativa intrínseca, lo que genera una mayor resistencia a la rancidez con implicaciones durante el procesamiento y conservación. Esto podría permitir reducir o incluso eliminar el uso de antioxidantes sintéticos en productos derivados. Los extractos de jobo podrían utilizarse como aditivos funcionales en alimentos fortificados, bebidas saludables o incluso en matrices cosméticas, donde estos compuestos aportarían propiedades estabilizantes y bioactivas. Los resultados en general no solo caracterizan químicamente al jobo, sino que también proporcionan argumentos técnicos sólidos para considerarlo una materia prima prometedora para la industria de alimentos funcionales y nutraceuticos, con atributos de conservación y valor agregado que justifican un mayor requerimiento de investigación aplicada y desarrollo tecnológico.

9. CONCLUSIONES

El desarrollo y la caracterización de productos derivados de la pulpa de jobo permitieron comprender de manera integral cómo los procesos de transformación influyen en sus propiedades

fisicoquímicas y en su capacidad antioxidante. Los resultados obtenidos demuestran que, aunque el jobo es un fruto altamente perecedero, es posible aprovecharlo de manera eficiente mediante técnicas adecuadas de procesamiento que preserven sus compuestos bioactivos. La liofilización demostró ser un método eficaz para preservar estos componentes termolábiles.

La pulpa fresca presentó una marcada acidez natural ($\text{pH } 2.93 \pm 0.01$; acidez titulable 1.033 ± 0.009 %), un contenido elevado de humedad (73.40 ± 0.24 g/100 g) y un índice de madurez de 12.64 ± 0.14 , lo que indica un estado avanzado de maduración y un perfil favorable para su procesamiento. Asimismo, mostró el mayor contenido de compuestos fenólicos totales (170.5 ± 12.7 mg GAE/100 g), significativamente superior ($p < 0.001$) al observado en la mermelada y el helado, lo que se reflejó en una mayor capacidad antioxidante, evidenciada por los valores más bajos de FRS50 tanto en DPPH como en ABTS.

El procesamiento térmico aplicado en la mermelada generó cambios fisicoquímicos significativos, destacándose el incremento marcado de sólidos solubles totales (61.18 ± 0.19 °Brix), la reducción de la acidez (0.743 ± 0.004 %) y una disminución significativa de los compuestos fenólicos totales (21.2 ± 8.5 mg GAE/100 g), lo que representa una pérdida cercana al 87.6 % respecto a la pulpa fresca.

Por su parte, el helado de jobo presentó un pH significativamente mayor (3.05 ± 0.003) y la menor acidez titulable (0.527 ± 0.004 %), como consecuencia de la dilución de la pulpa y la incorporación de otros ingredientes. Aunque su contenido de compuestos fenólicos totales (20.5 ± 8.2 mg GAE/100 g) no difirió significativamente del de la mermelada, ambos productos mostraron una disminución significativa de la capacidad antioxidante frente a la pulpa. No obstante, el helado exhibió parámetros tecnológicos adecuados, con una densidad de 1.02 ± 0.01 g/mL, un overrun del 23.11 ± 2.27 % y un tiempo de caída de la primera gota de 27.79 min, evidenciando una estabilidad física favorable para un producto frutal artesanal.

Este trabajo aporta evidencia científica sobre el comportamiento del jobo frente a diferentes operaciones unitarias y respalda su valorización como una fruta nativa con alto potencial para el desarrollo de productos funcionales. De esta manera, se contribuye al conocimiento de especies

subutilizadas y se ofrecen bases técnicas que pueden favorecer su incorporación en nuevas alternativas alimentarias.

10. RECOMENDACIONES

- Profundizar en el estudio del efecto de los diferentes procesos de transformación aplicados a la pulpa de jobo, analizando cómo estos influyen en sus características fisicoquímicas y en la eficiencia de su obtención.
- Evaluar el comportamiento sensorial y la vida útil de los productos derivados de la pulpa de jobo durante su almacenamiento, con el fin de determinar su estabilidad y aceptación a lo largo del tiempo.
- Estimar la escalabilidad del proceso y la viabilidad económica de su implementación, considerando el rendimiento de extracción y la estabilidad de los compuestos objetivo en el producto final.

