



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Efecto de la inclusión de harina de pulpa de plátano no comercial (*Musa acuminata*) y harina de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) en el desarrollo de un helado batido.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Verónica Elizabeth Sánchez Ledesma

Tutor: Dr. Diego Manolo Salazar Garcés

Ambato – Ecuador

Enero - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Diego Manolo Salazar Garcés

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 28 de noviembre del 2025



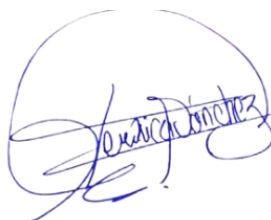
Dr. Diego Manolo Salazar Garcés

1803124294

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Elizabeth Sánchez Ledesma, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Verónica Elizabeth Sánchez Ledesma

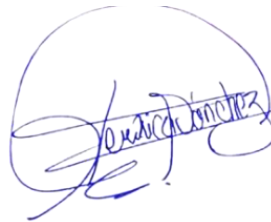
1724931603

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Verónica Elizabeth Sánchez Ledesma

1724931603

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

0401305008



Mg. Daniel Alberto Armas Real

1803542214

Ambato, 05 de enero del 2025

DEDICATORIA

A mi madre Ing. Nelva Ledesma por jamás dejarme sola, por abrazar cada uno de mis errores y apoyarme en cada etapa de mi vida, por mostrarme en cada gesto y cada silencio que su amor es infinito.

A mi hija Emily, llegaste a mi vida para convertirme en mi mayor motivación, en la razón más hermosa que tengo para levantarme cada mañana queriendo ser mejor que ayer. Tú eres mi mayor fuerza, la sonrisa que cura mi cansancio, el latido más fuerte de mi corazón.

A mi mami Ofelia, por ser mi motor para poder continuar, por creer en mí, por demostrarme su amor siempre, por ser mi segunda madre; este trabajo es suyo. Mamita, lo logramos.

Y especialmente a mi ángel del cielo, papito, Ing. César Germán Sánchez porque, aunque ya no esté aquí para abrazarme, nunca me dejó sola. Usted es mi guía silenciosa del cielo, quien me cuida y protege con ese amor inmenso que recuerdo cada día en mi alma. Papito querido, le llevo siempre en mi corazón, en cada lágrima, en cada decisión y en cada sonrisa que nace cuando recuerdo su voz; hoy sus memorias forman parte de mis metas; mi mayor orgullo es llegar a ser un poco de la gran persona que fue.

Los Amo Infinitamente

Verónica

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar mis pasos incluso cuando el camino se volvió difícil. Gracias por darme mucha fortaleza, paciencia y luz para seguir avanzando. Cada logro y cada etapa son fruto de tu gracia y de tu amor infinito.

Agradezco profundamente a mi madre, quien desde el primer momento me apoyó para siempre cumplir cada una de mis metas. De la misma forma, a mi tía Narcisa y su esposo, gracias a ustedes logré dar el primer paso para continuar con este largo camino.

A mi hija Emily, mi razón de fuerza, gracias por dar sentido a mis días e inspirarme a ser mejor siempre. Este logro también es tuyo. A mis hermanos Roland y Javier por sus palabras de aliento en momentos difíciles y verme como un ejemplo a pesar de todo. A mi abuelito José, por su apoyo, muchas gracias, papi.

A mis abuelitas, mami Ofelia y mamita Miche, gracias por su entrega constante e incansable por enseñarme que todo se puede lograr paso a paso, por cuidar de mi hija y ser un pilar en mi formación académica. Gracias a sus enseñanzas, me convertí en la mujer que soy ahora.

A mis tíos Juan y Luz, su compañía y cariño me impulsaron a seguir mis metas. A mi novio Raúl, muchas gracias por estar para mí siempre, por brindarme palabras de aliento cuando siento que no puedo, por su amor constante y por las noches de desvelo para conseguir este primer sueño. De igual forma, mil gracias al Sr. Alex Moya y a la Sra. Teresita Córdova por brindarme la oportunidad de tener un trabajo honesto y enseñarme que con perseverancia podemos lograr todo en la vida.

A mi amiga Andrea, que en los momentos en los que todo parecía ir mal siempre encontraba las palabras para sostenerme. Gracias por repetirme que “ya falta poco” que pronto todo habrá valido la pena. A todos los que de una u otra forma intervinieron en mi proceso de formación profesional gracias por su cariño, tiempo y paciencia, hoy comprendo que somos una mezcla perfecta de lo que hemos vivido.

A mi tutor, Ing. Diego Salazar, gracias por su guía paciente y su compromiso durante todo este proceso. Aprecio profundamente el tiempo y la atención que me brindó. Y a la Universidad Técnica de Ambato por abrirme las puertas para formarme profesionalmente y brindarme las herramientas para aprender y avanzar.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Justificación	2
1.1.2. Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.).....	3
1.1.3. Plátano de rechazo no comercial (<i>Musa acuminata</i>).....	5
1.1.4. Helado batido.....	6
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo General.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II	8
MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1. Materiales	8

2.1.1. Desarrollar un helado batido mediante el uso de harina de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.) y harina de plátano no comercial (<i>Musa acuminata</i>). .	8
Obtención de harinas	8
Elaboración de helado batido.....	8
2.2. Determinación de la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y textura del helado batido	9
2.2.1 Composición Proximal	9
2.2.2. Propiedades Fisicoquímicas.....	11
2.2.3. Propiedades del helado final	12
2.3. Evaluación sensorial del helado batido	13
2.3.1. Análisis sensorial	13
2.4. Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	13
CAPÍTULO III	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
3.1. Aspecto visual de las formulaciones de helado con harina de coliflor y plátano	15
3.2. Composición proximal	16
3.3. Propiedades fisicoquímicas	19
3.3.1. pH y acidez	19
3.3.2. Actividad de agua	20
3.3.3. Color	21
3.3.4. Textura.....	23
3.4. Propiedades tecnológicas.....	25
3.4.1. Overrun	25
3.4.2. Tiempo de primer goteo.....	26
3.4.3. Tasa de fusión	26
3.4.4. Densidad	27

3.5. Análisis sensorial.....	28
3.6. Evolución de pH y acidez.....	30
3.7. Evolución de color: L, a*, b*	31
CAPÍTULO IV	34
CONCLUSIONES	34
4.1. Conclusiones.....	34
MATERIALES DE REFERENCIA	35
Anexos.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal de partes botánicas de la coliflor	4
Tabla 2. Formulación para helado a base de harina de coliflor y harina de plátano. ..	9
Tabla 3. Composición proximal de formulaciones de helado batido con y sin adición de harina de coliflor y harina de plátano	19
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de formulaciones de helado batido con y sin adición de harina de coliflor y harina de plátano	23
Tabla 5. Comportamiento de los parámetros tecnológicos del helado batido en función del nivel de incorporación de harina de coliflor y plátano	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.).....	4
Figura 2. Plátano verde (<i>Mussa acuminata</i>).	5
Figura 3. Formulaciones de helado batido: A. HCP5060 (50g coliflor + 60g plátano) B. HCP2530 (25g coliflor + 30g plátano) y C. CONTROL.	16
Figura 4. Efecto de la incorporación de harina de coliflor + harina de plátano en las formulaciones HCP5060 (A), HCP2530 (B) y CONTROL (C).	22
Figura 5. Parámetros texturales obtenidos mediante el análisis del perfil de textura (TPA) en formulaciones de helado batido con harina de coliflor y plátano. Las letras a, b indican diferencias significativas ($p<0,05$) de las medias comparadas mediante Tukey (95%).....	25
Figura 6. Comparación del comportamiento de la tasa de fusión de las formulaciones de helado batido con harina de coliflor y plátano (HCP5060, HCP2530) y la muestra CONTROL.....	27
Figura 7. Comparación del índice de aceptabilidad de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y CONTROL.	30
Figura 8. Variación del pH y de la acidez titulable de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y del CONTROL. Las letras a, b, c indican diferencias significativas ($p<0,05$) de las muestras en un solo tiempo y las letras x, y indican diferencias significativas ($p<0,05$) de una muestra en el tiempo de almacenamiento.	31
Figura 9. Variación de L, a^* y b^* de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y del CONTROL. Las letras a, b, c indican diferencias significativas ($p<0,05$) de las muestras en un solo tiempo y las letras x, y, z indican diferencias significativas ($p<0,05$) de una muestra en el tiempo de almacenamiento.	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Adquisición de la materia prima utilizada en la elaboración de los helados a base de coliflor y plátano.	46
Anexo 2. Proceso de elaboración de harina de coliflor.	46
Anexo 3. Proceso de elaboración de la harina de plátano.....	47
Anexo 4. Elaboración de helado batido.	47
Anexo 5. Análisis proximales realizados en las formulaciones de helado batido.	48
Anexo 6. Análisis físicoquímicos de las formulaciones de helado batido.....	48
Anexo 7. Análisis sensorial.....	48
Anexo 8. Hoja de cata.....	49
Anexo 9. Resultados del análisis de proteína, grasa y fibra realizados en el laboratorio LACONAL de las formulaciones HCP5060 y HCP2530.	50
Anexo 10. Resultados del análisis de proteína, grasa y fibra realizados en el laboratorio LACONAL de la formulación CONTROL.....	51

RESUMEN EJECUTIVO

El aumento en la demanda de alimentos con mejoras nutricionales ha generado que la industria busque orientar el desarrollo de productos con matrices que aporten más cantidad de fibra y con buenas propiedades tecnológicas. En este sentido, las harinas no convencionales, especialmente harina de coliflor y plátano representan una alternativa sostenible para enriquecer alimentos congelados sin comprometer su estabilidad. En el presente estudio se formularon helados batidos con la inclusión de harina de coliflor y plátano designados como HCP5060 y HCP2530, comparados con una muestra de control elaborada sin harinas añadidas. Las tres formulaciones fueron evaluadas en composición proximal, propiedades fisicoquímicas, perfil de textura, perfil de color, overrun, estabilidad térmica e índice de aceptabilidad por parte de un panel de catadores. Los resultados mostraron que la incorporación de harina de coliflor y plátano incrementó de manera consistente el contenido de fibra en las formulaciones HCP5060 y HCP2530 frente al control, mientras que los valores de humedad, proteína y grasa se mantuvieron inferiores a la muestra control, asimismo, el pH, acidez y color preservaron ligeras variaciones que no comprometieron la estabilidad durante el almacenamiento. En la evaluación de los atributos sensoriales se observó que la formulación HCP2530 obtuvo los puntajes más favorables en atributos de apariencia, color, sabor, textura respecto a HCP5060, demostrando una adecuada integración de las harinas sin afectar la percepción global del producto, mientras tanto HCP5060 mostró disminuciones de todos los atributos, evidenciando que niveles moderados las harinas tienen potencial de ofrecer funciones sostenibles.

Palabras clave: Helado Batido, Harina de Coliflor, Harina de Plátano, Valor Nutricional, Matriz Láctea.

ABSTRACT

The increased demand for nutritionally enhanced foods has led the industry to focus on developing products with matrices that provide higher fiber content and good technological properties. In this regard, non-conventional flours, especially cauliflower and banana flour, represent a sustainable alternative for enriching frozen foods without compromising their stability. In this study, whipped ice creams were formulated with the inclusion of cauliflower and banana flour, designated HCP5060 and HCP2530, and compared to a control sample made without added flours. All three formulations were evaluated by a panel of tasters for proximate composition, physicochemical properties, texture profile, color profile, overrun, thermal stability, and acceptability index. The results showed that the incorporation of cauliflower and banana flour consistently increased the fiber content in formulations HCP5060 and HCP2530 compared to the control, while moisture, protein, and fat values remained lower than the control sample. Furthermore, pH, acidity, and color showed slight variations that did not compromise stability during storage. In the sensory evaluation, formulation HCP2530 obtained the most favorable scores for appearance, color, flavor, and texture compared to HCP5060, demonstrating adequate integration of the flours without affecting the overall perception of the product. Meanwhile, HCP5060 showed decreases in all attributes, indicating that at moderate levels, the flours have the potential to offer sustainable functions.

Keywords: Milkshake Ice Cream, Cauliflower Flour, Banana Flour, Nutritional Value, Dairy Matrix.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

En el panorama alimentario, marcado por el aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras (Sánchez y Chamorro, 2025) y por la demanda constante de productos saludables y sostenibles, la reestructuración de alimentos convencionales se convierte en un papel crucial en el desarrollo de alimentos funcionales (Gressier et al., 2021).

Los productos desarrollados para brindar beneficios a la salud más allá de su valor nutricional, constituyen una herramienta efectiva para elevar el nivel de vida de los consumidores y disminuir los problemas asociados a su consumo convencional, en este escenario, el helado batido, generalmente elaborado con elevados contenidos de azúcares simples y grasas, representa una matriz para la adición de componentes funcionales que faciliten cambiar su perfil nutricional sin comprometer su calidad y aceptabilidad sensorial (Mohammed et al., 2022).

Con la finalidad de mejorar el perfil nutricional del helado, se han buscado estrategias como la incorporación de harinas vegetales derivadas de subproductos de la agroindustria o materias primas de escaso valor comercial (Santos et al., 2021). La harina de pulpa de plátano verde (*Musa acuminata*), especialmente cuando se produce a partir de plátanos descartados por no cumplir con criterios de exportación, representa una importante fuente de almidón resistente, fibra y compuestos fenólicos (Lorenzo et al., 2024). Este tipo de componentes ha evidenciado impactos beneficiosos en parámetros tecnológicos como la viscosidad, la estabilidad estructural y la habilidad para conservar el agua en matrices de lácteos congelados. Además, desde un punto de vista ambiental, su aplicación favorece la disminución de pérdidas postcosecha y la valorización de descartes infrautilizados, aspectos clave en los modelos actuales de economía circular aplicados al sector agroalimentario (Zou et al., 2022).

