

Desarrollo de un producto lácteo tipo helado enriquecido con pulpa de cañafístula (*Cassia fistula*): evaluación de su aporte como agente antioxidante funcional

Development of a dairy-based ice cream enriched with cassia fistula pulp: evaluation of its contribution as a functional antioxidant agent

Desenvolvimento de um produto lácteo tipo sorvete enriquecido com polpa de cassia fistula: avaliação de sua contribuição como agente antioxidante funcional

Clemente Granados-Conde¹ , Mery Hellen Villegas-Durán² , Miladys Torrenegra-Alarcón³ ,
Grace Lozano-Pérez⁴ , Glicerio León-Méndez⁵ , Cristina Isabel De La Parra-Molina⁶ 

Artículo de investigación

Recibido: 11 de enero de 2025

Aceptado: 27 de marzo de 2025

Publicado: 25 de junio de 2025

- 1 Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación Ingeniería, Innovación, Calidad Alimentaria y Salud (INCAS). Cartagena, Colombia.
Email: cgranadosc@unicartagena.edu.co
- 2 Estudiante Ingeniería de Alimentos, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación Ingeniería, Innovación, Calidad Alimentaria y Salud (INCAS). Cartagena, Colombia.
Email: mvillegasd@unicartagena.edu.co
- 3 Centro de Comercio y Servicios, Regional Bolívar, SENA, Grupo de Investigación en Innovación y Biotecnología (GIBEI). Cartagena, Colombia.
Email: mtorrenegraa@sena.edu.co
- 4 Docente de planta Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Bolívar, Colombia.
Email: glozanop@tecnocomfenalco.edu.co
- 5 Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena Bolívar, Colombia.
Email: gleonmi@unicartagena.edu.co
- 6 Especialista en Gerencia de Proyectos, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Bolívar, Colombia.
Email: cdelaparra@tecnocomfenalco.edu.co

RESUMEN

Se desarrolló un helado funcional con incorporación de pulpa de *Cassia fistula* como ingrediente natural con propiedades antioxidantes. El objetivo fue evaluar su aporte fisicoquímico, funcional y sensorial dentro de una matriz láctea congelada. La formulación incluyó leche, crema, estabilizantes y pulpa del fruto en una concentración del 1.5%. Se caracterizó la pulpa en términos de humedad ($40.3 \pm 0.1\%$), grasa ($3.70 \pm 0.4\%$) y cenizas ($3.91 \pm 0.7\%$), indicando un contenido significativo de compuestos minerales. La actividad antioxidante, evaluada mediante los métodos DPPH* y ABTS*, presentó valores de $80.10 \pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ y $30.1 \pm 0.09 \mu\text{g/mL}$, respectivamente, evidenciando la presencia de compuestos fenólicos con capacidad de neutralizar radicales libres. El helado obtuvo un rendimiento volumétrico del 138%, correspondiente a un *overrun* del 38%. En el análisis sensorial, el producto alcanzó un nivel de aceptación igual o superior al 95% para atributos como sabor, olor, color, textura e intención de compra. Los resultados confirman que la adición de pulpa de *Cassia fistula* confirió al producto características funcionales asociadas a su potencial antioxidante, además de una diferenciación organoléptica favorable. Estos hallazgos respaldan el uso de

Cómo Citar (Norma Vancouver): Granados-Conde C, Villegas-Durán MH, Torrenegra-Alarcón M, Lozano-Pérez G, León-Méndez G, De La Parra-Molina CI. Desarrollo de un producto lácteo tipo helado enriquecido con pulpa de cañafístula (*Cassia Fistula*): evaluación de su aporte como agente antioxidante funcional. Orinoquía, 2025;29(1):e-824. <https://doi.org/10.22579/20112629.824>

La Revista Orinoquía es una revista de acceso abierto revisada por pares. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
OPEN ACCESS



matrices alimentarias congeladas como vehículos para la incorporación de ingredientes bioactivos de origen vegetal con posible valor agregado en el desarrollo de alimentos funcionales.

Palabras clave: antioxidantes naturales; *Cassia fistula*; helado funcional; propiedades fisicoquímicas; pulpa vegetal tropical.