11. REFERENCIAS

- Abreu, D. J. M., de Moraes, I. A., Asquieri, E. R., & Damiani, C. (2021). Red mombin (*Spondias purpurea* L.) seed flour as a functional component in chocolate brownies. *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 612–620. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04574-4>
- Adepoju, O., & Karim, A. (2021). *Nutrient composition. Anti-nutritional factors and jam preparation from spondias mombin (hog plum. (iyeyb)) fruit pulp*. Nigerian Journal of Nutritional Sciences, 21, 20 - 25
- Adler, G. H., & Kielpinski, K. A. (2000). Reproductive Phenology of a Tropical Canopy Tree, *Spondias mombin* L. *Biotropica*, 32(4a), 686–692. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7429.2000.TB00516.X>
- Aguilar Vásquez, G., Báez González, J. G., Gallardo Rivera, C. T., García Alanís, K. G., Farías Akinlolu-Ojo, T., Nwanna, E. E., & Badejo, A. A. (2022). *Physicochemical constituents and anti-oxidative properties of ripening hog plum (Spondias Mombin) fruits and the quality attributes of jam produced from the fruits*. Measurement: Food, 7, 100037. <https://doi.org/10.1016/J.MEAFOO.2022.100037>

- Alves, M. D. S. (2024). *Análise das propriedades estruturais, eletrônicas e ópticas dos cristais dos principais ácidos graxos da manteiga de cacau (palmítico, estearico, oleico e linoleico) calculadas usando a teoria do funcional da densidade* [Tesis de pregrado/maestría, Universidade Federal do Ceará]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/80080>
- Amir M. Mortazavian, Najme Kheynoor, Zahra Pilevar, Zhaleh Sheidaei, Samira Beikzadeh, Fardin Javanmardi (2020). *Rheological Characteristics and Methodology of Ice Cream: A Review*. Current Nutrition & Food Science; Volume 16. 2020. doi: 10.2174/1573401315666190904140516
- Ampadu, G. A. A., Mensah, J. O., Darko, G., & Borquaye, L. S. (2022). Essential oils from the fruits and leaves of *Spondias mombin* Linn.: Chemical composition, biological activity, and molecular docking study. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 28(3), 215–230. <https://doi.org/10.1080/10496475.2022.2037211>
- Anchivilca Valentin, S. D. (2019). *Formulación y caracterización de helados tipo sorbete a base de pulpa de tamarindo (Tamarindus indica L.) enriquecido con ácido ascórbico* [Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15391>
- Aniceto, A., Montenegro, J., Cadena, R. da S., & Teodoro, A. J. (2021). *Physicochemical Characterization, Antioxidant Capacity, and Sensory Properties of Murici (Byrsonima crassifolia (L.) Kunth) and Taperebá (Spondias mombin L.) Beverages*. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 332, 26(2), 332. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26020332>
- Arrázola Paternina, G., Villalba Cadavid, M., & Rodríguez Negrette, A. C. (2021). *Pigmentos y antioxidantes de origen vegetal*. Fondo Editorial Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b4580717-429f-4d44-a19a-f0a1dea07225/content>
- Awolu, O. O., Okedele, G. O., Ojewumi, M. E., & Oseyemi, F. G. (2018). Functional Jam Production from Blends of Banana, Pineapple and Watermelon Pulp. *International Journal of Food Science and Biotechnology* 2018, Volume 3, Page 7, 3(1), 7–14. <https://doi.org/10.11648/J.IJFSB.20180301.12>