Por otro lado, la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) es una hortaliza muy conocida por su alto contenido nutricional y funcional. Incluye componentes

bioactivos como los glucosinolatos, junto con la vitamina C y fibra insoluble, cuyas propiedades han sido registradas en términos de disminución del estrés oxidativo y regulación de la flora intestinal (Khaled et al., 2025).

El proceso de convertir la coliflor fresca en harina permite mantener estas características, garantizando una estandarización de la composición proximal en comparación con diversos subproductos (Baloch et al., 2015). Investigaciones actuales han demostrado que las harinas vegetales no solo potencian la estabilidad y textura de los alimentos, sino que también elevan su valor funcional sin perjudicar las características organolépticas (Gallardo et al., 2024).

1.1.1. Justificación

La industria de los alimentos ha enfocado sus esfuerzos en la creación de productos que superen la función nutricional, incluyendo componentes con impactos fisiológicos y beneficiosos en la salud humana (Yuan et al., 2024). Esta tendencia ha favorecido el progreso de los alimentos con mejor valor nutricional y con características funcionales, especialmente aquellos de uso frecuente como los helados, que han evolucionado de ser vistos únicamente como productos de indulgencia a transformarse en sistemas de transporte para la inclusión de fibra alimentaria, micronutrientes vitales y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y prebióticas (Sarkar, 2024). Como respuesta a la demanda creciente del consumidor de alimentos más sanos, naturales y tecnológicamente atractivos, se ha intensificado la reestructuración de productos convencionales incorporando componentes funcionales que optimicen tanto el perfil nutricional como las características físico-tecnológicas del alimento (Onyeaka et al., 2023).

Varias investigaciones han evaluado la inclusión de harinas no tradicionales, originadas de subproductos agroindustriales en matrices de helado con resultados técnicamente alentadores (Valdés et al., 2021). Cicilia (2024) analizó helados de maíz dulce enriquecidos con harina de semilla de yaca en niveles de hasta el 12 %. Los resultados revelaron aumentos notables en la cantidad de fibra, resistencia al derretimiento y capacidad de incorporación de aire (overrun), sin alterar la aceptación sensorial. En otra investigación dirigida por Čolić et al. (2024), el reemplazo parcial de leche en polvo descremada por harina de avellana en helado produjo resultados

ideales en formulaciones con un reemplazo del 75%: se conservaron altos niveles de cremosidad, aroma y textura, equiparables al helado tradicional.

Por tanto, las harinas vegetales provenientes de coliflor y plátano podrían brindar propiedades significativas en la matriz del helado, como su habilidad de emulsionar y gelificar, esto posibilita disminuir o reemplazar parcialmente el empleo de aditivos artificiales, sin poner en riesgo la estructura, la estabilidad durante el almacenamiento y las propiedades de cremosidad del producto final (Tomczyńska et al., 2024). Adicionalmente, su adición en cantidades apropiadas puede ayudar a potenciar la percepción sensorial del consumidor, siempre que se mejoren los parámetros de formulación y procesamiento para preservar la aceptabilidad organoléptica del producto (Tolve et al., 2024).

En este contexto, el uso de harina de coliflor y harina de plátano verde no comercial en la elaboración de helado batido constituye una opción innovadora para la creación de productos lácteos congelados con valor añadido. Esta propuesta no solo satisface la creciente necesidad de alimentos funcionales de los consumidores, sino que también fomenta el uso completo de recursos vegetales infravalorados, contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad del sistema alimentario y a la reducción del desperdicio poscosecha en la cadena agroindustrial (Yangilar, 2015).

1.1.2. Coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) (Figura 1), es una planta de la familia crucíferas muy apreciada por su alto valor nutricional y funcional (Maister et al., 2022). Su alto contenido de fibra en la alimentación favorece el tránsito intestinal y fomenta la sensación de saciedad, mientras que su composición bioactiva comprende glucosinolatos (precursores de isotiocianatos) y compuestos fenólicos con destacado poder antioxidante (Shinali et al., 2024). En el proceso de hidrólisis enzimática, los glucosinolatos se convierten en isotiocianatos como el sulforafano, moléculas que poseen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y cardio protectoras, además de características reguladoras de vías metabólicas vinculadas a enfermedades crónicas (Connolly et al., 2021).



Figura 1. Coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Adicionalmente, la coliflor aporta micronutrientes esenciales, entre los cuales destacan la vitamina C, vitamina K, ácido fólico y minerales como potasio y magnesio, relevantes en procesos de regulación osmótica y función neuromuscular (Wang et al., 2022).

La coliflor exhibe una estructura vegetal formada por diversas partes botánicas, tales como las inflorescencias, tallos y hojas, cada una con propiedades nutricionales específicas. En la Tabla 1 (Drabińska et al., 2021), se presentan los valores de composición proximal vinculados a estas estructuras para demostrar sus diferencias en términos de contenido de macronutrientes.

Tabla 1. Composición proximal de partes botánicas de la coliflor.

Componente (%)	Flor	Hojas	Tallo
Ceniza	9,47±0,53	10,13±0,64	11,78±0,74
Proteína	23,28±1,46	20,74±1,68	19,12±1,57
Grasa	1,94±0,24	4,68±0,35	4,74±0,40
Carbohidratos	65,31±2,31	64,45±2,80	64,36±2,91

La harina de coliflor podría presentar características nutricionales destacadas que la sitúan como un estabilizante natural eficiente en productos congelados (Gallardo et al., 2024). Tiene buena capacidad para retener agua y modificar la textura, lo que promueve la creación de una matriz uniforme, con propiedades reológicas constantes durante el almacenamiento (Jiang et al., 2019). Además, reduce la recristalización durante los procesos de congelación y descongelación, lo que impacta de manera positiva en la sensación de cremosidad y en la calidad sensorial del helado (Tomczyńska et al., 2024).

1.1.3. Plátano de rechazo no comercial (*Musa acuminata*)

El plátano verde (*Musa acuminata*) (Figura 2), especialmente variedades como la *Mussa acuminata* y *Mussa balbisiana*, es una de las frutas tropicales más apreciadas y producidas a nivel global, destacando especialmente en países del Sudeste Asiático y de América Latina (Maseko et al., 2024). Sin embargo, una considerable cantidad de su producción se elimina debido a que no satisface los rigurosos criterios que demanda el comercio global. A pesar de que estos plátanos no se comercializan y son desechados, continúan siendo una fuente abundante de nutrientes, ya que proporcionan almidón resistente, fibra, minerales como el potasio y el magnesio, además de compuestos antioxidantes (Martín et al., 2024).



Figura 2. Plátano verde (*Mussa acuminata*).

La harina elaborada a partir de pulpa de plátano verde no comercial presenta un perfil funcional excepcionalmente rico, destacado por un contenido total de almidón del 82 % (en base seca) y una proporción de almidón resistente que puede alcanzar entre el 40 % y el 55 % (Candido et al., 2023). Dicho almidón resistente de tipo II actúa como fibra prebiótica, favoreciendo la fermentación colónica y la producción de ácidos grasos de cadena corta como butirato, relacionados con beneficios para la salud intestinal, regulación glucémica y sensación de saciedad (Khoza et al., 2021).

Además, la harina contiene alrededor de 19 % y 25 % de la ingesta diaria recomendada de potasio y magnesio, respectivamente, por porción de 60 g, junto con vitamina B6 y una alta carga de compuestos fenólicos totales, que aportan una significativa capacidad antioxidante, asimismo, estos atributos confieren a la harina de plátano verde un sólido perfil funcional, ideal para su incorporación en matrices alimentarias funcionales con beneficios para la salud (Martín et al., 2024). En aplicaciones como los helados, esta

harina actúa también como un excelente agente texturizador y estabilizador, debido a su capacidad de absorción de agua y formación de geles (Salazar et al., 2021).

Desde un punto de vista tecnológico, el uso de harina de plátano verde en la elaboración de helados brinda beneficios funcionales significativos, particularmente en lo que respecta a la optimización de la estabilidad del producto durante su almacenamiento (Khoozani et al., 2019). Su capacidad para evitar la separación de líquidos en la mezcla congelada y proporcionar una textura más suave posibilita, en gran medida, la eliminación de estabilizantes artificiales, fomentando de esta manera el desarrollo de un producto más natural (Yangilar, 2015). Adicionalmente, el perfil sensorial neutro de esta harina permite su incorporación en diferentes formulaciones lácteas sin alterar el gusto ni la aceptación del producto final. De esta manera, el aprovechamiento del plátano no comercial no solo representa una solución ambiental y económica, sino que también fortalece la formulación de alimentos innovadores con propiedades funcionales mejoradas.

1.1.4. Helado batido

El helado batido se caracteriza por ser un sistema congelado con alta complejidad ya que coexisten fases sólidas, líquida y gaseosa, cuya estabilidad está intrínsecamente relacionada a la formulación, materias primas y condiciones de su procesamiento (Zhang et al., 2024). Durante el batido, la mezcla de la matriz experimenta un enfriamiento progresivo que favorece la formación controlada de cristales de hielo, mientras que la incorporación de aire genera una estructura más dispersa que aporta suavidad, cremosidad y volumen (Liu et al., 2021). En esta etapa, la viscosidad inicial de la mezcla, los sólidos y la fracción grasa influyen de directamente sobre la capacidad del sistema para desarrollar una microestructura homogénea, en donde la interacción entre las proteínas lácteas y compuestos hidrofílicos contribuyen a estabilizar la fase acuosa permitiendo de esta manera el crecimiento de cristales más uniformes y a una textura más consistente (Amador et al., 2017).

Por otra parte, las propiedades que el helado posee al final está determinada por los estabilizantes y emulsionantes incorporados en la matriz, debido a que los estabilizantes regulan la movilidad del agua y reducen la velocidad de fusión, lo que favorece en gran medida la conservación de la textura del helado durante el almacenamiento, de igual forma, los emulsionantes facilitan la desestabilización de la

grasa lo que favorece que los glóbulos formen una red más resistente de la matriz, en estas interacciones se controla el crecimiento de cristales y la pérdida de aire durante el almacenamiento (Demir y Arslan, 2022).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del uso de harina de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) y harina de plátano no comercial (*Musa acuminata*) en el desarrollo de un helado batido.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un helado batido mediante el uso de harina de coliflor y harina de plátano no comercial.
- Determinar la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y de textura del helado batido.
- Establecer la calidad sensorial del helado batido.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Desarrollar un helado batido mediante el uso de harina de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) y harina de plátano no comercial (*Musa acuminata*).

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) se adquirió directamente en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato, en cuanto al plátano no comercial (*Musa acuminata*) se lo obtuvo directamente de fincas productoras, en ambos casos se utilizaron los productos que no cumplen con los estándares para exportación y venta en grandes supermercados para evitar desperdicios (Duque y Alava, 2021). Tanto la coliflor como el plátano fueron sometidos a un proceso de limpieza mediante un lavado en agua y un cepillado, eliminando todas las impurezas en la superficie.

Obtención de harinas

Para la obtención de las harinas se empleó la metodología descrita por Salazar et al. (2021), se utilizó la coliflor y el plátano en donde se realizaron cortes de ≈ 3 mm y se colocaron en bandejas y se secaron a 60 °C durante 8 horas en un horno secador convectivo (Gander MTN, Saint Paul, MN, EE. UU). Las rodajas se molieron en un molino para granos (Daewoo) hasta obtener un polvo fino, tras la molienda las muestras fueron empacadas herméticamente y se almacenaron hasta su uso.

Elaboración de helado batido

Las formulaciones se realizaron usando como componente base la harina de coliflor y la harina de pulpa de plátano no comercial, la misma que fue complementada con leche entera, azúcar, agentes estabilizantes y otros aditivos, los cuales son esenciales en la elaboración de helados y se detallan a continuación:

Tabla 2. Formulación para helado a base de harina de coliflor y harina de plátano.

Materia Prima	HCP5060	HCP2530	CONTROL
Leche (L)	2	2	2
Azúcar (g)	280	280	280
Base 50 (g)	70	70	70
Maltodextrina (g)	40	40	40
Harina de coliflor (g)	50	25	-
Harina de plátano (g)	60	30	-

HCP5060: (2,5 % de harina de coliflor + 3% harina de plátano); HCP2530: (1,25 % harina de coliflor + 1,5 % harina de plátano); Control (Sin harina).

Para el proceso de elaboración, la leche se calentó hasta llegar a los 50 °C, para diluir y mejorar la dispersión de las materias primas sólidas. En esta etapa se incorporó la sacarosa, harina de coliflor, harina de plátano, el estabilizante y el emulsionante, manteniendo agitación constante hasta obtener una mezcla completamente uniforme y homogénea. Las formulaciones se pasteurizaron a 72 °C durante 5 minutos, garantizando la inocuidad y mejorando la integración de todos los componentes. Una vez pasteurizada las formulaciones se enfriaron hasta los 4 °C y se maduraron durante 24 horas y posteriormente se realizó el batido para incorporar aire y generar una textura más cremosa, finalmente el producto se conservó a -18 °C hasta su análisis.

2.2. Determinación de la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y textura del helado batido

2.2.1 Composición Proximal

Humedad

Para la determinación de humedad se tomó en consideración lo propuesto por Beltran et al. (2023). Para determinar el contenido de humedad, se requiere secar 2 gramos de muestra a 95-100 °C en una estufa de secado hasta que el peso sea constante.

$$Humedad = \frac{muestra\ seca(g)}{muestra\ original(g)} * 100$$

(Ecuación 1)

$$\% \text{ Sólidos totales} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

(Ecuación 2)

Proteína y Fibra

Se cuantificó el contenido proteico mediante el método Kjeldahl y el contenido de fibra total utilizando el método enzimático-gravimétrico. Ambos métodos permitieron evaluar el aporte nutricional de los ingredientes incorporados al helado (Čolić et al., 2024).