ABSTRACT

A functional ice cream was developed by incorporating *Cassia fistula* pulp as a natural ingredient with antioxidant properties. The objective was to evaluate its physicochemical, functional, and sensory contributions within a frozen dairy matrix. The formulation included milk, cream, stabilizers, and fruit pulp at a concentration of 1.5%. The pulp was characterized in terms of moisture ($40.3 \pm 0.1\%$), fat ($3.70 \pm 0.4\%$), and ash ($3.91 \pm 0.7\%$), indicating a significant content of mineral compounds. Antioxidant activity, evaluated using the DPPH• and ABTS•+ methods, yielded values of $80.10 \pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ and $30.1 \pm 0.09 \mu\text{g/mL}$, respectively, confirming the presence of phenolic compounds capable of neutralizing free radicals. The ice cream achieved a volumetric yield of 138%, corresponding to an overrun of 38%. In the sensory evaluation, the product reached an acceptance level equal to or greater than 95% for attributes such as flavor, aroma, color, texture, and purchase intent. The results confirm that the addition of *Cassia fistula* pulp conferred functional characteristics associated with its antioxidant potential, along with favorable organoleptic differentiation. These findings support the use of frozen food matrices as vehicles for the incorporation of plant-based bioactive ingredients with potential added value in the development of functional foods.

Keywords: Natural antioxidants; *Cassia fistula*; Functional ice cream; Physicochemical properties; Tropical plant pulp

RESUMO

Foi desenvolvido um sorvete funcional com incorporação de polpa de *Cassia fistula* como ingrediente natural com propriedades antioxidantes. O objetivo foi avaliar sua contribuição físico-química, funcional e sensorial em uma matriz láctea congelada. A formulação incluiu leite, creme de leite, estabilizantes e polpa da fruta em uma concentração de 1,5%. A polpa foi caracterizada quanto ao teor de umidade ($40,3 \pm 0,1\%$), gordura ($3,70 \pm 0,4\%$) e cinzas ($3,91 \pm 0,7\%$), indicando um conteúdo significativo de compostos minerais. A atividade antioxidante, avaliada pelos métodos DPPH• e ABTS•+, apresentou valores de $80,10 \pm 0,30 \mu\text{g/mL}$ e $30,1 \pm 0,09 \mu\text{g/mL}$, respectivamente, evidenciando a presença de compostos fenólicos com capacidade de neutralizar radicais livres. O sorvete obteve um rendimento volumétrico de 138%, correspondente a um overrun de 38%. Na análise sensorial, o produto

atingiu um nível de aceitação igual ou superior a 95% para atributos como sabor, aroma, cor, textura e intenção de compra. Os resultados confirmam que a adição da polpa de *Cassia fistula* conferiu ao produto características funcionais associadas ao seu potencial antioxidante, além de uma diferenciação organoléptica favorável. Esses achados apoiam o uso de matrizes alimentares congeladas como veículos para a incorporação de ingredientes bioativos de origem vegetal com potencial valor agregado no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Palavras-chave: Antioxidantes naturais; *Cassia fistula*; Sorvete funcional; Propriedades físico-químicas; Polpa vegetal tropical

INTRODUCCIÓN

Cassia fistula Linn, miembro destacado de la familia *Caesalpiniaceae* y conocido comúnmente como *Amulthus* o *laburnum indio*, ha desempeñado un papel significativo en diversas prácticas medicinales tradicionales, donde se ha empleado tanto para la prevención como para el manejo de diversas enfermedades (Montejo-Cuenca *et al.*, 2005; Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas, 2014; Lafourcade-Prada *et al.*, 2014). Esta especie arbórea originaria del sur de Asia y cultivada en distintas partes del mundo, se distingue por sus flores amarillas, racimos colgantes y frutos contenidos en vainas cilíndricas de tono pardo oscuro. La pulpa de estos frutos, de sabor ligeramente dulce y apariencia oscura, alberga una variedad de componentes beneficiosos, incluyendo triterpenos y azúcares (Dawood *et al.*, 2011; Morón *et al.*, 2015; Carles-Barrios y Colmenares 2018; Chagas-Barros *et al.*, 2020; Velaña-Sánchez y Aguayo-Santistevan, 2021; Oyewole *et al.*, 2022).

Por otro lado, la producción lechera, que involucra a aproximadamente 150 millones de hogares a nivel mundial, desempeña un papel crucial en la subsistencia, seguridad alimentaria y nutrición de pequeños agricultores en países en desarrollo (FAO, 2018). La leche, más allá de su valor nutricional, representa una fuente significativa de ingresos

para estos productores, destacándose como una inversión rentable y de rápida rentabilidad (FAO, s.f.; Faye y Konuspayeva, 2012).

Dentro de la categoría de derivados lácteos, según la Norma Técnica Colombiana NTC-1239, el helado es un producto alimenticio higienizado y edulcorado, elaborado a partir de una emulsión de grasas y proteínas, al cual se le incorporan otros ingredientes y aditivos permitidos.