- Ayoka, A. O., Akomolafe, R. O., Akinsomisoye, O. S., & Ukponmwan, O. E. (2008). *Medicinal and economic value of Spondias mombin*. African Journal of Biomedical Research, 11(2), 129–136. <https://doi.org/10.4314/AJBR.V11I2.50714>
- Banguero, L. M. C., & Navas, J. S. R. (2021). *Capacidad antioxidante en helados y derivados lácteos*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 8(1), 23-41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739319>
- Basu, S., & Shivhare, U. S. (2010). *Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam*. Journal of Food Engineering, 100(2), 357-365. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.022>
- Byers, D. S. (1969). *The Prehistory of the Tehuacan Valley*. In D. S. Byers (Ed.), University of Texas Press, Ltd (Vol. 1). Robert S. Peabody Foundation. https://www.academia.edu/36910072/The_Prehistory_of_the_Tehuacan_Valley_Vol_1_Mac_Neish_Byers_y_otros
- Brandão, T. M., Carvalho, E. E. N., Lima, J. P., Carmo, E. L., Elias, H. H. S., Martins, G. A. S., & Borges, S. V. (2021). *Effects of thermal process in bioactive compounds of mixed Brazilian cerrado fruit jam*. Food Science and Technology (Campinas), 41(Suppl. 2), 439-446. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.28020>
- Campaña Acosta, J. M., & Vaca Ayala, D. G. (2017). Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa dedicada a la producción y comercialización de derivados del ovo: helados, mermelada y licor en la provincia de Imbabura [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6354>
- Cavalcante, P. B. (2010). *Frutas comestíveis da Amazônia* (R. de S. Secco, Ed.; 7th ed.). Museu Paraense Emílio Goeldi. <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/2542>
- Chavarrías, M. (2010). *Liofilización para una mejor conservación*. Recuperado de <https://www.consumer.es>
- Coelho, R. R. P., Câmara, A. P. C., Araújo, L. de F., Matos, J. D. P. de, & Coelho, T. J. da S. (2020). *Elaboração e Avaliação Sensorial de Sorvete de Cajá-Manga / Preparation and Sensorial Evaluation of Cajá-manga Ice Cream*. Brazilian Journal of Development, 6(4), 20002–20011. <https://doi.org/10.34117/BJDV6N4-246>
- Creus, E. G. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 80-84. https://www.academia.edu/download/35101196/Compuestos_fenolicos.pdf

- de Almeida Sampaio, S., Bora, P. S., & Holschuh, H. J. (2008). *Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil—ciriguela (Spondias mombin L.)*. *Revista Ceres*, 55(2), 141-145.
- de Carvalho, J. M., Maia, G. A., da Fonseca, A. V. V., de Sousa, P. H. M., & Rodrigues, S. (2015). *Effect of processing on physicochemical composition, bioactive compounds and enzymatic activity of yellow mombin (Spondias mombin L.) tropical juice*. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1182–1187. <https://doi.org/10.1007/S13197-013-1100-1/TABLES/1>
- de Freitas, J. S., Novo, A. de A., Kunigami, C. N., Moreira, D. de L., Freitas, S. P., da Matta, V. M., Jung, E. P., & Ribeiro, L. de O. (2024). *Spondias tuberosa and Spondias mombin: Nutritional Composition, Bioactive Compounds, Biological Activity and Technological Applications*. *Resources* 2024, Vol. 13, Page 68, 13(5), 68. <https://doi.org/10.3390/RESOURCES13050068>
- de Moura Neto, L. G., Rocha, É. M. D. F. F., Afonso, M. R. A., Rodrigues, S., & Da Costa, J. M. C. (2015). *Physicochemical and sensory evaluation of yellow mombin (Spondias mombin L.) atomized powder*. *Revista Caatinga*, 28(4), 244–252. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015V28N427RC>
- de Oliveira Júnior, S. D., de Araújo, J. S., de Asevedo, E. A., de Medeiros, F. G. M., dos Santos, V. S., de Sousa Júnior, F. C., de Araújo, N. K., & dos Santos, E. S. (2024). *Exploiting films based on pectin extracted from yellow mombin (Spondias mombin L.) peel for active food packaging*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(3), 1565–1579. <https://doi.org/10.1007/S13399-021-01321-3/FIGURES/8>
- de Paula, Clara & dos Santos, Karina & Oliveira, Leandro & Oliveira, Jacqueline & Buriti, Flávia & Saad, Susana. (2020). *Fat substitution by inulin in goat milk ice cream produced with cajá (Spondias mombin) pulp and probiotic cultures: influence on composition, texture, and acceptability among consumers of two Brazilian regions*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 140. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i2.2074>
- Duke, J. A. (2008). *Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America*. *Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America*, 1–901. <https://doi.org/10.1201/9781420043174/DUKE-HANDBOOK-MEDICINAL-PLANTS-LATIN-AMERICA-JAMES-DUKE>

- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Enriquez-Valencia, S., Salazar-López, N., Robles-Sanchez, M., González-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J., & Lopez-Martinez, L. (2020). *Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 205–214. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>
- Filgueiras, H.A., Alves, R.E., Oliveira, A.C., Farley, C., Moura, H., & Araújo, N.C. (2001). *Calidad de frutas nativas de latinoamerica para industria: jobo (Spondias mombin L.)*. In *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* (Vol. 43, No. 1, pp. 68-71)
- Francis, John K. (1992). *Spondias mombin L. Hogplum*. SO-ITF-SM-51. New Orleans, Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, USA.
- García, I. M., Reyes, H. P., Echeverry, A. A., & Rodriguez, J. A. (2016). *Comparación cuantitativa de la actividad antioxidante en tomate chonto y ahuyama por los métodos ABTS, DPPH y voltamperometría cíclica/quantitative comparison of antioxidant activity in chonto tomate and pumpkin by ABTS, DPPH and cyclic voltammetry methods.. Vitae*, 23, S576. <https://search.proquest.com/openview/c334e208edde6549c1084ceb512ae09b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>
- Goff, H. D., Hartel, R. W., & Rankin, S. A. (2025). Ice cream structure. *Ice cream* (8th ed., pp. 297–343). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-77872-8_9
- Gonçalves, N. M., Ferreira, I. M., Silva, A. M. O. e, & Carvalho, M. G. de. (2018). *Iogurte com geleia de cajá (spondias mombin l.) adicionado de probióticos: avaliação microbiológica e aceitação sensorial*. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(1), 54–63. <https://doi.org/10.5935/RBHSA.V12I1.428>
- Gondim P.J., Silva S.M., Pereira W.E., Dantas A.L., Chaves N.J.R., & Santos L.F.D. (2013). *Calidad del fruto de accesiones de umbu-cajazeira (Spondias sp.)*. *Revista Brasileira de Ingeniería Agrícola y Ambiental*, 17, 1217-1221
- Grenand, P., Moretti, C., Jacquemin, H., & Prévost, M.-F. (2004). *Pharmacopées traditionnelles en Guyane*. In *Pharmacopées traditionnelles en Guyane*. IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/BOOKS.IRDEDITIONS.11700>

- Gyamfi, M. A., Yonamine, M., & Aniya, Y. (1999). *Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries*. *General Pharmacology: The Vascular System*, 32(6), 661–667. [https://doi.org/10.1016/S0306-3623\(98\)00238-9](https://doi.org/10.1016/S0306-3623(98)00238-9)
- Hernández Morales, G. E. (2022). *Caracterización fisicoquímica y alternativas de aprovechamiento agroindustrial del jobo (Spondias mombin) en la región Huasteca del estado de Veracruz*. [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/d2fc0dd3-448a-4894-9f9a-a33a21d26131/content>
- Hobo - Spondias Mombin - Campus EAFIT - Árboles - Universidad Parque - Universidad EAFIT. (s.f). Retrieved November 18, 2024, from <https://www.eafit.edu.co/institucional/campus-eafit/universidad-parque/arboles/Paginas/hobo.aspx>
- İnce, C., Kart, D., Benzer Gürel, D., & Çağındı, Ö. (2018, noviembre). *Determination of some quality properties with phenolic and anthocyanin content of plum jam obtained using different processing methods*. En II. International University-Industry Cooperation, R&D and Innovation Congress.
- Janzen, D. H. (1985). *Spondias mombin is culturally deprived in megafauna-free forest*. *Journal of Tropical Ecology*, 1(2), 131–155. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000195>
- Kirkwood, A., Fisk, I., Ayed, C., Xu, Y., & Yang, N. (2023). A flavour perspective of *Tiepishihu (Dendrobium officinale)*: An emerging food ingredient from popular traditional Chinese medicinal plants: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(10), 4921–4930. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16608>
- Kono, S., Kon, M., Araki, T., & Sagara, Y. (2017). *Effects of relationships among freezing rate, ice crystal size and color on surface color of frozen salmon fillet*. *Journal of Food Engineering*, 214, 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.023>
- Lema F.P., Pérez O.M.A., Martínez D.M.T., & Navarro G.H. (2017). *Importancia y caracterización de frutales criollos en dos comunidades de Tuxpan, Veracruz*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 306-313.
- López, A., & Di Sarli, A. R. (2016). *El modelo CIELAB, las fórmulas de diferencia de color y el uso de la norma europea EN 12878 en morteros y hormigones coloreados*. *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, (6), 41-53