Grasa

Empleando el método Soxhlet, el cual se centra en pesar una porción de 1.5 gramos de muestra, la cual se encapsula en un cartucho de extracción y se somete a un proceso de extracción con un solvente orgánico adecuado. Tras un período de extracción de 2 a 3 horas, se recuperó la grasa extraída y se determinó su peso. El porcentaje de grasa cruda se calculó con base en la diferencia de peso entre la muestra inicial y la muestra libre de grasa.

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100$$

(Ecuación 3)

En donde:

m: peso de la muestra

m1: peso del matraz solo

m2: peso del matraz con grasa

Cenizas

El análisis de cenizas es esencial para evaluar el contenido mineral en productos como el helado batido elaborado con harina de coliflor y pulpa de plátano. Este proceso está basado en el estudio descrito por Tolve et al. (2024). La muestra se sometió a incineración a 525 °C, lo que permite la oxidación total de la materia orgánica, dejando un residuo de cenizas que representa la fracción inorgánica de la mezcla. Se realizó una segunda incineración para asegurar que se haya alcanzado un peso constante, confirmando así la precisión del resultado.

Carbohidratos

Los carbohidratos fueron calculados a través de la diferencia entre los componentes presentes en la muestra, se resta del 100% la suma de humedad, proteínas, lípidos,

fibra y cenizas. Se proporcionó solo una estimación de los carbohidratos. Sin embargo, no considera componentes adicionales que podrían estar presentes en la muestra (Hinojosa, 2024).

Valor energético

La incorporación de harina de coliflor y pulpa de plátano modificó la composición nutricional del helado batido. Para la determinación del contenido calórico se basó en la suma total de las calorías que cada componente presente en el helado, grasa (X9 kcal/g), carbohidratos (X4 kcal/g), proteína (X4 kcal/g) y fibra (X2 kcal/g) (Salazar et al., 2021).

2.2.2. Propiedades Fisicoquímicas

pH y Acidez

Se cuantificó el potencial de hidrógeno (pH) mediante un potenciómetro digital HANNA HI 9126 (Vargas y Gonzáles, 2014). La acidez titulable se determinó mediante la metodología descrita en la norma técnica ecuatoriana. Se realizó una valoración ácido-base utilizando una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N y fenolftaleína como indicador. Los resultados fueron expresados en g/100g de ácido láctico.

$$A = \frac{(V_1 * N_1 * M) * 10}{V_2}$$

(Ecuación 4)

Color

La determinación de los parámetros de color CIE Lab L* (luminosidad), a* (rojo/verde), y b* (amarillo/azul), se midieron mediante un colorímetro Lovibond siguiendo la metodología de Salazar et al. (2021).

Actividad de agua

La a_w (Actividad de agua) se determinó según la normativa ISO 18787 (ISO, 2017), por medio de un medidor de actividad acuosa (Aqualab serie 3te, Decagon devices inc., Pullman, EE. UU), mediante el método de punto de rocío. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Textura

Mediante el texturómetro se midió la fuerza necesaria para penetrar el helado, y se analizó el perfil de textura, brindando información sobre la dureza, cohesión y adhesividad (Chacon et al., 2015). Para determinar los parámetros texturales, se utilizó una sonda TA10 con una velocidad de testeo de 7 mm/s, elemento TA-BT-KI, objetivo de 30,0 mm y una frecuencia de muestreo de 10 puntos/seg.

Densidad

Se determinó según el método descrito por Sandón (2023). Se pesó un volumen fijo de helado y el peso del helado.

$$Densidad \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{Peso \text{ del helado } (g)}{volumen \text{ de la muestra } (cm^3)}$$

(Ecuación 5)

2.2.3. Propiedades del helado final

Overrun

La incorporación de aire (Overrun) se calculó con la diferencia de masa entre la mezcla líquida y el helado batido (Beltran et al., 2023).

$$overrun (\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_2} * 100\%$$

(Ecuación 6)

Donde:

w_1 : Masa de la unidad de volumen de mezcla (g)

w_2 : Masa de la unidad de volumen de hielo crema (g)

Resistencia al derretimiento

Se colocaron las muestras del helado en un plato o superficie plana a temperatura ambiente controlada (25 °C). Las distintas pruebas de medición se realizaron por triplicado.

Tiempo del primer goteo

Con un cronómetro, se registró el tiempo exacto desde que se colocó el helado en la superficie hasta que la primera gota de líquido se separó del helado.

Tasa de fusión

Se registró el tiempo a intervalos regulares, cada 5 minutos, y se observó la cantidad de líquido que se ha formado. Mediante la siguiente fórmula se calcula la tasa de fusión.

$$Tasa\ de\ fusión = \frac{Cantidad\ de\ líquido\ formado\ (ml)}{Tiempo\ transcurrido(min)}$$

(Ecuación 7)

2.3. Evaluación sensorial del helado batido

2.3.1. Análisis sensorial

En este estudio, un grupo de 20 personas evaluó dos muestras de helado con distintas formulaciones y un control. Utilizando una escala hedónica del 1 al 5 (5: me gusta mucho; 3: ni me gusta ni me desagrada; 1: me disgusta mucho), los participantes calificaron la apariencia, color, olor, textura, sabor, aceptabilidad del producto (Chacon et al., 2015). Con esta prueba, se determinó si la combinación de estos ingredientes resulta agradable al paladar y si el helado es bien recibido por los consumidores. Las muestras se sirvieron en orden aleatorio bajo condiciones controladas para evitar sesgos y se otorgó un vaso de agua que actúa como borrador (Manfugás, 2020).

2.4. Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado para evaluar el impacto de la incorporación de harina de coliflor y pulpa de plátano en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del helado batido (Tolve et al., 2024). Los datos obtenidos se analizaron mediante el software estadístico InfoStat (versión 2020 e), utilizando un análisis de varianza (ANOVA) de una o dos vías para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. En caso de que el ANOVA resulte significativo,

se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 95% para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los diferentes tratamientos (Moscoso y Martinez, 2006).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Aspecto visual de las formulaciones de helado con harina de coliflor y plátano

El aspecto visual de los helados desarrollados con harina de coliflor y harina de plátano evidencia una estructura uniforme, sin sinéresis, lo que indica que la matriz permaneció estable durante el batido y la congelación (Liu y Balaban, 2015). En ambas formulaciones (HCP5060 y HCP2530) la superficie exhibió una apariencia ligeramente más oscura u opaca respecto al control, resultado atribuible a la fracción de sólidos insolubles provenientes de la harina de coliflor y plátano que permiten la dispersión de la luz y la reducción de la apariencia típica de un helado batido convencional (Figura 3), dicha opacidad se vincula también a partículas de almidón que se mantienen embebidas en la red y actúan como puntos de dispersión generando una superficie menos brillante (Tvorogova y Gurskiy, 2025).

Contrariamente, el helado control muestra una superficie más lisa y brillante, característica de las mezclas de los componentes que presentan menor carga de sólidos vegetales y a una mayor prevalencia de la leche, lo que favorece una distribución más homogénea de la luz (Gurskiy et al., 2025), no obstante, esta apariencia se encuentra asociada a su vez por la formación de cristales de hielo que tienden a manifestar un brillo más vítreo. En las formulaciones HCP5060 y HCP2530 tal efecto se reduce por la limitada migración de agua hacia la superficie del helado por acción de los componentes de las harinas de coliflor y plátano. Asimismo, Liu et al. (2024) reportó que la ausencia de grietas y burbujas indica que las muestras permiten mayor estabilidad de la espuma, permitiendo que las burbujas se distribuyan de forma más fina y homogénea, esto sugiere un mayor desempeño de almidones y polisacáridos que aumentan la viscosidad y reducen la movilidad del agua dentro de la matriz, previniendo la formación de cristales que originan una superficie más irregular.

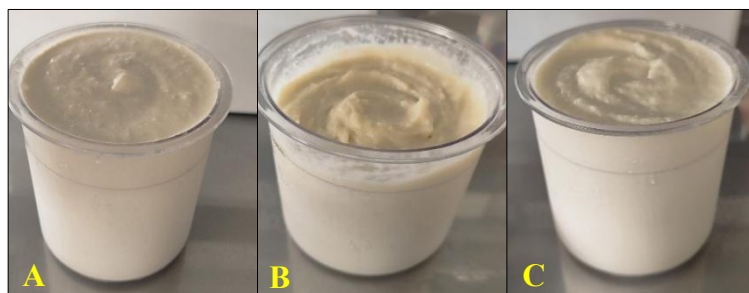


Figura 3. Formulaciones de helado batido: A. HCP5060 (50g coliflor + 60g plátano) B. HCP2530 (25g coliflor + 30g plátano) y C. CONTROL.

3.2. Composición proximal

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la composición proximal de las formulaciones HCP5060, HCP2530 y el control. La humedad de los helados con harina de coliflor y plátano evidencia diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto al control. Las formulaciones HCP5060 ($69,41 \pm 0,31\%$), HCP2530 ($70,64 \pm 0,31\%$) registraron valores mayores al control ($66,65 \pm 1,68\%$), la mayor humedad observada en los helados con harinas puede atribuirse a la capacidad de retención de agua (CRA) de los componentes que se encuentran presentes en las harinas, especialmente almidón resistente proveniente del plátano y de las fibras solubles e insolubles presentes en la harina de coliflor, las cuales tienen la capacidad de absorber y retener agua dentro de la matriz láctea (Huang et al., 2019; Yangilar, 2015). El valor más alto de humedad observado en la muestra HCP2530 sugiere que la proporción es más equilibrada y genera una matriz con mayor afinidad por el agua, atribuida a una sinergia entre las fracciones fibrosas e hidrocoloides que aumentan la unión con el agua y limitan su liberación, este comportamiento se reporta en el estudio de Kisworo et al. (2025) quienes evaluaron el efecto de harina de semilla de breadnut en helados y registraron que un aumento del 12,5% de harina alcanzó un valor de humedad de 60,45% mientras que la muestra control fue de 56,12%.

Con relación al contenido de proteína se evidencia que las formulaciones HCP2530 ($4,15 \pm 0,05\%$) y control ($4,20 \pm 0,05\%$) presentan diferencias significativas respecto a la formulación HCP5060 ($3,63 \pm 0,05\%$), la reducción observada en HCP5060 puede explicarse por el mayor nivel de sustitución de sólidos lácteos por la harina de coliflor y plátano ya que tanto la coliflor como el plátano poseen un contenido de proteína menor a la matriz láctea, lo que podría generar el efecto de dilución de la concentración

de proteína, este efecto es más evidente en la formulación HCP5060 debido a su mayor concentración, lo que reduce la disponibilidad de proteína, en contraste la formulación HCP2530 mostró un contenido de proteína mayor, similar a la muestra control, aquello sugiere que no se produce una disminución de la fracción proteica y no llega a ser suficiente la cantidad incorporada para afectar la contribución de proteína de la leche, permitiendo que las fracciones de la leche predominen en la mezcla, dicho comportamiento concuerda a lo reportado por Saloni et al. (2020) quienes explican que el helado control tiene mayor porcentaje de proteína debido a que la matriz láctea aporta más proteína mientras que la adición de harina (harina de plátano) aporta más carbohidratos y poca proteína siendo que la proteína en la muestra control fue de 4,45 % mientras que en el helado con harina fue de 4,15%.

El contenido de grasa mostró diferencias significativas entre el control ($4,73 \pm 0,05\%$) y las formulaciones con harina de coliflor y plátano ($4,00 \pm 0,05\%$ y $4,07 \pm 0,05\%$) respectivamente para HCP5060 y HCP2530, esta reducción en el contenido de grasa de dichas formulaciones se debe al perfil graso de las harinas empleadas ($>1\%$), en el caso de la coliflor posee un perfil de grasa de 0,23 %, mientras que el plátano 0,14 a 0,20 % respaldando que ambas materias primas son naturalmente bajas en contenido graso (Cabello et al., 2012; Nadeeshani et al., 2021). Por lo que su adición al helado tiende a reducir la concentración de la fracción grasa proveniente de la matriz láctea que es rica en triglicéridos (Brink et al., 2020). Este comportamiento coincide con el reportado por Hurtado y Casas (2016) en donde evaluaron el efecto de la harina de cáscara de naranja y encontraron que las formulaciones con harina presentaron un menor contenido de grasa en comparación a la muestra control sin harina, evidenciado que el comportamiento coincide y por tanto según la cantidad de harina añadida este parámetro disminuye progresivamente.

Por otra parte, el contenido de fibra presentó marcados incrementos en las formulaciones con harina de coliflor y plátano, registrando valores significativamente superiores al control ($p < 0,05$), este comportamiento era esperable dado que la harina de coliflor y la harina de plátano son materias primas naturalmente ricas en carbohidratos como polisacáridos no digeribles, almidones y fibras, lo que en mayores proporciones se amplifica esta presencia en HCP5060 ($2,83 \pm 0,05\%$) ya que, la harina de plátano puede tener 66,8 g de fibra y la coliflor 18,59 g por cada 100 g por

concentración tras la deshidratación, en este sentido, el aumento de fibra en las formulaciones es directamente proporcional a la cantidad de harina añadida (Baloch et al., 2015; Yangilar, 2015), en contraste a la muestra control que no posee ninguna harina incorporada o fuente de polisacáridos ($0,89\pm0,05\%$), resultados similares fueron obtenidos por Vasundhara y Amrita (2022) quienes evaluaron el efecto de harina de quinua en helado y reportaron que hubo un incremento de $1,84\pm0,02\%$ respecto al control que tuvo $0,24\pm0,01\%$ de fibra.