Este producto, clasificado como líquido higienizado para helados, se somete a congelamiento con o sin batido, asegurando su conservación durante el almacenamiento, transporte y consumo final (NTC, 2002).

En el ámbito de los alimentos, el mercado global de helados presenta un crecimiento anual estimado del 2.35% en el periodo de 2022 a 2027. Este producto se erige como el líder del comercio mundial, representando el 2.62% del total entre 2019 y 2020. En el contexto colombiano, el sector de los helados experimenta un dinamismo notorio, con un aumento del 90% en el consumo en los últimos cinco años, según datos de la Cámara de Alimentos de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) (ANDI, 2022; Cevallos 2022; Moreno *et al.*, 2022). Frente a la creciente demanda del mercado lácteo por productos que no solo satisfagan requerimientos nutricionales sino que

también aporten beneficios funcionales para la salud, la industria ha orientado sus esfuerzos hacia la innovación y el desarrollo de nuevas alternativas; en este marco, el presente estudio propone la elaboración de un producto lácteo tipo helado enriquecido con pulpa de *Cassia fistula*, evaluando su potencial como agente antioxidante y su contribución a las tendencias actuales de consumo saludable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y tratamientos preliminares del material vegetal

Los frutos de *Cassia fistula* fueron recolectados manualmente en la ciudad de Cartagena (10°25'25"N, 75°31'31"O), durante el mes de mayo, correspondiente a la temporada de mayor disponibilidad del fruto en la región. Se seleccionaron un total de 60 frutos, considerando como criterios de calidad el color externo característico, la integridad física (ausencia de daños mecánicos o fúngicos), el estado de madurez fisiológica y la homogeneidad en tamaño.

Posteriormente, los frutos fueron sometidos a un proceso de lavado mediante inmersión en agua destilada con hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm durante 10 minutos, con el objetivo de reducir la carga microbiana superficial. Luego, se enjuagaron con abundante agua destilada y se dejaron secar al aire a temperatura ambiente. Una vez secos, los frutos fueron utilizados inmediatamente en los análisis experimentales; aquellos que no fueron empleados de inmediato se almacenaron en refrigeración a 4 °C por un periodo máximo de 48 horas para preservar sus propiedades fisicoquímicas (Morón et al., 2015).

Determinación de características químicas de la pulpa

Se realizó la caracterización química de la pulpa con el propósito de determinar su composición

nutricional mediante los métodos estandarizados por la AOAC. El contenido de proteína se analizó utilizando el método de Kjeldahl, conforme a la norma AOAC 955.04. El contenido de cenizas se determinó mediante incineración directa en mufla, según el método AOAC 924.05. La humedad fue evaluada por el método de secado en estufa a 100 ± 2 °C, de acuerdo con AOAC 925.09. La fibra dietaria total se determinó empleando el método enzimático-gravimétrico basado en la norma AOAC 991.43, que utiliza enzimas específicas para remover proteínas y almidones, antes de la cuantificación gravimétrica de la fibra.

Los azúcares reductores se determinaron mediante el método de dinitrosalicilato (DNS), técnica ampliamente validada para este tipo de compuestos. Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia, considerando el resto de los componentes analizados. Finalmente, el contenido de grasa fue evaluado mediante el método Soxhlet, de acuerdo con AOAC 936.15, utilizando éter de petróleo como solvente (AOAC, 1990; Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón, 2012).

Determinación de actividad antioxidante de la pulpa

Método del radical DPPH•

La capacidad de captura de radicales libres DPPH• se evaluó siguiendo el método descrito por Silva et al. (2004), con algunas modificaciones. Para ello, se añadieron 75 µL de la muestra a 150 µL de una solución metanólica de DPPH• (100 ppm) y se incubaron a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, la disminución del radical DPPH• se cuantificó espectrofotométricamente a 550 nm utilizando el lector de microplacas Multiskan Ex (*Thermo Scientific*). Como control positivo se empleó ácido ascórbico a una concentración de 25 ppm. La IC_{50} se determinó mediante análisis de regresión lineal a partir de concentraciones seriadas de la muestra. Los resultados se expresaron como la media \pm E.S.M del porcentaje de captura del radical DPPH• en comparación con el gru-

po control. El porcentaje de inhibición (% Inh) se calculó utilizando la ecuación (1).

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde A_0 y A_f son los valores de absorbancia del blanco (solución de DPPH en alcohol) y la muestra (solución de DPPH más antioxidante disueltos en alcohol), respectivamente.