- López-Camacho, P. Y., Martínez-Espinosa, J. C., Basurto-Islas, G., Torres-Zarraga, A., Márquez-Villa, J. M., Macías-Alonso, M., & Marrero, J. G. (2021). *Spondias mombin Seed Oil Compounds Identification by Raman Spectroscopy and NMR*. Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 2886, 11(6), 2886. <https://doi.org/10.3390/APP11062886>
- Lorenzi, H., Bacher, L., Lacerda, M., & Sartori, S. (2006). *Brazilian Fruits and Cultivated Exotics (for consuming in natura)*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. <https://www.nhbs.com/brazilian-fruits-and-cultivated-exotics-book>
- Maldonado-Astudillo, Y. I., Alia-Tejacal, I., Núñez-Colín, C. A., Jiménez-Hernández, J., Pelayo-Zaldívar, C., López-Martínez, V., Andrade-Rodríguez, M., Bautista-Baños, S., & Valle-Guadarrama, S. (2014). *Postharvest physiology and technology of Spondias purpurea L. and S. mombin L.* Scientia Horticulturae, 174(1), 193–206. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.05.016>
- Manayay Sánchez, D., Castillo Martínez, W., & Palacios Ambrocio, L. (2015). *Estudio del comportamiento reológico de la pulpa simple y concentrada de mango (Mangífera indica L) variedad Haden, en el procesamiento térmico de pasteurización a diferentes temperaturas*. Revista De Investigaciones De La Universidad Le Cordon Bleu, 2(1), 5–16. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2015v2n1.001>
- Mattietto, R. A., & Matta, V. M. (2011). *Cajá (Spondias mombin L.)*. In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 330-353e). Woodhead Publishing.
- Melo, A., Inês, M., Maciel, S., Lúcia, V., Galvão De Lima, A., Josefa Do Nascimento, R., & Melo, E. A. (2008). Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44(2), 193–201. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>
- Melo, C. dos S., Ferreira, I. M., Silva, A. M. O. e., & Carvalho, M. G. de. (2021). *Sorvete de umbu e mangaba com propriedade funcional: processamento e caracterização*. Segurança Alimentar E Nutricional, 28(00), e021028. <https://doi.org/10.20396/san.v28i00.8660077>
- Mercado Montiel, V. S., & Carett Velásquez, G. J. (2018). *Caracterización de las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la pulpa obtenida de jobo (Spondias mombin L.) de dos zonas del departamento de Córdoba*[Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/1033>