Respecto al contenido de carbohidratos se evidencia diferencias significativas ($p<0,05$) con un valor superior en la muestra control de $22,50\pm1,59\%$ y valores inferiores en las formulaciones HCP5060 ($19,14\pm0,24\%$) y HCP2530 ($17,71\pm0,15\%$), en donde la marcada disminución se debe a la sustitución de los sólidos lácteos (parcialmente) y de los azúcares simples por los polisacáridos de las harinas, ya que como la celulosa, hemicelulosa, almidones no se cuantifican dentro de los carbohidratos y estos se integran en la fibra, en la formulación control la presencia de carbohidratos simples como lactosa y sacarosa (ambas solubles) conducen a un mayor valor de carbohidratos, desde el punto de vista tecnológico lo presentado por Wang et al. (2025) explican que un menor contenido de carbohidratos tiene efecto directo sobre las propiedades del helado, ya que los azúcares simples actúan como agentes depresores del punto de congelación y en consecuencia las formulaciones con harina presentan variaciones de textura y estabilidad térmica. Lo que concuerda con lo obtenido por Suwita y Hadisuyitno (2021), que reportan un contenido de carbohidratos de $14,21\%$, contrariamente al control con $17,10\%$, y lo atribuyen a la fibra dietética, que no se contabiliza como carbohidrato disponible y, por lo tanto, se reduce el valor total del producto final.

Respecto al contenido de minerales, se presentaron diferencias significativas entre las formulaciones, con el valor más alto en la formulación control ($1,03\pm0,03\%$), seguido de HCP5060 ($0,99\pm0,01\%$) y HCP2530 ($0,82\pm0,13\%$). El incremento observado en la formulación control se debe a los minerales intrínsecos presentes en la leche, principalmente calcio, fósforo, magnesio y potasio (Eze et al., 2023). Por otra parte, en la formulación HCP5060 es estadísticamente similar al control ($p>0,05$) ya que tanto la coliflor como el plátano aportan minerales entre ellos potasio, fósforo, azufre (este asociado a glucocinolatos), sin embargo, en ambos casos presenta una baja

densidad mineral en comparación a los minerales que contiene la matriz láctea por aquello la muestra no supera al control sino se mantiene estadísticamente similar. Por otra parte, el menor contenido de minerales de la muestra HCP2530, según lo explica Udedeh et al. (2024), responde al mayor contenido de humedad que esta muestra posee, ya que la reducción en la cantidad de adición implica un menor aporte de minerales y, por lo tanto, su fracción dentro del helado será menor.

Para el aporte energético, las muestras evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) variando entre $129,29 \pm 2,42$ a $151,14 \pm 0,50$, esta diferencia energética en los helados con harina de coliflor y plátano responde a las modificaciones de la composición proximal particularmente se asocia directamente al contenido de grasa y a los carbohidratos que son el principal aporte de energía de las formulaciones; la muestra control al poseer carbohidratos, sólidos lácteos y azúcares simples concentra una mayor densidad energética (Pontonio et al., 2022).

Tabla 3. Composición proximal de formulaciones de helado batido con y sin adición de harina de coliflor y harina de plátano

Parámetros	HCP5060	HCP2530	CONTROL
Humedad	$69,41 \pm 0,31^a$	$70,64 \pm 0,31^a$	$66,65 \pm 1,68^b$
Proteína	$3,63 \pm 0,05^b$	$4,15 \pm 0,05^a$	$4,20 \pm 0,05^a$
Grasa	$4,00 \pm 0,05^b$	$4,07 \pm 0,05^b$	$4,73 \pm 0,05^a$
Fibra	$2,83 \pm 0,05^b$	$2,60 \pm 0,05^b$	$0,89 \pm 0,05^a$
Carbohidratos	$19,14 \pm 0,24^a$	$17,71 \pm 0,15^b$	$22,50 \pm 1,59^c$
Cenizas	$0,99 \pm 0,01^{ab}$	$0,82 \pm 0,13^b$	$1,03 \pm 0,03^a$
Calorías Totales	$131,45 \pm 2,42^b$	$129,29 \pm 2,40^b$	$151,14 \pm 0,50^a$

Los resultados corresponden a la comparación de medias de la composición proximal. Los superíndices a, b, c indican diferencias significativas evaluadas con la prueba de Tukey al 95% de nivel de confianza. HCP5060, (5,5 % harina de coliflor + harina de plátano), HCP2530 (2,75% harina de coliflor + harina de plátano) y Control.

3.3. Propiedades fisicoquímicas

3.3.1. pH y acidez

Los resultados del análisis del pH y acidez (Tabla 4) muestran que los valores obtenidos de las tres formulaciones son similares y se ubican en un rango entre 6,74 y 6,75, sin diferencias significativas ($p > 0,05$), este comportamiento indica que la

incorporación de harina de coliflor y de plátano no afectó ni provocó modificaciones apreciables del sistema ácido – base, lo que está directamente vinculado con el perfil químico de ambas harinas. En el caso de la coliflor, según Ahmed y Ali (2013) se caracteriza por tener un pH ligeramente cercano a la neutralidad en un rango entre 5,4 a 7,5 y un promedio de $\sim 6,31$ debido a su baja concentración de ácidos orgánicos que tienen un efecto antioxidante, predominando la presencia de ácidos fenólicos y vitamina C, no obstante, estos se encuentran en bajas concentraciones lo que se asocia a su pH cercano a la neutralidad. Por otra parte, la harina de plátano presenta un pH más ácido (entre 5,4 y 5,7) por la presencia de ácido málico y, en pequeñas concentraciones, ácido cítrico y oxálico (Matidza et al., 2023). Aunque el pH de las harinas promueve una disminución, según lo presentado por Wolfschoon et al. (2016), la matriz láctea tiene capacidad amortiguadora debido a que las proteínas y sales (fosfatos) pueden aceptar o donar protones, lo que permite que el medio pueda resistir a ligeros cambios de pH cuando se adicionan materias primas. En el caso de la acidez, se evidencia diferencias significativas ($p < 0,05$) especialmente en las formulaciones HCP5060 y HCP2530 que registran valores superiores ($0,171 \pm 0,000$ y $0,159 \pm 0,010$ % respectivamente) que puede atribuirse a la presencia de ácidos orgánicos que naturalmente aportan a la fracción de ácidos titulables, esta tendencia es esperable en un sistema que tiene la capacidad de neutralizar o amortiguar variaciones ligeras de concentración, por lo que, la acidez incrementa proporcionalmente a la cantidad de harina añadida y estas por la cantidad adicionada no logran ejercer un efecto considerable en el pH debido a que en la matriz láctea actúan las proteínas y sales como amortiguadores (Wolfschoon et al., 2016).

3.3.2. Actividad de agua

La actividad de agua presentó diferencias significativas respecto a la muestra HCP5060 y a la muestra control ($p < 0,05$), y la muestra HCP2530 es estadísticamente similar a HCP5060 y a la muestra control ($p > 0,05$). Lo que revela que la incorporación de harinas reduce ligeramente la disponibilidad de agua, esta disminución se asocia al contenido de fibra soluble, fibra insoluble, almidones y polisacáridos que tienen la capacidad de retener el agua mediante puentes de hidrógeno, en donde la muestra HCP5060 ($0,975 \pm 0,001$) cuya proporción de harina adicionada es mayor se intensifica esta capacidad para ligar el agua generando una actividad de agua más baja en

contraste a HCP2530 y control (Qiu et al., 2025). Este comportamiento se encuentra relacionado con lo obtenido por Martins et al. (2025), quienes, en su investigación, compararon tres formulaciones: una con harina, sin harina y una comercial. Los resultados obtenidos muestran que la actividad de agua del helado con harina de residuos fue de 0,930, mientras que el control fue de 0,950. Lo que evidencia que la reducción de la actividad de agua al adicionar harina se debe al incremento de fibra dietética y sólidos que retienen el agua y disminuyen su disponibilidad y, en consecuencia, otorgan una mayor estabilidad y vida útil (Martins et al., 2025).

3.3.3. Color

El efecto de la adición de harina se observa en la Figura 4, en donde la luminosidad inicial de las formulaciones de helado batido mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) con una marcada reducción de HCP5060 y HCP2530 (Tabla 4), este comportamiento se asocia directamente a la naturaleza óptica de las materias primas que se utilizaron para elaborar el helado cuyas propiedades modifican la forma en que el helado interactúa con la luz. Según Li et al. (2018) la harina de coliflor posee una apariencia naturalmente clara y contiene compuestos como fenoles y glucosinolatos, además del tamaño de partícula de la harina generan una menor difusión de la luz respecto a la muestra control que por los sólidos lácteos y los azúcares presentes se provoca una mayor claridad en la muestra, a su vez, la harina de plátano aportan pigmentos de tonalidades amarillentas derivadas de flavonoides y carotenoides propios del plátano que disminuyen la reflectancia en las formulaciones de helado. Esto concuerda con lo obtenido por Yangilar (2015), quien en su estudio evaluó el efecto de diferentes porcentajes de harina de plátano y encontró que la adición tuvo un efecto significativo en los parámetros de color, ya que las muestras con harina de plátano presentaron una luminosidad de $72,3 \pm 1,1$, mientras que el control fue de $88,5 \pm 2,5$.



Figura 4. Efecto de la incorporación de harina de coliflor + harina de plátano en las formulaciones HCP5060 (A), HCP2530 (B) y CONTROL (C).

Los valores del parámetro a^* obtenidos de las formulaciones muestran diferencias atribuidas a la naturaleza de las materias primas, la muestras HCP5060 con el mayor valor indica una tendencia más profunda a tonalidades rojizas lo que podría explicarse por la concentración de sólidos que aportan una mayor proporción de pigmentos que son susceptibles a la oxidación temprana especialmente polifenoles y derivados. Durante la molienda y mezclado de las harinas, estas pueden sufrir ligeras oxidaciones que generan quinonas y pigmentos pardo-rojizos, los cuales pueden incrementar la tendencia de la formulación HCP5060 en el parámetro a^* (Vogel et al., 2018). Por otra parte, las formulaciones HCP2530 y el control mostraron valores menores reflejando matrices más neutrales en la tendencia de rojos y verdes, en el control la ausencia de harinas elimina por completo la fuente de fenoles que pueden oxidarse por lo que su valor se mantiene dentro de los rangos típicos de un helado de base láctea que ronda entre 0,76 a 1,32 (Akarca et al., 2024). Mientras tanto, HCP2530 refleja una menor concentración de harina añadida, por lo que los pigmentos oxidados por el proceso de molienda no influyen significativamente en el helado.

Para el parámetro de b^* , la muestra HCP5060 ($9,49 \pm 0,41$) mostró diferencias significativas respecto a HCP2530 y la muestra control. Este comportamiento cromático se atribuye principalmente a la composición de las harinas, ya que ambas poseen pigmentos (principalmente carotenoides) y compuestos fenólicos que desplazan al producto hacia tonalidades más amarillentas. Según Li et al. (2018) explica que la harina de coliflor presenta una tonalidad tenue asociada a fenoles y compuestos indólicos que, aunque no ejercen un efecto notorio en la tonalidad del helado si influyen ligeramente en la estabilidad de b^* . Por otra parte, en el caso de la harina de plátano contiene pigmentos de tipo fenólico (flavonoides) que influyen sobre la coloración, en el estudio de Aliganza et al. (2025) menciona que el plátano es

predominantemente claro con tonalidades amarillentas por la presencia de flavonoides y a la baja concentración de carotenoides y antocianinas, además afirma que las tonalidades amarillentas en la harina son más notorias cuando el tamaño de partícula es menor.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de formulaciones de helado batido con y sin adición de harina de coliflor y harina de plátano

Parámetros		HCP5060	HCP2530	CONTROL
pH		6,75±0,03 ^a	6,74±0,02 ^a	6,75±0,01 ^a
Acidez		0,171±0,000 ^a	0,159±0,010 ^a	0,132±0,005 ^b
a _w		0,975±0,001 ^b	0,978±0,001 ^{ab}	0,979±0,001 ^a
Color	L	65,81±1,33 ^c	72,17±2,16 ^b	81,85±2,24 ^a
	a*	2,05±0,29 ^a	1,36±0,55 ^b	1,51±0,37 ^b
	b*	9,49±0,41 ^a	8,51±0,47 ^b	7,13±0,39 ^c

Los resultados corresponden a la comparación de medias de la composición proximal. Los superíndices a, b, c indican diferencias significativas evaluadas con la prueba de Tukey al 95% de nivel de confianza. HCP5060, (5,5 % harina de coliflor + harina de plátano), HCP2530 (2,75% harina de coliflor + harina de plátano) y Control.

3.3.4. Textura

La dureza del helado mostró marcados aumentos en las formulaciones HCP5060 y HCP2530 ($p < 0,05$) respecto al control (Figura 5), se evidencia que las harinas tienen efectos estructurantes, en este sentido, la muestra control presentó una menor resistencia a la penetración debido a que esta responde a un comportamiento típico de un helado tradicional con menor concentración de sólidos y poca presencia de compuestos con alta capacidad de retención de agua, en esta matriz la baja densidad de sólidos y la distribución homogénea favoreció una estructura más aireada y flexible, por lo que se requiere menos fuerza para la ruptura del helado control (Sakr et al., 2023). Contrariamente, en las formulaciones con harina de coliflor y plátano exhibieron valores de dureza más altos lo cual se relaciona a la elevada proporción de fibra, almidón y compuestos insolubles que caracterizan a las harinas de coliflor y plátano cuyo efecto sobre la matriz es incrementar la fracción de sólidos totales, lo que reduce la movilidad del agua y favorece la formación de una red más densa a la par

del congelamiento que provoca una menor plasticidad y por ende una red más rígida que requiere mayor fuerza de penetración para ser deformada (Leahu et al., 2022).