Método del radical ABTS⁺

La capacidad de captura del radical libre ABTS[•] se evaluó utilizando el método descrito por Re *et al.* (1999), con algunas modificaciones. Para la generación del radical ABTS[•], se llevó a cabo la reacción entre ABTS 3,5 mM y persulfato potásico 1.25 mM (concentración final). Las muestras fueron incubadas en condiciones de oscuridad a una temperatura de 2 a 8 °C durante un periodo de 16 a 24 horas. Una vez formado el radical ABTS[•], se diluyó con etanol hasta alcanzar una absorbancia de 0.7±0.05 a 734 nm. Posteriormente, se tomaron 190 µL de la dilución del radical ABTS[•] y se le añadieron 10 µL de la muestra en evaluación, incubándose a temperatura ambiente durante 5 minutos. Transcurrido este tiempo, la disminución del radical ABTS[•] se cuantificó espectrofotométricamente a 734 nm empleando el lector de microplacas Multiskan Ex (*Thermo Scientific*). Como control positivo se utilizó ácido ascórbico a una concentración de 4 ppm. La IC_{50} fue determinada mediante análisis de regresión lineal a partir de concentraciones seriadas de la muestra. Los resultados se expresaron como la media ± E.S.M del porcentaje de captura del radical ABTS[•] en relación con el grupo control.

Formulación del producto

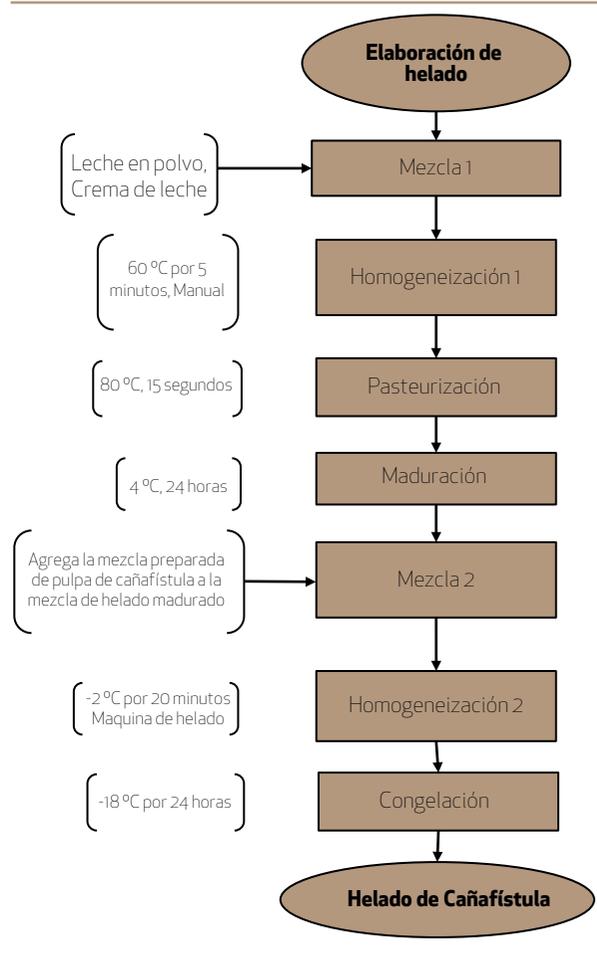
Con base en los objetivos del estudio, se elaboró la formulación del producto final, un helado funcional, integrando como ingrediente activo natural pulpa de *Cassia fistula*. La composición detallada de la formulación se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación del helado de cañafístula

Ingredientes	Porcentaje (%)
Agua	44.0
Azúcar	14.7
Crema de leche	14.7
Leche en polvo descremada	14.7
Leche líquida entera	8.80
Vainilla	0.70
Pulpa de Cañafístula	1.50
CMC	1.00

La Figura 1 muestra de forma detallada el diagrama de flujo correspondiente al proceso tecnológico empleado para la elaboración del helado, el cual permite visualizar de manera sistemática cada una de las etapas involucradas en su desarrollo.

Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración del helado



Análisis sensorial

Para evaluar el grado de aceptación y las características sensoriales de la formulación, se utilizó una escala hedónica de 6 puntos, en la que el valor 1 correspondía a "me disgusta mucho", 2 a "me disgusta", 3 a "ni me gusta ni me disgusta", 4 a "me gusta ligeramente", 5 a "me gusta" y 6 a "me gusta mucho". La evaluación sensorial fue llevada a cabo por un panel de consumidores compuesto por 50 panelistas, quienes registraron su nivel de agrado o desagrado según la categoría que mejor describía su percepción del producto (León-Méndez et al., 2020).