- Mendoza, J. (2007). *Elaboración de mermeladas. Alimentación y Cocina*, pág, 3-24. <https://www.academia.edu/download/36202448/elaboracion-mermeladas-14978.pdf>
- Morton, J. F. (1981). *Atlas of medicinal plants of Middle America: Bahamas to Yucatan* (Vol. 2). Charles C Thomas. <https://mys1cloud.com/cct/ebooks/9780398089696.pdf>
- Mosquera, R. S., Marcela, L., Chaverra, M., Asprilla, J. A., & Mosquera, M. (2018). Elaboración de una bebida alcohólica fermentada a base de frutos de hobo (*Spondias mombin* L.) como alternativa productiva en comunidades negras del Chocó, Colombia. *Revista Bioetnia*, 15(1), 81–88. <https://doi.org/10.51641/BIOETNIA.V15I1.198>
- M. Pereira, D., Valentao, P., Correia-da-Silva, G., Teixeira, N., & B. Andrade, P. (2012). Plant secondary metabolites in cancer chemotherapy: where are we?. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13(5), 632-650. <https://www.benthamdirect.com/content/journals/cpb/10.2174/138920112799857530>
- Narra, F., Piragine, E., Benedetti, G., Ceccanti, C., Florio, M., Spezzini, J., Troisi, F., Giovannoni, R., Martelli, A., & Guidi, L. (2024). *Impact of thermal processing on polyphenols, carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *23*(6). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13426>
- Navarro Monterroza, F. (2003). *Revisión general de los aspectos botánicos y productivos de Spondias mombin (Jobo)*. Universidad de Sucre. <https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/828>
- Nascimento, A. L. A. A., Brandi, I. V., Durães, C. A. F., Lima, J. P., Soares, S. B., & Mesquita, B. M. A. C. (2020). Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019296. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.29619>
- Norma Técnica Colombiana (NTC) 1239 del 2002. *Requisitos para helados y mezclas para helados*.
- Nwankwo, N. E., Ezenabor, E. H., Abonyi, O. E., & Okolo, B. O. (2025). Antiplasmodial potentials, phytochemicals, and the possible toxic effects of administration of ethyl acetate extract of *Spondias mombin* Linn. *Chemistry & Biodiversity*, 22(4), e202402256. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202402256>

- Ocampo, Diana M, Valverde, Claudia L, Colmenares, Ana J, & Isaza, José H. (2014). Fenoles totales y actividad antioxidante en hojas de dos especies colombianas del género *Meriania* (melastomataceae). *Revista Colombiana de Química*, 43(2), 41-46. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v43n2.53124>
- Okebukola, P. O., Kansra, S., & Barrett, J. (2020). Vitamin E supplementation in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9), CD009422. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009422.pub4>
- Oliveira, F. C. de M., Holanda, T. M. V., de Assis, C. F., Xavier Júnior, F. H., & de Sousa Júnior, F. C. (2024). Flours from *Spondias mombin* and *Spondias tuberosa* seeds: Physicochemical characterization, technological properties, and antioxidant, antibacterial, and antidiabetic activities. *Journal of Food Science*, 89(1), 342–355. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16882>
- Padilla García, G. F. (2024). *Desarrollo de un alimento funcional a partir de la pulpa de jobo (Spondias Mombin L.)* [Mestría en Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca]. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/8197>
- Pereira, C. F. (2018). *Elaboração de bebida fermentada probiótica de suco de cajá (spondias mombin l.) com lactobacillus casei*. <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/1136>
- Pérez-Alonso, N. & Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. *Biotecnología Vegetal*, 11(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/255>
- Pinheiro, I., Oliveira, D. C. D., Resende, O., Ferreira, W. N., Júnior, Cabral, J., & Quequeto, W. D. (2022). *Nutritional properties of yellow mombin (Spondias mombin L.) epicarp flours by conventional drying and lyophilization*.
- Plants of the World Online (POWO). (2024). *Spondias mombin L.* Royal Botanic Gardens, Kew. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:71480-1>
- Prance, G. T., & da Silva, M. F. (1975). *Árvores de Manaus* (INPA, Ed.).
- Ramos-de-la-Peña, A. M., González-Valdez, J., & Aguilar, O. (2019). Protein A chromatography: Challenges and progress in the purification of monoclonal antibodies. *Journal of Separation Science*, 42(9), 1816–1827. <https://doi.org/10.1002/JSSC.201800963>

- Resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección social. *Reglamento técnico sobre requisitos sanitarios para frutas y bebidas con jugo, zumo o pulpa de fruta.*
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.* Free Radical Biology and Medicine, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Reyes-Luengas, A., Salinas-Moreno, Y., Ovando-Cruz, M. E., Arteaga-Garibay, R. I., & Martínez-Peña, M. D. (2015). Análisis de ácidos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con cálices de colores diversos. *Agrociencia*, 49(3), 277–290. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952015000300004&script=sci_arttext
- Riba-Hernández, P., Stoner, K. E., & Lucas, P. W. (2003). *The sugar composition of fruits in the diet of spider monkeys (Ateles geoffroyi) in tropical humid forest in Costa Rica.* Journal of Tropical Ecology, 19(6), 709–716. <https://doi.org/10.1017/S0266467403006102>
- Ribeiro, B., Guedes de Pinho, P., Andrade, P. B., Baptista, P., & Valentão, P. (2009). Fatty acid composition of wild edible mushrooms species: A comparative study. *Microchemical Journal*, 93(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2009.04.005>
- Rodrigues, K. F., & Samuels, G. J. (1999). *Fungal endophytes of Spondias mombin leaves in Brazil.* Journal of Basic Microbiology, 39(2), 131–135. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4028\(199905\)39:2<131::AID-JOBM131>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4028(199905)39:2<131::AID-JOBM131>3.0.CO;2-9)
- Ruiz de Castilla Loo, R. A. (2017). *Producción de helados a nivel industrial.* Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3028>
- Sadowska-Bartos, I., & Bartosz, G. (2022). Evaluation of the antioxidant capacity of food products: Methods, applications and limitations. *Processes*, 10(10), 2031.
- Sanchez, Natalia A. (2024). *Estudio comparativo de metabolitos especializados en Anamú y Naidí extraídos a partir de sistemas NaDES.* Trabajo de grado para optar al título de Química Universidad del Valle Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.
- Ścibisz, I & Mitek, M. (2009). *Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams.* Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 59(1), 45-52

- Sebastián Ramírez-Navas, J. (2014). *Liofilización de alimentos*. <https://www.researchgate.net/publication/259620189>
- Severo, J. B., Almeida, S. S., Narain, N., Souza, R. R., Santana, J. C. C., & Tambourgi, E. B. (2007). *Wine clarification from Spondias mombin L. pulp by hollow fiber membrane system*. *Process Biochemistry*, 42(11), 1516–1520. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2007.08.003>
- Silva, P. B. da, Almeida, F. de A. C., Gomes, J. P., Silva, S. do N., Barroso, A. J. R., Moraes, J. de S., Silva, L. M. de M., Matos, J. D. P. de, Silva, L. P. F. R. da, Melo, B. A. de, & Ramires, C. M. C. (2021). *Production and characterization of lyophilized powder of yellow mombin (Spondias mombin L.) and umbu (Spondias tuberosa)*. *Australian Journal of Crop Science*, 15(05):2021, 669–675. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.05.p2971>
- Smith, N. J. H., Vasquez, R., & Wust, W. H. (2007). *Amazon River Fruits: Flavors for Conservation*. Amazon Conservation Association : Missouri Botanical Garden Press.
- Tiburski, J. H. (2009). *Polpa de cajá (Spondias mombin L.) processada por alta pressão hidrostática*. <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/10947>
- Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., de Oliveira Godoy, R. L., & Pacheco, S. (2011). *Nutritional properties of yellow mombin (Spondias mombin L.) pulp*. *Food Research International*, 44(7), 2326–2331. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.03.037>
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). *Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador*. *Food chemistry*, 111(4), 816-823.
- Vieira Neto, R. D. (2002). *Fruteiras potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas*. (Embrapa Tabuleiros Costeiros: Emdagro, Ed.; 1st ed.). <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00071340.pdf>
- Villarán MC, Cepeda E, Llorens FJ, Ibarz A (1997). *Estudio de la influencia de la temperatura en el comportamiento reológico de mermeladas de albaricoque (Prunus armeniaca), arándano (Vaccinium myrtillus) y escaramujo (Rosa canina) / Influence of temperature on rheological behaviour of jams of apricot (Prunus armeniaca), bilberry (Vaccinium myrtillus) and rose hip (Rosa canina)*. *Food Science and Technology International*. 1997;3(1):13-19. doi:10.1177/108201329700300102

Zarantes, V. M. N. (2020). *La tecnología doble haploide en el mejoramiento genético de frutas exóticas: uchuva, Physalis peruviana L., como estudio de caso. Revista Colombiana de Biotecnología*, 22(1), 2–5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.88590>