En cuanto a la adhesividad se mostraron incrementos sustanciales en las formulaciones con harina de coliflor y plátano ($p < 0,05$), este comportamiento se reporta por Slyvka et al. (2021) quienes explican que la inclusión de harina vegetal confiere una mayor resistencia a la separación del producto lo cual se interpreta como una matriz con más pegajosidad, es decir, más adherente. Por otra parte, Liu et al. (2023) explica que el incremento observado responde a diversos mecanismos de estructura que se hallan vinculados a la composición de las harinas empleadas, ya que la harina de coliflor aporta polisacáridos no amiláceos, glucosinolatos y pectinas de bajo grado de metoxilación, compuestos que promueven una red más cohesiva, viscosa y con mayor dificultad para la ruptura (más esfuerzo energético), por otra parte la harina de plátano es rica en almidón resistente, pectinas y azúcares que actúan como agentes gelificantes, aumentando la adhesividad de las formulaciones.

En el caso de la cohesividad, los valores inferiores de la muestra control se debe a que esta tiene una estructura ligeramente más frágil respecto a HCP5060 y HCP2530, y, por lo tanto, tiene una menor capacidad para resistir deformaciones. Akalın et al. (2018) evaluaron el efecto de incorporar harina de manzana, naranja, avena, bambú y trigo en helado y mostraron resultados respecto a las propiedades texturales dado que se generó una mayor viscosidad con una red más cohesiva debido a la fibra dietética, especialmente por celulosas y hemicelulosas que actúan como agentes estructurantes capaces de retener una mayor cantidad de agua y de esta forma reforzar los puntos de unión dentro de la matriz, esta fibra contribuye a una formación más estable permitiendo que haya una menor fragilidad durante la compresión y por dicha formación se reduce la movilidad lo que limita la formación de cristales más grandes y favorece una estructura más fina y cohesionada (Cheng et al., 2015).

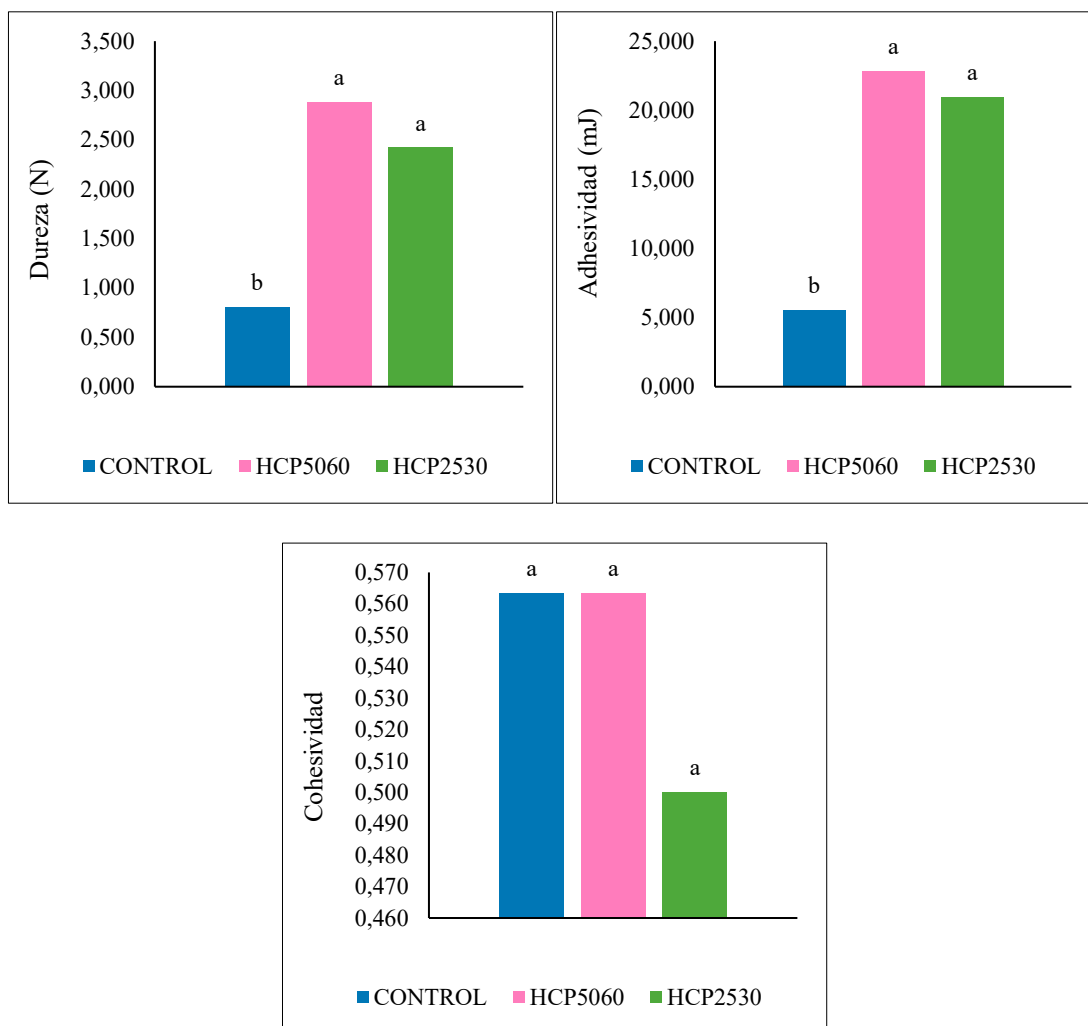


Figura 5. Parámetros texturales obtenidos mediante el análisis del perfil de textura (TPA) en formulaciones de helado batido con harina de coliflor y plátano. Las letras a, b indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de las medias comparadas mediante Tukey (95%).

3.4. Propiedades tecnológicas

3.4.1. Overrun

Los datos obtenidos del overrun se muestran en la Tabla 5, los resultados presentaron diferencias estadísticas entre las formulaciones con harina y el control ($p < 0,05$), esto evidencia una disminución proporcional a la cantidad de harina añadida. El control registró un mayor overrun (32,43%) aquello demuestra que la incorporación de matrices vegetales redujo la capacidad de aireación de los helados, esta tendencia es coherente con lo registrado en la investigación de Liu et al. (2023) quienes explican que las harinas ricas en polisacáridos producen una alteración estructural específicamente en la viscosidad del medio y sobre la dinámica de incorporación y

retención de aire durante el proceso de batido. En las matrices lácteas, la formación y estabilización de las burbujas depende directamente de la interacción sinérgica entre las proteínas, glóbulos grasos y la fase acuosa, cuando se incorpora harina rica en fibra como en HCP2530 y HCP5060 (fenómeno más notorio en esta última) disminuye esta interacción de las proteínas lo que limita su capacidad para movilizarse o migrar y formar las burbujas de aire resultando en un overrun más bajo a los registrados en las otras formulaciones (Cheng et al., 2020).

3.4.2. Tiempo de primer goteo

La incorporación de harinas vegetales modificó de forma significativa ($p < 0,05$) el tiempo del primer goteo en las formulaciones HCP5060 ($9,39 \pm 0,15$ min), HCP2530 ($4,23 \pm 0,95$ min) y el control ($3,80 \pm 0,70$ min), este comportamiento es atribuible al nivel de los sólidos totales y fibras que se encuentran dentro de cada formulación. En HCP5060 esta concentración incrementa la viscosidad y fomenta una matriz más compacta y con una mayor viscosidad que limita la migración del agua, lo que retarda en gran medida su liberación (Tobing et al., 2023), adicionalmente Wu et al. (2019) reporta que la mayor estabilidad térmica puede atribuirse a su menor overrun ya que una microestructura con menor incorporación de aire forma burbujas más pequeñas y densas, lo que otorga al helado una menor susceptibilidad al colapso durante el incremento de la temperatura, de esta manera, extendiendo el tiempo al primer goteo, fenómeno también reportado por Warren y Hartel (2018) que reportó que un menor overrun genera mayor estabilidad térmica por la desestabilización de la grasa lo que podría optimizar la microestructura para menorar la resistencia al colapso. Contrariamente, en la formulación HCP2530 este efecto se ve reducido por la menor cantidad añadida y en el control este patrón se atribuye al contenido reducido y diferenciado de los sólidos totales, especialmente la reducida presencia de fibra soluble e insoluble.

3.4.3. Tasa de fusión

La evaluación de la tasa de fusión mostró comportamientos diferenciados entre las formulaciones a lo largo del tiempo tal como se observa en la Figura 6, en la muestra control ($0,26 \pm 0,36$ ml/min) la velocidad de fusión aumento progresivamente hasta los 20 minutos, posteriormente colapsó una vez llegado los 25 minutos. En contraste la formulación HCP5060 ($0,31 \pm 0,42$ ml/min) mantuvo una tasa de fusión moderada y

relativamente constante entre los 15 a los 30 minutos, disminuyendo ligeramente a los 35 min, este patrón sugiere que HCP5060 presenta una buena estabilidad y control en la liberación de agua, mientras tanto en HCP2530 ($0,28 \pm 0,59$ ml/min) mostró valores ligeramente superiores a HCP5060 reflejando una estructura igual de estable, no obstante, cesó su goteo a los 30 minutos, indicando un agotamiento de la fracción acuosa. Este comportamiento se registró en la investigación de Mowuta y Mayangsari (2022) en donde incorporaron harina de moringa en helado en proporciones de 10 y 5 g demostrando que a una mayor proporción se incrementa el tiempo de fusión siendo 58,26 min frente a 49,18 min, otros estudios refuerzan que un aumento de la tasa de fusión está intrínsecamente ligada a la fibra y sólidos vegetales que interactúan con la fracción grasa y proteica (Kisworo et al., 2025; Mayangsari et al., 2025).

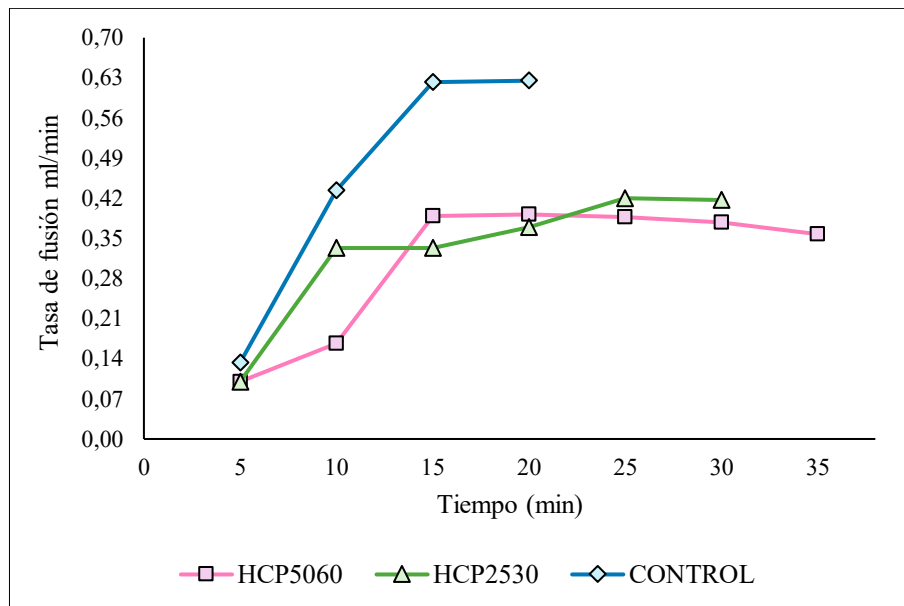


Figura 6. Comparación del comportamiento de la tasa de fusión de las formulaciones de helado batido con harina de coliflor y plátano (HCP5060, HCP2530) y la muestra CONTROL.

3.4.4. Densidad

Los valores obtenidos de la densidad para las formulaciones evaluadas se resumen en la Tabla 5, en donde se observa una disminución respecto a las formulaciones HCP5060 y HCP2530, dicha disminución según lo reportado por Tolve et al. (2024) explica que la densidad en las formulaciones se debe a una redistribución de la fracción sólida y a la incorporación de fibra soluble e insoluble, las cuales alteran la estructura de la mezcla y al incrementar la proporción de harina se incrementan los componentes

fibrosos y se reduce la fracción lipídica, contrariamente al control que exhibe una mayor densidad debido a su mayor contenido de grasa, proteína y carbohidratos los cuales permiten que la matriz sea más cohesiva y estable, contribuyendo a un aumento de la densidad.

Tabla 5. Comportamiento de los parámetros tecnológicos del helado batido en función del nivel de incorporación de harina de coliflor y plátano

Parámetros	HCP5060	HCP2530	CONTROL
Overrun (%)	18,18 ^c	30,23 ^b	32,43 ^a
Resistencia al derretimiento			
Tiempo del primer goteo (min)	9,39±0,15 ^a	4,23±0,95 ^b	3,80±0,70 ^b
Tasa de fusión (ml/min)	0,31±0,42 ^a	0,28±0,59 ^a	0,26±0,36 ^a
Densidad (g/cm ³)	3,88±0,05 ^b	3,73±0,07 ^b	4,26±0,13 ^a

Los resultados corresponden a la comparación de medias de la composición proximal. Los superíndices a, b, c indican diferencias significativas evaluadas con la prueba de Tukey al 95% de nivel de confianza. HCP5060, (5,5 % harina de coliflor + harina de plátano), HCP2530 (2,75% harina de coliflor + harina de plátano) y Control.

3.5. Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial se muestran en la Figura 7 en donde los resultados de la apariencia el control alcanzó una mayor ponderación (97,50%) respecto a las formulaciones con harina de coliflor y plátano (60,00 y 70,00 %) respectivamente para HCP5060 Y HCP2530, mientras tanto en el color el control (100,00%) fue mayormente aceptado respecto a las formulaciones HCP5060 (62,50%) y HCP2530 (65,00%) lo que evidencia que la adición de harina de coliflor y harina de plátano modificó de manera sustancial la uniformidad, homogeneidad y el aspecto general del producto. De acuerdo con lo reportado por Li et al. (2018) la disminución de los parámetros de color y apariencia puede relacionarse a la tonalidad más opaca y menos brillante que las harinas aportan a los helados y coincide con los valores instrumentales de L, a* y b* al inicio del almacenamiento, que indican colores menos intensos y poco atractivos para los catadores. En conjunto con esto, Lucan et al. (2024) mencionan que los compuestos que la harina posee afectan las propiedades ópticas del helado, lo cual repercute negativamente en la apariencia visual como en los colores.