Análisis estadístico

Se llevaron a cabo los ensayos en tres repeticiones para asegurar la confiabilidad de los resultados analíticos, utilizando el software GraphPad Prism 8 para el procesamiento de los datos. Los resultados obtenidos se presentaron en términos de media \pm DS (desviación estándar).

RESULTADOS

La calidad de un fruto contempla además de sus características físicas –tamaño, peso, color y textura– su contenido nutricional (Tabla 2).

Como se observa en los resultados presentados en la Tabla 2, la pulpa de *Cassia fistula* evaluada presentó un elevado contenido de humedad

(40.3 \pm 0.1%), grasas (3.70 \pm 0.4%) y cenizas (3.91 \pm 0.7%). Este último valor sugiere una alta concentración de minerales, los cuales podrían corresponder a elementos esenciales como fósforo, magnesio, calcio e hierro. Diversos estudios han reportado que los frutos de *Cassia fistula* contienen cantidades apreciables de estos minerales, contribuyendo a su valor nutricional y potencial funcional en alimentos (Khatri et al., 2021).

La actividad antioxidante fue evaluada mediante dos métodos distintos: DPPH• y ABTS•+. Los antioxidantes pueden actuar mediante diferentes mecanismos, dependiendo del sistema de reacción y del tipo de radical u oxidante involucrado. Su eficacia se expresa en términos de actividad antirradical o IC₅₀, que representa la concentración del antioxidante requerida para disminuir la absorción del radical en un 50%, con respecto a su valor inicial (Zapata-Osorio et al., 2021).

La Figura 2 representa el esquema del proceso desarrollado para la elaboración del helado con incorporación de pulpa de *Cassia fistula*.

En la Tabla 3 se reportan los valores del análisis fisicoquímico del helado.

En la Figura 3, se observan los resultados del análisis sensorial del helado, donde se destaca un elevado porcentaje de aceptación ($\geq 95\%$) en relación a los atributos sensoriales evaluados, tales como sabor, olor, color, textura e intención de compra.

Tabla 2. Resultados de análisis fisicoquímicos y capacidad antioxidante de la pulpa de cañafistula (*Cassia fistula*)

Parámetro	Propios	Morón et al. (2015)	Carles-Barrios y Colmenares (2018)	Dawood et al. (2011)
Humedad (%)	40.3 \pm 0.10	39.1	--	--
Grasas (%)	3.70 \pm 0.40	4.03	--	--
Proteínas (%)	4.20 \pm 0.90	3.82	5.50	4.40
Carbohidratos (%)	47.9 \pm 0.50	48.1	--	88.7
Cenizas (%)	3.91 \pm 0.70	4.85	5.30	--
Azúcares reductores (%)	1.50 \pm 0.30	1.39	6.90	19.8
DPPH• (µg/mL)	80.1 \pm 0.30	--	--	--
ABTS•+ (µg/mL)	30.1 \pm 0.09	--	--	--