En cuanto al olor se muestra una clara preferencia hacia la muestra control (75,00%) mientras que las formulaciones con harina de coliflor y plátano obtuvieron valores inferiores en ambos casos (60,00%), y en el sabor el control tuvo mayor aceptación (95%) y las formulaciones HCP5060 (57,50%), HCP2530 (77,50%) esta disminución en la aceptabilidad (70,00%) responde a la presencia de compuestos volátiles que integran a las matrices notas azufradas y ligeramente terrosas. En el caso de la harina de coliflor predominan compuestos como dimetildisulfuro y dimetiltrisulfuro cuya persistencia resulta evidente en el helado (Wieczorek y Jelen, 2019). Mientras que en la harina de plátano predominan compuestos como el hexanal y el 2-hexanal que otorgan aromas frutales, en las formulaciones pueden percibirse como notas extrañas con el perfil típico de un helado tradicional, lo cual genera una disminución por debajo del umbral de aceptabilidad (Khoozani et al., 2022). De igual manera, la proporción de harina provoca ligeros cambios en la percepción, así como en la astringencia y el dulzor lo que provoca que haya una liberación de compuestos que pueden dar la sensación de menos agradable o un retrogusto más persistente en donde predominan los compuestos volátiles de la coliflor y el plátano.

Respecto a lo obtenido de la textura y la aceptabilidad, revela contrastes predominantes en la formulación control, que posee una mayor aceptabilidad respecto a las formulaciones con harina de coliflor y plátano. Los valores inferiores en la muestra HCP5060 se atribuye a la naturaleza de las harinas y a la cantidad adicionada de estas dentro de la matriz dado a que, esta muestra se percibe como más compacta, pesada y menos deslizante, así como una reducida sensación de cremosidad y suavidad, los cuales son atributos que no se ajustan a la expectativa de un helado tradicional donde predomina una textura más ligera. Lo cual coincide con lo reportado por Fransisca et al. (2025) cuando se adicionó harina de moringa los panelistas percibieron una textura más dura y la asociaron como una característica negativa y a pesar de que las harinas pueden mejorar el perfil nutricional esta suele afectar de manera negativa los atributos sensoriales, por lo que se prefirió formulaciones con una menor concentración de harina. Finalmente, la muestra HCP5060 fue la menos aceptada en el umbral del índice de aceptabilidad ($\geq 70\%$) ya que todos los atributos fueron percibidos como no aceptables debido a que la mayor proporción modificó de forma más marcada la estructura y atributos del helado, estas características provocaron que la experiencia sensorial sea baja respecto a las otras formulaciones y por lo tanto, en la formulación

HCP2530 al poseer una menor concentración de harina los atributos se mantuvieron más equilibrados y por consecuencia su aceptación fue mayor.

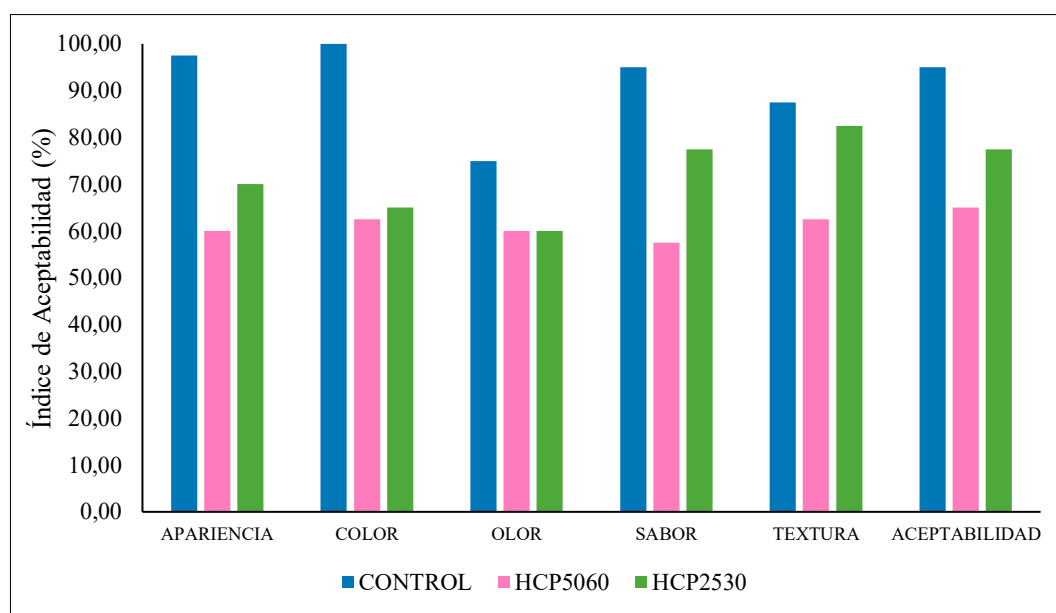


Figura 7. Comparación del índice de aceptabilidad de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y CONTROL.

3.6. Evolución de pH y acidez

Durante los 21 días de almacenamiento, las formulaciones exhibieron estabilidad en los parámetros de pH y acidez, tal como se observa en la Figura 8, con ligeras variaciones. En el pH, el control mantuvo valores constantes, variando mínimamente entre 6,74 y 6,71, lo que indica ausencia de actividad microbiana o formación de compuestos ácidos durante el almacenamiento. En el caso de la formulación HCP2530 permaneció estable hasta el día 14 y para el día 21 presentó una ligera disminución (6,69), mientras tanto para la formulación HCP5060 fue más evidente la disminución progresiva del pH, por la mayor proporción de harina y aunque no significativo si sugiere que posee una mayor susceptibilidad a los cambios en el medio, posiblemente asociado al aporte de ácidos orgánicos típicamente ácido láctico, aun así no representa inestabilidad ya que se mantienen en los rango típicos de un helado convencional (6,62) (Sulejmani, 2020).

En la acidez, ocurre el mismo comportamiento acorde al pH de las formulaciones HCP5060, HCP2530 y el control, las tres muestras se caracterizan por una correcta estabilidad general con ligeros incrementos en el porcentaje de ácido láctico, cabe

destacar que el control mantuvo valores entre 0,126 a 0,144 % lo que evidencia que no hubo la liberación de compuestos ácidos o procesos fermentativos, de igual manera, para HCP2530 presentó un ligero incremento de 0,153 a 0,171 % sin cambios abruptos lo cual confirma que tiene una tendencia similar al control. En contraste, la muestra HCP5060 presentó valores más altos y mantuvo un máximo valor de 0,180 %. Lo reportado anteriormente sugiere que la mayor concentración de harina aporta compuestos que elevan la acidez inicial sin representar deterioro ni inestabilidad en el almacenamiento. Lo anterior sigue el mismo patrón reportado por Hurtado y Casas (2016) donde se compararon muestras con harina de cáscara de naranja y una muestra control, en este estudio el pH y la acidez se mantuvieron constantes indicando que la harina adicionada no alteró estos parámetros durante el almacenamiento, y a su vez explican que estas pueden conservar la calidad fisicoquímica de los helados de manera similar a su contraparte sin harina.

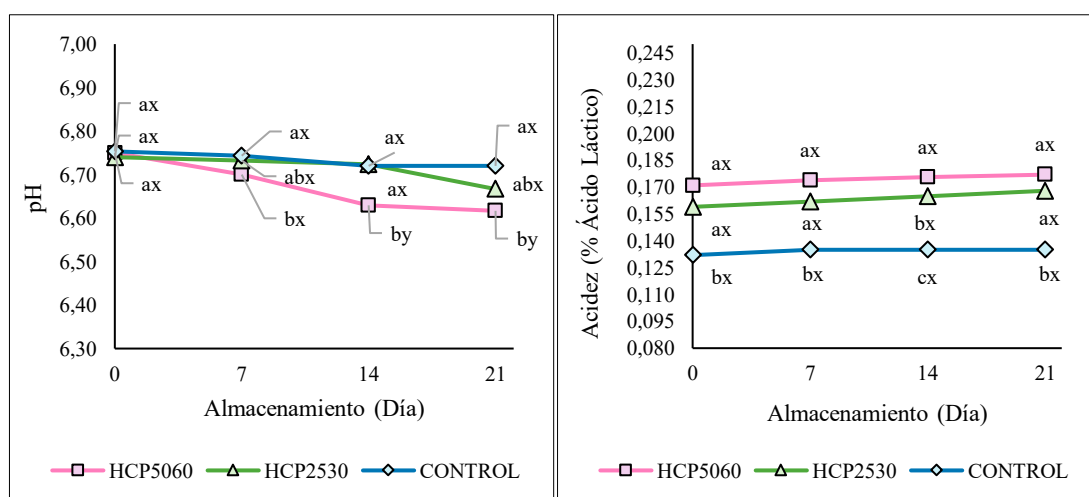


Figura 8. Variación del pH y de la acidez titulable de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y del CONTROL. Las letras a, b, c indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de las muestras en un solo tiempo y las letras x, y indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de una muestra en el tiempo de almacenamiento.

3.7. Evolución de color: L, a*, b*

Como se evidencia en la Figura 9 el parámetro de luminosidad presenta una disminución progresiva y continua durante los 21 días de almacenamiento tanto en el control como en las formulaciones con harina de coliflor y plátano, este comportamiento era esperado por dos principales razones, por una parte, según Hassan et al. (2024) explica que el aporte de azúcares, compuestos fenólicos y pigmentos

aunque se encuentren en bajas concentraciones pueden participar lentamente en procesos de degradación u oxidación proceso por el cual se generan pigmentos más oscuros que disminuyen la luminosidad de las muestras, proceso que es más notorio en la formulación HCP5060 cuya luminosidad es baja desde el inicio y exponen un mayor descenso en comparación al control y HCP2530. Por otra parte, Gam et al. (2023) exponen que la deshidratación superficial de las muestras de helado puede provocar un incremento en la concentración de sólidos en la superficie, lo que en estas zonas se va a concentrar en mayor cantidad y, por tanto, va a reflejar menos luz, dando como resultado muestras más opacas u oscuras.

El comportamiento en el parámetro de a^* presenta variaciones durante el almacenamiento de las 3 formulaciones siendo más evidente en las formulaciones HCP5060 y HCP2530 lo que indica que hay una mayor tendencia a tonalidades más rojizas, este comportamiento se atribuye a los cambios físicos que ocurren en el helado durante su almacenamiento, conforme el tiempo avanza, la estructura del helado sufre fenómenos de recristalización, sinéresis parcial y compactación de la fase sólida lo que altera la forma en que la luz se refleja y dispersa. En las matrices con menor aireación, como ocurre en HCP560, estas modificaciones tienden a intensificar la percepción de tonos cálidos, por lo que los compuestos naturales de las harinas de coliflor y plátano pueden verse más concentrados conforme disminuye la claridad de las muestras; por lo tanto, generan valores más altos de a^* (Sharqawy y Goff, 2022).

La evolución del parámetro de b^* mostró que la incorporación de harina de coliflor y plátano generó valores mayores respecto al control, lo que evidencia que existe una tonalidad amarillenta marcada en las formulaciones HCP5060 y HCP2530 por la presencia de carotenoides, fenoles, flavonoides, en donde los valores se mantuvieron superiores durante todo el almacenamiento y con ligeros descensos progresivos asociados a la degradación natural de los pigmentos y compuestos fenólicos sensibles al frío. Esto concuerda con lo obtenido por Salehi (2021) que reporta pérdidas graduales de color debido a reacciones oxidativas de los compuestos fenólicos, degradaciones de cromóforos y variaciones de la estructura inducidas por la congelación. En el caso de la muestra control, se presentó una marcada disminución desde el día 7 hasta el día 21, reflejando mayor inestabilidad de cromaticidad atribuible a la degradación de la lactosa y a oxidaciones de lípidos.