Figura 2. Proceso de elaboración del helado de cañafístula

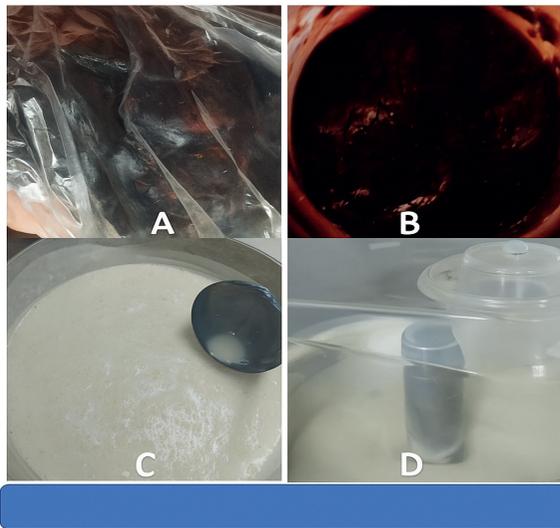


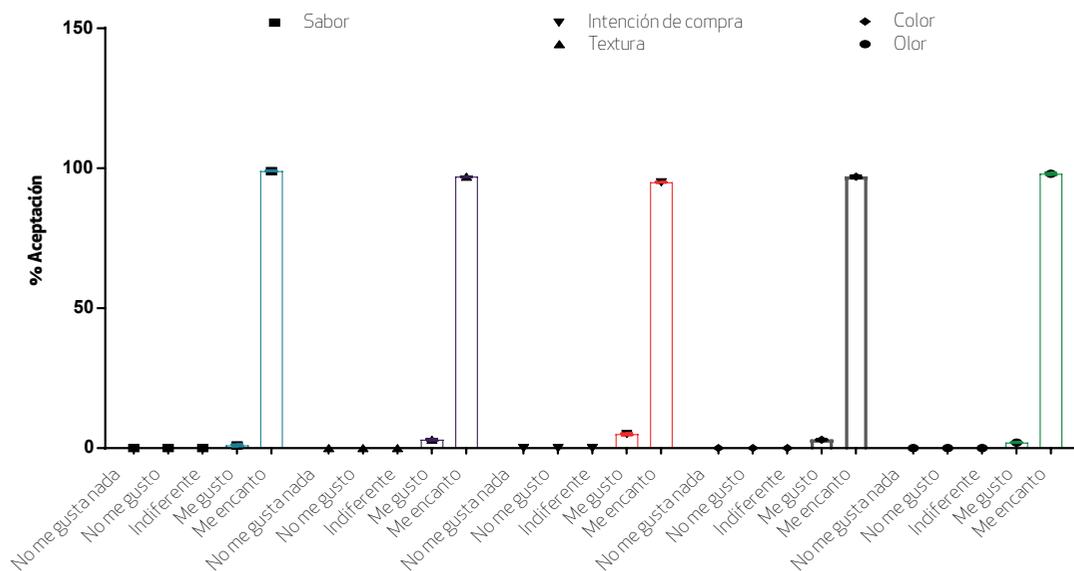
Figura 2. A) Frutos maduros de *Cassia fistula* recolectados y empaquetados en bolsas plásticas para su transporte y conservación temporal previa al procesamiento. B) Pulpa de *Cassia fistula* extraída manualmente de las vainas, tras un proceso de remoción de semillas y fibras. C) Mezcla base del helado compuesta por agua, azúcares, productos lácteos, estabilizantes y la incorporación de pulpa de *Cassia fistula*, antes del batido. D) Etapa de mantecado en la máquina heladera, donde la mezcla es aireada y congelada para obtener la textura final del helado.

Tabla 3. Resultados de análisis fisicoquímicos del helado de cañafístula

Análisis	Resultado
pH	6.50±0.15
Acidez	0.29±0.09
Sólidos totales	40%
Densidad	0.75±0.07

Durante el proceso de homogeneización, el helado incorpora aire, lo que genera un aumento en su volumen final, fenómeno conocido como *overrun*. Esta propiedad es deseable en la industria de helados, ya que mejora la textura y palatabilidad del producto. En el presente estudio, se introdujeron al homogeneizador 6817.5 mL de mezcla base, y se obtuvo un volumen final de 9410 mL de helado, lo que representa un rendimiento volumétrico del 138%. Este incremento se atribuye a la incorporación de aire durante el batido, correspondiente a un *overrun* del 38%, valor que se encuentra dentro del rango técnico aceptable para helados artesanales o de bajo aireado (Goff y Hartel, 2013).

Figura 3. Porcentaje de aceptación del helado de cañafístula por parte de los panelistas



DISCUSIÓN

El análisis de la pulpa de *Cassia fistula* evidenció un contenido proteico de $4.20 \pm 0.90\%$, superior al reportado por Morón *et al.* (2015), quienes informaron un valor de 3.82% , pero inferior a los registrados por Carles-Barrios y Colmenares (2018) (5.50%) y Dawood *et al.* (2011) (4.40%). En cuanto a azúcares reductores, el valor obtenido fue de $1.50 \pm 0.30\%$, menor en comparación con los hallazgos de Carles-Barrios y Colmenares (6.90%) y significativamente inferior a los de Dawood *et al.* (19.80%), aunque levemente superior al valor informado por Morón *et al.* (1.39%). Estas variaciones pueden atribuirse a factores inherentes al fruto, como el estado de madurez, condiciones agroecológicas, técnicas de poscosecha y variabilidad genética de las plantas (Kader, 2002; Zapata-Osorio *et al.*, 2021).

La capacidad antioxidante de la pulpa se evaluó mediante los métodos DPPH• y ABTS•+, obteniéndose valores de $80.10 \pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ y $30.1 \pm 0.09 \mu\text{g/mL}$, respectivamente. La diferencia significativa entre ambos métodos puede explicarse por la polaridad del solvente utilizado durante la extracción. El método ABTS, que permite la disolución en medios tanto acuosos como orgánicos, es más eficiente en la recuperación de una gama amplia de compuestos antioxidantes, mientras que DPPH se limita a sistemas orgánicos (Kuskoski *et al.*, 2005; Zapata-Osorio *et al.*, 2021).