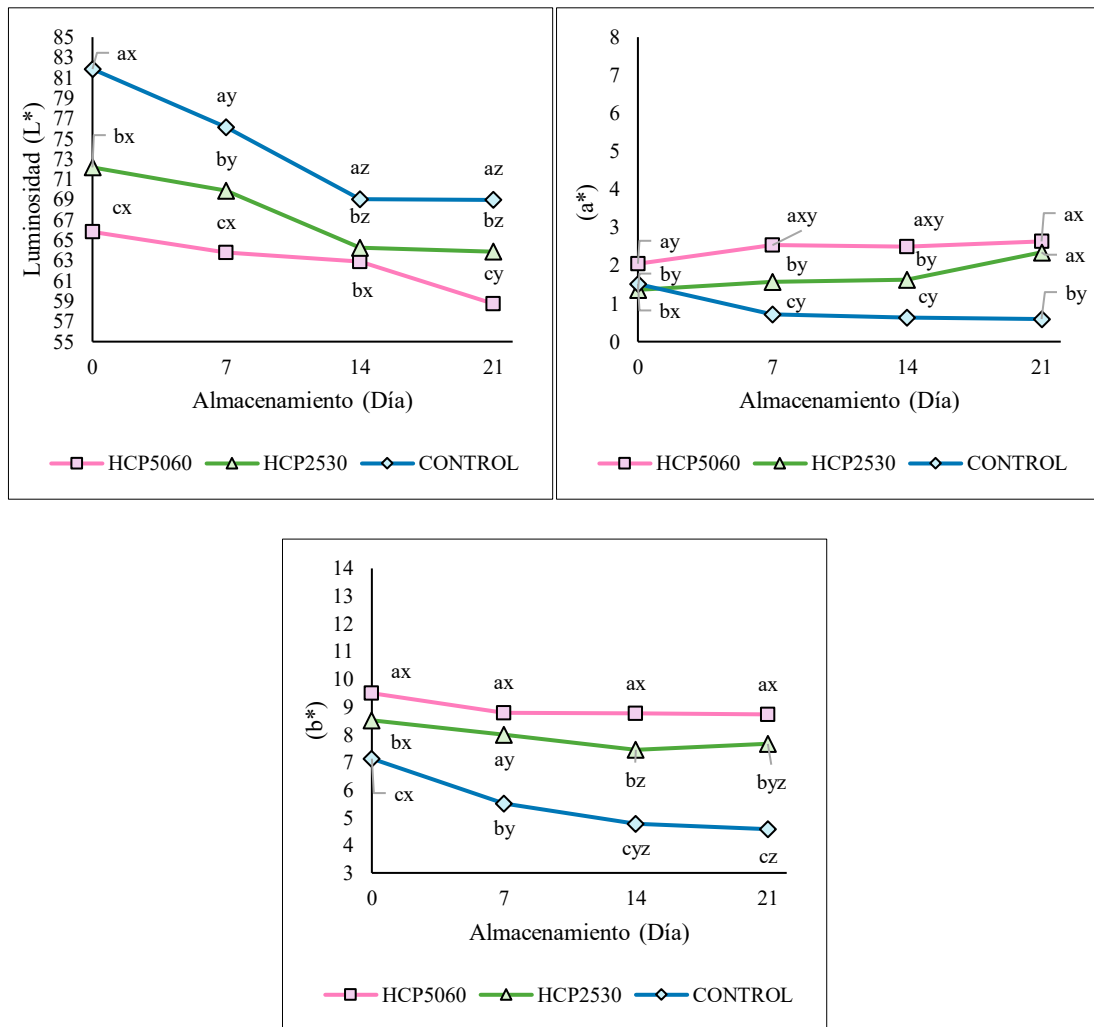


Figura 9. Variación de L, a* y b* de las formulaciones de helado batido HCP5060, HCP2530 y del CONTROL. Las letras a, b, c indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de las muestras en un solo tiempo y las letras x, y, z indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de una muestra en el tiempo de almacenamiento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- El desarrollo de un helado enriquecido con la mezcla de harina de coliflor y harina de plátano demostró ser tecnológicamente viable, lo cual constituye como una alternativa para generar productos con potenciales características funcionales sin comprometer la estabilidad estructural ni la integridad tecnológica del helado, de esta manera, permitiendo obtener producto con un alto valor nutricional y buena aceptación sensorial.
- En la inclusión de la harina de coliflor y harina de plátano incrementó de manera significativa el contenido de fibra en la formulación HCP5060, sin embargo, la concentración de los parámetros de humedad, proteína y grasa disminuyeron proporcionalmente a la cantidad de harina añadida. Respecto a los análisis fisicoquímicos, las muestras evidenciaron buena estabilidad al inicio y al final del almacenamiento. De igual manera en la textura, se evidencia un efecto significativo a medida que se incrementa la proporción de harina lo que confirma que la fibra de las harinas tiene un efecto en la estructura y la integridad de las formulaciones de helado.
- En el análisis sensorial se observó que la formulación HCP5060 fue menos aceptada y se encuentra por debajo del umbral de aceptabilidad (70%) lo que indica que la harina tiene un efecto directo sobre los atributos sensoriales, lo que no se observa en la fórmula HCP2530 ya que al contener menos cantidad de harina su efecto es menos notorio y por tanto presenta una mejor aceptabilidad. En síntesis, la formulación HCP2530 puede considerarse como la formulación más adecuada ya que presenta un mejor equilibrio en todos los parámetros evaluados sin mostrar grandes desviaciones.

MATERIALES DE REFERENCIA

- Ahmed, F. A., & Ali, R. F. M. (2013). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fresh and Processed White Cauliflower. *2013*(1), 367819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2013/367819>
- Akalın, A. S., Kesenkas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., & Kımık, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, *101*(1), 37-46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>
- Akarca, G., Kilinç, M., & Denizkara, A. J. (2024). Quality specification of ice creams produced with different homofermentative lactic acid bacteria. *Food Science & Nutrition*, *12*(1), 192-203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.3762>
- Aliganza, K., Gerodias, B., & Rallos, L. (2025). Production and Evaluation of Flour from Whole Fruit and Pulp of Green Saba (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*) Banana Pretreated with Organic Acids. *Journal Of Engineering Environment And Agriculture Research*, *4*(1), 16-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.34002/jecar.v4i1.121>
- Amador, J., Hartel, R., & Rankin, S. (2017). The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream. *J Food Sci*, *82*(8), 1851-1860. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13780>
- Baloch, A., Xia, X., & Sheikh, S. (2015). Proximate and Mineral Compositions of Dried Cauliflower (*Brassica Oleracea* L.) Grown In Sindh, Pakistan. *Journal of Food and Nutrition Research*, *3*, 213-219. <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-3-14>
- Beltran, S., Gómez, M., Monsalve, N., Ospina, M., & López, L. (2023). Optimización del Overrun (aireado), del rendimiento, de los sólidos solubles y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas. *Journal of Economic and Social Science Research*, *3*, 68-83. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n4/81>
- Brink, L. R., Herren, A. W., McMillen, S., Fraser, K., Agnew, M., Roy, N., & Lönnerdal, B. (2020). Omics analysis reveals variations among commercial

- sources of bovine milk fat globule membrane. *Journal of Dairy Science*, *103*(4), 3002-3016. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17179>
- Cabello, F., Gicquel, M., & Esnault, M.-A. (2012). Evaluation of the antioxidant potential of cauliflower (*Brassica oleracea*) from a glucosinolate content perspective. *Food Chemistry*, *132*, 1003–1009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.086>
- Candido, H., Marzullo, Y., & Leonel, M. (2023). Green Banana Flour Technology: from Raw Material to Sensory Acceptance of Products Made with Green Banana Flour in the Brazilian Scenario. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *66*.
- Chacon, A., Pineda, M., & Jiménez, C. (2015). Características físicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, *27*, 19-36. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21875>
- Cheng, J., Dudu, O. E., Li, X., & Yan, T. (2020). Effect of emulsifier-fat interactions and interfacial competitive adsorption of emulsifiers with proteins on fat crystallization and stability of whipped-frozen emulsions. *Food Hydrocolloids*, *101*, 105491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105491>
- Cheng, J., Ma, Y., Li, X., Yan, T., & Cui, J. (2015). Effects of milk protein-polysaccharide interactions on the stability of ice cream mix model systems. *Food Hydrocolloids*, *45*, 327-336. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.027>
- Cicilia, S. (2024). Quality Of Sweet Corn Ice Cream With The Addition Of Jackfruit Seed Flour. *Food and Agro-industry Journal*, *5*(1), 1-7. <https://doi.org/10.36761/fagi.v5i1.4063>
- Čolić, M., Jozinović, A., Lukinac, J., Jukić, M., & Antunović, M. (2024). Evaluation of Hazelnut Cake Flour for Use as a Milk Powder Replacer in Ice Cream. *Applied Sciences*, *14*(22), 10303. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app142210303>
- Connolly, E., Sim, M., Travica, N., Marx, W., Beasy, G., Lynch, G., . . . Blekkenhorst, L. (2021). Glucosinolates From Cruciferous Vegetables and Their Potential

- Role in Chronic Disease: Investigating the Preclinical and Clinical Evidence [Review]. *Front. Pharmacol*, Volume 12 - 2021. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.767975>
- Demir, Ş., & Arslan, S. (2022). The effects of select stabilizers addition on physicochemical, textural, microstructural and sensory properties of ice cream. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01621-w>
- Drabińska, N., Jeż, M., & Nogueira, M. (2021). Variation in the Accumulation of Phytochemicals and Their Bioactive Properties among the Aerial Parts of Cauliflower. *Antioxidants*, 10, 1597. <https://doi.org/10.3390/antiox10101597>
- Duque, P., & Alava, A. (2021). Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 33, 181-201. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n3.857>
- Eze, C., Okpala, C., Asogwa, I., Nduka, O., Imamou Hassani, M., Anchang, M. M., . . . Okoyeuzu, C. (2023). Quality indices of ice cream produced from dairy milk partially substituted with Bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.) beverage. *Mljekarstvo / Dairy*, 73, 196-208. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0306>
- Fransisca, F., Dewi, R., & Harimas, C. (2025). Development and Characterization of New Vegan Ice Cream from Tempeh Milk Enriched with Moringa Leaf Flour. *Indonesian Food Science and Technology Journal*, 8, 324-335. <https://doi.org/10.22437/iftj.v8i2.41842>
- Gallardo, M., Martínez, M., Álvarez, M., & Pardo, J. (2024). Utilization of Flours Derived from the Waste from the Frozen Vegetable Industry for Bakery Product Production. *Agriculture*, 14(10), 1747. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture14101747>
- Gam, G., Akın, N., Konak Göktepe, Ç., & Demirci, T. (2023). Pea (*Pisum sativum* L.) pod powder as a potential enhancer of probiotic *Enterococcus faecium* M74 in ice cream and its physicochemical, structural, and sensory effects. *J Sci Food Agric*, 103(6), 3184-3193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.12276>

- Gressier, M., Swinburn, B., Frost, G., Segal, A., & Sassi, F. (2021). What is the impact of food reformulation on individuals' behaviour, nutrient intakes and health status? A systematic review of empirical evidence. *Obesity Reviews*, 22(2), e13139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/obr.13139>
- Gurskiy, I. A., Tvorogova, A. A., & Sitnikova, P. B. (2025). Lactose Crystallization in Ice-Cream with Alternative Sugars and Sugar Substitutes. (0), 7.
- Hassan, M. F. Y., Salman, K. H., Zaki, K. G., Hassan, N. A., Alahaideb, H. S. S., & Abd-Alla, A.-E. A. (2024). Egyptian Jallab as Sugar Substitute, Antioxidant, and Colorant Agent in the Manufacturing of Functional Ice Cream. 5(1), 118-133. <https://www.mdpi.com/2624-862X/5/1/10>
- Hinojosa, D. (2024). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas en la elaboración de un helado de crema enriquecido con harina de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.)* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/18081>
- Huang, S., Martinez, M. M., & Bohrer, B. M. (2019). The Compositional and Functional Attributes of Commercial Flours from Tropical Fruits (Breadfruit and Banana). *Foods*, 8(11), 586. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods8110586>
- Hurtado, Y. L., & Casas, N. (2016). Efecto de la sustitución de grasa por harina de cáscara de naranja (citrus sinensis) en la calidad de un helado de crema. *Cuadernos de Semilleros de investigación*, 2(1), 38-45. <https://doi.org/10.33133/csi-2-2016-16>
- ISO. (2017). Determination of water activity (ISO 18787). In *International Organization for Standardization*: Switzerland.
- Jiang, Y., Zhao, Y., Zhu, Y., Qin, S., Deng, Y., & Zhao, Y. (2019). Effect of dietary fiber-rich fractions on texture, thermal, water distribution, and gluten properties of frozen dough during storage. *Food Chem*, 297, 124902. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.176>

- Khaled, L., Ali, N., Nader, R., Rolet, N., Sadek, E., Farag, M., & Shoeib, T. (2025). Valorization of agri-food crucifer vegetables waste for food, functional food and nutraceuticals applications. *Bioresources and Bioprocessing*, 12(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s40643-025-00895-4>
- Khoozani, A. A., Bekhit, A. E.-D. A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 938-946. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.010>
- Khoozani, A. A., Kebede, B., & Bekhit, A. E.-D. A. (2022). The effects of green banana flour fortification on volatiles compounds of bread: A fingerprinting approach. *Applied Food Research*, 2(2), 100202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100202>
- Khoza, M., Kayitesi, E., & Dlamini, B. C. (2021). Physicochemical Characteristics, Microstructure and Health Promoting Properties of Green Banana Flour. *Foods*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/foods10122894>
- Kisworo, D., Pertiwi, I. C., Bulkaini, B., Fahrullah, F., & Nazir, N. (2025). Breadnut Seed Flour (*Artocarpus camansi*): Potential Utilization as natural stabilizers to Impact the Physicochemical Properties and Organoleptic Value of Ice Cream. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*, 9(2), 148-155. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v9i2.670>
- Leahu, A., Ropciuc, S., & Ghinea, C. (2022). Plant-Based Milks: Alternatives to the Manufacture and Characterization of Ice Cream. *Appl. Sci*, 12(3), 1754. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app12031754>
- Li, Z., Lee, H. W., Liang, X., Liang, D., Wang, Q., Huang, D., & Ong, C. N. (2018). Profiling of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of 12 Cruciferous Vegetables. *Molecules*, 23(5), 1139. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules23051139>
- Liu, N., Zhang, Z., Zhang, K., Liu, W., Nan, J., Li, D., . . . Yao, X. (2024). Partial replacement of hydrogenated oil with beeswax oleogel in whipped cream:

- Effect on crystallization behavior and foam stability. *Journal of Food Engineering*, 378, 112111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112111>
- Liu, P., & Balaban, M. O. (2015). Quantification of Visual Characteristics of Whipped Cream by Image Analysis and Machine Vision: Method Development. *80*(4), E750-E758. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.12819>
- Liu, P., Huang, L., Liu, T., Cai, Y., Zeng, D., Zhou, F., . . . Zhao, Q. (2021). Whipping properties and stability of whipping cream: The impact of fatty acid composition and crystallization properties. *Food Chemistry*, 347, 128997. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128997>
- Liu, X., Sala, G., & Scholten, E. (2023). Role of polysaccharide structure in the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream. *Current Research in Food Science*, 7, 100531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100531>
- Lorenzo, M., Piedra, A., Romero, C., Rodríguez, E., & Lobo, G. (2024). Physicochemical and Nutritional Characterization of Green Banana Flour from Discarded Cavendish Bananas. *Sustainability*, 16(15), 6647. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16156647>
- Lucan, M., Jukic, M., Nakov, G., Lukinac, J., & Antunovic, M. (2024). Sustainable Utilization of Hemp Press Cake Flour in Ice Cream Production: Physicochemical, Rheological, Textural, and Sensorial Properties. *Sustainability*, 16(19), 8354. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16198354>
- Maister, A., Horbatiuk, S., Konakh, V., Balitska, L., Slobodanyk, H., Voitsekhivskyi, V., & Muiarchuk, O. (2022). Nutritional and biological value of cauliflower. *SWorldJournal*, 2(11-02), 118-122. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-11-02-085>
- Manfugás, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria. <https://books.google.com.ec/books?id=heDzDwAAQBAJ>