La evaluación fisicoquímica del helado evidenció un pH de 6.50 ± 0.15 y una acidez titulable de $0.29 \pm 0.09\%$, valores que confirman un producto de baja acidez, coherente con el uso de leche como materia prima principal. Existe una relación inversamente proporcional entre el pH y la acidez, siendo el primero un indicador importante de la estabilidad microbiológica y sensorial del helado (Goff y Hartel, 2013).

En cuanto a la densidad, el valor obtenido fue de $0.75 \pm 0.07 \text{ g/cm}^3$, menor que la densidad promedio de la leche ($\sim 1.03 \text{ g/cm}^3$). Esta reducción es

atribuible a la mayor proporción de grasa y aire incorporado durante el batido, ya que la grasa posee una densidad menor que el agua y contribuye a una textura más suave y ligera. Los sólidos totales alcanzaron un 40% , valor que está dentro del rango ideal para helados artesanales ($36\text{-}42\%$), lo cual favorece la cremosidad, reduce la formación de cristales de hielo y mejora la calidad sensorial del producto final (Muse y Hartel, 2004).

La evaluación sensorial arrojó un nivel de aceptación superior al 95% en atributos como sabor, olor, color, textura e intención de compra. Estos resultados reflejan una alta aceptación del producto por parte de los consumidores. Si bien algunos estudios, como el de Morón *et al.* (2015), han evaluado productos a base de *Cassia fistula* en otras presentaciones, como pastas sustitutas de chocolate, la comparación directa con helados no es metodológicamente equivalente debido a las diferencias en matriz alimentaria, métodos de procesamiento y parámetros sensoriales relevantes. Sin embargo, resulta pertinente mencionar estos estudios para destacar que el sabor, el color y el aroma de la pulpa de *Cassia fistula* han sido previamente valorados de forma positiva en diferentes aplicaciones alimentarias. Esto respalda su potencial como ingrediente funcional en nuevos productos.

En conjunto, los resultados obtenidos validan el uso tecnológico de la pulpa de *Cassia fistula* como fuente de compuestos bioactivos en la formulación de productos lácteos. Su incorporación no solo mejora el perfil nutricional y funcional del helado, sino que también mantiene una excelente aceptación sensorial, lo que refuerza su aplicabilidad industrial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que la incorporación de pulpa de *Cassia fistula* en una matriz láctea tipo helado, permitió el desarrollo de un producto con características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales favorables.

La pulpa aportó un contenido significativo de humedad, grasa y minerales, así como una destacada actividad antioxidante medida mediante los métodos DPPH• y ABTS•+, lo cual respalda su potencial como agente bioactivo.

El helado formulado alcanzó un *overrun* del 38%, dentro del rango aceptable para productos de esta categoría, y obtuvo un nivel de aceptación superior al 95% en atributos sensoriales clave como sabor, textura, color y olor. Estos hallazgos evidencian la viabilidad tecnológica de utilizar la pulpa de *Cassia fistula* como ingrediente funcional en la elaboración de helados, promoviendo el desarrollo de alimentos con valor agregado a partir de recursos vegetales subutilizados.

En consecuencia, se concluye que este enfoque puede contribuir al diseño de productos alimentarios funcionales dirigidos a consumidores que demandan opciones con beneficios nutricionales adicionales, sin comprometer la calidad sensorial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y a la Universidad de Cartagena por facilitar espacios, recursos y tiempo de los investigadores.

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. (1990). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemist, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03.* Association of official analytical chemists. Arlington, VA, USA
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, ANDI. (2022). *Sectoral chambers.* <https://www.andi.com.co/Home/Camara/16-industria-de-alimentos>
- Carles-Barrios, A., & Colmenares, A. (2018). *Characterization of the physical and chemical*

properties of Cassia grandis (cacao) and its application for the production of a nutritional biscuit. Tesis - Maestría en Tecnología de Alimentos y Gestión]. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. Disponible en: <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3517>

- Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. (2014). *Manual para la práctica de la medicina natural y tradicional. La Habana. Editorial de Ciencias Médicas.* (ECIMED); 07/02/2014. 226 p.
- Cevallos, A. J. (2022) *The production process in the profitability of an ice cream factory in the city of Guayaquil.* Universidad Cesar Vallejo. Piura-Perú.
- Chagas-Barros, R., Corrêa-Pereira, U., Santana-Andrade, J., Santos-De Oliveira, C., Vieira-Vasconcelos, S., & Narain, N. (2020). In vitro gastrointestinal digestion and probiotics fermentation impact on bioaccessibility of phenolics compounds and antioxidant capacity of some native and exotic fruit residues with potential antidiabetic effects. *Food Research International*, 136, 109614.
- Dawood H., Mohamed S., Asmaa A.E., Azza M., Ahmed A.Z., & Mohamed A. (2011). Chemical characterization of *Cassia fistula* polysaccharide (CFP) and its potential application as a prebiotic in synbiotic preparation. *RSC Adv*, 11, 13329. doi:10.1039/d1ra00380a
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. *Milk production.* (s/f). <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. (2018). *El futuro de la alimentación y la agricultura – Caminos alternativos hacia 2050.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/l8429E5/i8429es.pdf>
- Faye, B., & Konuspayeva, G. (2012). The sustainability challenge to the dairy sector– The

- growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal*. 24 (2), 50-56.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013). *Ice Cream* (7th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Khatri, S., Jan, H.A., Abbasi, A.M., Bussmann, R.W., & Paniagua-Zambrana, N.Y. (2021). Cassia fistula L. Cassia occidentalis L. Fabaceae. In: Kunwar, R.M., Sher, H., Bussmann, R.W. (eds) *Ethnobotany of the Himalayas. Ethnobotany of Mountain Regions*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57408-6_49
- Kuskoski E.M., Asuero A.G., Troncoso A.M., Mancini-Filho J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25(4): 726-732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Lafourcade-Prada, A., Rodríguez-Amado, J., Escalona-Arranz, J., & Laurido-Fuenzalida, C. (2014). State of the art in *Cassia grandis* L. f. (cañandonga). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 19(1):21-28.
- Leon-Mendez, G., Leon-Mendez, D., Pajaro-Castro, N., Granados-Conde, C., Granados-Llamas, E., & Bahoque-Peña, M. (2020). Preparation of a biscuit based on banana (*Musa abb*) and sweet potato (*Ipomea batatas*) flours. *Rev Chil Nutr*. 47(3): 406-410.
- Montejo-Cuenca, E., Castañeda-Sánchez, M., Martínez-Yero, O., Pérez-Freeman, F., Duvergel-Rosseaux, J., Ramírez-Sánchez, W., & Salgado-Acosta, Y. (2005). The use of homolyzed and Canandonga (*Cassia grandis*) as reconstituent in calves' malnutrition. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. VI (9): 1-7.
- Moreno, J., Mesías, V., & Pérez, O. (2022). Export of artisanal tropical fruit ice creams. *Aula virtual*. 3(8): 104-111.
- Morillas-Ruiz, J.M., & Delgado-Alarcón, J.M. (2012). Nutritional analysis of vegetable food with different origins: Evaluation of antioxidant capacity and phenolic total compounds. *Revista Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 32(2), 8-20.
- Morón, L., Caro, Y., González, R., & Torres, E. (2015). Obtaining a Substitute of Paste-type Chocolate using Carao pulp (*Cassia fistula* L.). *Información Tecnológica*. 26(6): 39-44. doi: 10.4067/S0718-07642015000600006
- Muse, M.R., & Hartel, R.W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1-10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
- Norma Técnica Colombiana (NTC). (2002). *Ice cream and cream mix*. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direcciones-y-oficinas/dgca/normatividad-lacteos/Colombia/NTC_Helados_y_Mesclas_para_Helados_1239.pdf
- Oyewole, T.A., Oyewole, O.N., & Falodun, A.E. (2022). Cassia Fistula Seeds Nutritional Profile; an Insight into its Therapeutic Potentials. *Insi in Chem & Biochem*. 2(2). doi: 10.33552/ICBC.2022.02.000533.
- Re, R., Pellegrini, A., Proteggente, A., & Pannala, A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26:1231-37.
- Silva, B., Andrade, P., Valentao, P., Ferreres, F., Seabra, R., & Ferreira, M. (2004). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Fruit (Pulp, Peel, and Seed) and Jam: Antioxidant Activity. *J. Agric. Food Chem.* 52:4705-12.
- Velaña-Sanchez, J.A., & Aguayo-Santistevan, M. (2021). Elaboration of a drink with

antioxidant properties based on the mucilage of the cane Fistula (*Cassia fistula* L.) with passion fruit (*Passiflora edulis* L.). [Tesis para obtener el título de Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial], Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador.

Zapata-Osorio, L., Rojano, B., Morales, D. (2021). Elaboración de un producto alimenticio funcional mediante el uso de pulpa liofilizada de guayaba agria (*Psidium araca*). [Tesis para obtener título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80737>