- Martín, M., Piedra, A., Díaz, C., Rodríguez, E., & Lobo, G. (2024). Physicochemical and Nutritional Characterization of Green Banana Flour from Discarded Cavendish Bananas. *Sustainability*, 16(15), 6647. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16156647>
- Martins, I. R., Martins, L., Braga, A. C. C., Waughon, T. G. M., Joele, M., & Barbosa, F. D. F. (2025). Physicochemical properties and sensory acceptability of acai sorbet enriched with waste flour from Amazonian fruits. *J Food Sci Technol*, 62(10), 1968-1977. <https://doi.org/10.1007/s13197-025-06212-3>
- Maseko, K. H., Regnier, T., Meiring, B., Wokadala, O. C., & Anyasi, T. A. (2024). Musa species variation, production, and the application of its processed flour: A review. *Scientia Horticulturae*, 325, 112688. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112688>
- Matidza, M., Ephraim, T., & Mashau, M. (2023). Leavening capacity, physicochemical and textural properties of wheat dough enriched with non-commercial unripe banana flours. *AIMS Agriculture and Food*, 8, 978-994. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023052>
- Mayangsari, R., Kasma, A. S. R., & Abdullah, A. D. (2025). Physical, Chemical, and Organoleptic Properties of Ice Cream with the Addition of Loka Pere Flour. *Jurnal Ilmiah Kesehatan (JIKA)*, 7(1), 71-81. <https://doi.org/10.36590/jika.v7i1.819>
- Mohammed, N., Badrul Khair, M., Ahmad, N., & Hussin, A. (2022). Ice cream as functional food: A review of health-promoting ingredients in the frozen dairy products. *Journal of Food Process Engineering*, 45(12), e14171. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.14171>
- Moscoso, J., & Martinez, J. (2006). An estimation of the parameter of the Tukey's g distribution [Una estimación del parámetro de la distribución g de tukey]. *Revista Colombiana de Estadística*, 29, 1-16.
- Mowuta, H., & Mayangsari, R. (2022). Melting Time and Fe Content of Soybean Ice Cream by Utilizing Moringa Flour, Southeast Sulawesi Varieties, Indonesia. *KLASICS*, 2, 27-32. <https://doi.org/10.46233/klasics.v2i01.669>

- Nadeeshani, H., Samarasinghe, G., Silva, R., Hunter, D., & Madhujith, T. (2021). Proximate composition, fatty acid profile, vitamin and mineral content of selected banana varieties grown in Sri Lanka. *Journal of Food Composition and Analysis*, *100*, 103887. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103887>
- Onyeaka, H., Nwaiwu, O., Obileke, K., Miri, T., & Al-Sharif, Z. (2023). Global nutritional challenges of reformulated food: A review. *Food Science & Nutrition*, *11*(6), 2483-2499. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.3286>
- Pontonio, E., Montemurro, M., Dingeo, C., Rotolo, M., Centrone, D., Carofiglio, V. E., & Rizzello, C. G. (2022). Design and characterization of a plant-based ice cream obtained from a cereal/legume yogurt-like. *LWT*, *161*, 113327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113327>
- Qiu, Q., Chen, J., Sun, D., Ma, Y., Zhong, Y., Yi, J., . . . Wang, T. (2025). Effects of Tricholoma Matsutake-Derived Insoluble Fiber on the Pasting Properties, Structural Characteristics, and In Vitro Digestibility of Rice Flour. *Foods*, *14*(12), 2143. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14122143>
- Sakr, S. S., Mohamed, S. H. S., Ali, A. A., Ahmed, W. E., Algheshairy, R. M., Almujaaydil, M. S., . . . Hassan, M. F. Y. (2023). Nutritional, Physicochemical, Microstructural, Rheological, and Organoleptical Characteristics of Ice Cream Incorporating Adansonia digitata Pulp Flour. *Foods*, *12*(3), 533. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12030533>
- Salazar, D., Arancibia, M., Calderon, L., Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Underutilized Green Banana (Musa acuminata AAA) Flours to Develop Fiber Enriched Frankfurter-Type Sausages. *Foods*, *10*(5), 1142. <https://doi.org/10.3390/foods10051142>
- Salehi, F. (2021). Quality, physicochemical, and textural properties of dairy products containing fruits and vegetables: A review. *9*(8), 4666-4686. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.2430>
- Saloni, Rai, D. C., Rai, H. K., & Kumar, V. (2020). Physico-chemical analysis of control and optimized “Banana Enriched Ice Cream”™ during storage

- period (60 days) at 15 days intervals. *Indian Journal of Dairy Science*, 73(5).
<http://epubs.icar.org.in/index.php/IJDS/article/view/98689>
- Sánchez, G., & Chamorro, I. (2025). Functional Foods as a New Therapeutic Strategy 2.0. *Nutraceuticals* 5(1), 7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nutraceuticals5010007>
- Sandón, L. (2023). *Evaluación de la calidad alimentaria de helados de acuerdo a la normativa vigente* [Trabajo Integrador, Universidad Nacional del Comahue]. Repositorio Digital Institucional Universidad Nacional del Comahue.
<https://factaweb.uncoma.edu.ar/wp-content/uploads/2024/06/Trabajo-Integrador-Final-Leonardo-Sandon.pdf>
- Santos, D., Lopes da Silva, J., & Pintado, M. (2021). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*, 154, 112707.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707>
- Sarkar, S. (2024). Probiotic icecream as a functional food - a review. *Nutrition & Food Science*, 54(5), 865-889. <https://doi.org/10.1108/NFS-02-2024-0036>
- Sharqawy, M. H., & Goff, H. D. (2022). Effect of temperature variation on ice cream recrystallization during freezer defrost cycles. *Journal of Food Engineering*, 335, 111188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111188>
- Shinali, T., Zhang, Y., Altaf, M., Nsabiyeze, A., Han, Z., Shi, S., & Shang, N. (2024). The Valorization of Wastes and Byproducts from Cruciferous Vegetables: A Review on the Potential Utilization of Cabbage, Cauliflower, and Broccoli Byproducts. *Foods*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/foods13081163>
- Slyvka, N. B., Bilyk, O. Y., Dronyk, G. V., & Nagovska, V. O. (2021). Research of quality indicators of parfe ice cream with vegetable fillers. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(96), 76-81. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9613>
- Sulejmani, E. (2020). The effect of stevia, emulsifier and milk powder on melting rate, hardness and overrun of ice cream formulations during storage. *Mljekarstvo / Dairy*, 70. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0206>

- Suwita, I., & Hadisuyitno, J. (2021). Mutu gizi dan daya terima es krim indeks glikemik rendah berbahan polisakarida larut air umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) dan tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea Batatas* L. Poir). *Teknologi Pangan : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 12, 79-91. <https://doi.org/10.35891/tp.v12i1.2226>
- Tobing, N., Yurliasni, Y., & Mariana, E. (2023). Characteristics of Ice Cream with The Addition of Purple Sweet Potato and Porang Flour as A Stabilizer. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 18, 203-211. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2023.018.03.5>
- Tolve, R., Zanoni, M., Ferrentino, G., Gonzalez, R., Sportiello, L., Scampicchio, M., & Favati, F. (2024). Dietary fibers effects on physical, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. *LWT*, 199, 116094. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116094>
- Tomczyńska, M., Mykhalevych, A., Sapiga, V., Polishchuk, G., Terpiłowski, K., Mleko, S., . . . Pérez, S. (2024). Influence of Plant-Based Structuring Ingredients on Physicochemical Properties of Whey Ice Creams. *Applied Sciences*, 14(6), 2465. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14062465>
- Tvorogova, A. A., & Gurskiy, I. A. (2025). Standards for Non-Fat Milk Solids in Ice-Cream. (0), 5.
- Valdés, M., Padrón, I., Duarte, C., & Guzmán, T. (2021). Utilización de harina de arroz en helado de yogur. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31(3), 61-66. <https://revcitalcal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/324>
- Vargas, H., & Gonzáles, G. (2014). Calibración de medidores de pH: una visión diferente. *Boletín Científico Técnico INIMET*, 1(1), 39-46.
- Vasundhara, J., & Amrita, P. (2022). Process optimization for the development of quinoa based sugar free ice-cream. *Indian Journal of Dairy Science*, 75(4). <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJDS/article/view/110323>
- Vogel, C., Scherf, K. A., & Koehler, P. (2018). Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour. *European Food*

Research and Technology, 244(8), 1367-1379. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3050-3>

Wang, J., Liu, Z., Dou, J., Lv, J., Jin, N., Jin, L., . . . Yu, J. (2022). A Comparative Study on the Nutrients, Mineral Elements, and Antioxidant Compounds in Different Types of Cruciferous Vegetables. *Agronomy*, 12(12), 3121. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy12123121>

Wang, Q., Sala, G., & Scholten, E. (2025). Functionality of sugars and sugar replacers in model frozen dessert systems. *Current Research in Food Science*, 11, 101128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101128>

Warren, M. M., & Hartel, R. W. (2018). Effects of Emulsifier, Overrun and Dasher Speed on Ice Cream Microstructure and Melting Properties. *Journal of Food Science*, 83(3), 639-647. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.13983>

Wieczorek, M. N., & Jelen, H. H. (2019). Volatile Compounds of Selected Raw and Cooked Brassica Vegetables. *Molecules*, 24(3), 391. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules24030391>

Wolfschoon, A., Spiegel, T., & Hernandez-Zenil, E. (2016). Buffering curves of ideal whey fractions obtained from a cascade membrane separation process. *International Journal of Dairy Technology*, 70. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12350>

Wu, B., Freire, D. O., & Hartel, R. W. (2019). The Effect of Overrun, Fat Destabilization, and Ice Cream Mix Viscosity on Entire Meltdown Behavior. *Journal of Food Science*, 84(9), 2562-2571. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.14743>

Yangilar, F. (2015). Effects of Green Banana Flour on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Ice Cream. *Food Technol Biotechnol*, 53(3), 315-323. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.03.15.3851>

Yuan, X., Zhong, M., Huang, X., Hussain, Z., Ren, M., & Xie, X. (2024). Industrial Production of Functional Foods for Human Health and Sustainability. *Foods*, 13(22), 3546. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13223546>

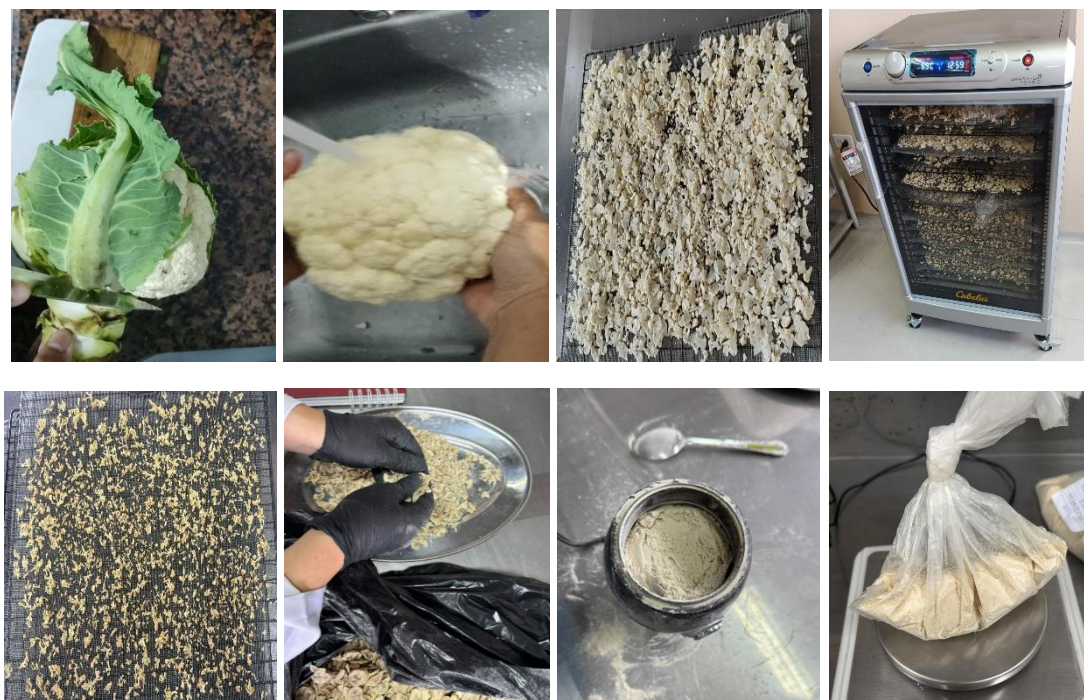
Zhang, J., Zhu, R., & Meng, Z. (2024). Whipped cream stabilized by faba bean protein isolate microgel particles substituted for sodium caseinate: Whipping performance and foam stabilization analysis. *Food Hydrocolloids*, 157, 110388. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110388>

Zou, F., Tan, C., Zhang, B., Wu, W., & Shang, N. (2022). The Valorization of Banana By-Products: Nutritional Composition, Bioactivities, Applications, and Future Development. *Foods*, 11, 3170. <https://doi.org/10.3390/foods11203170>

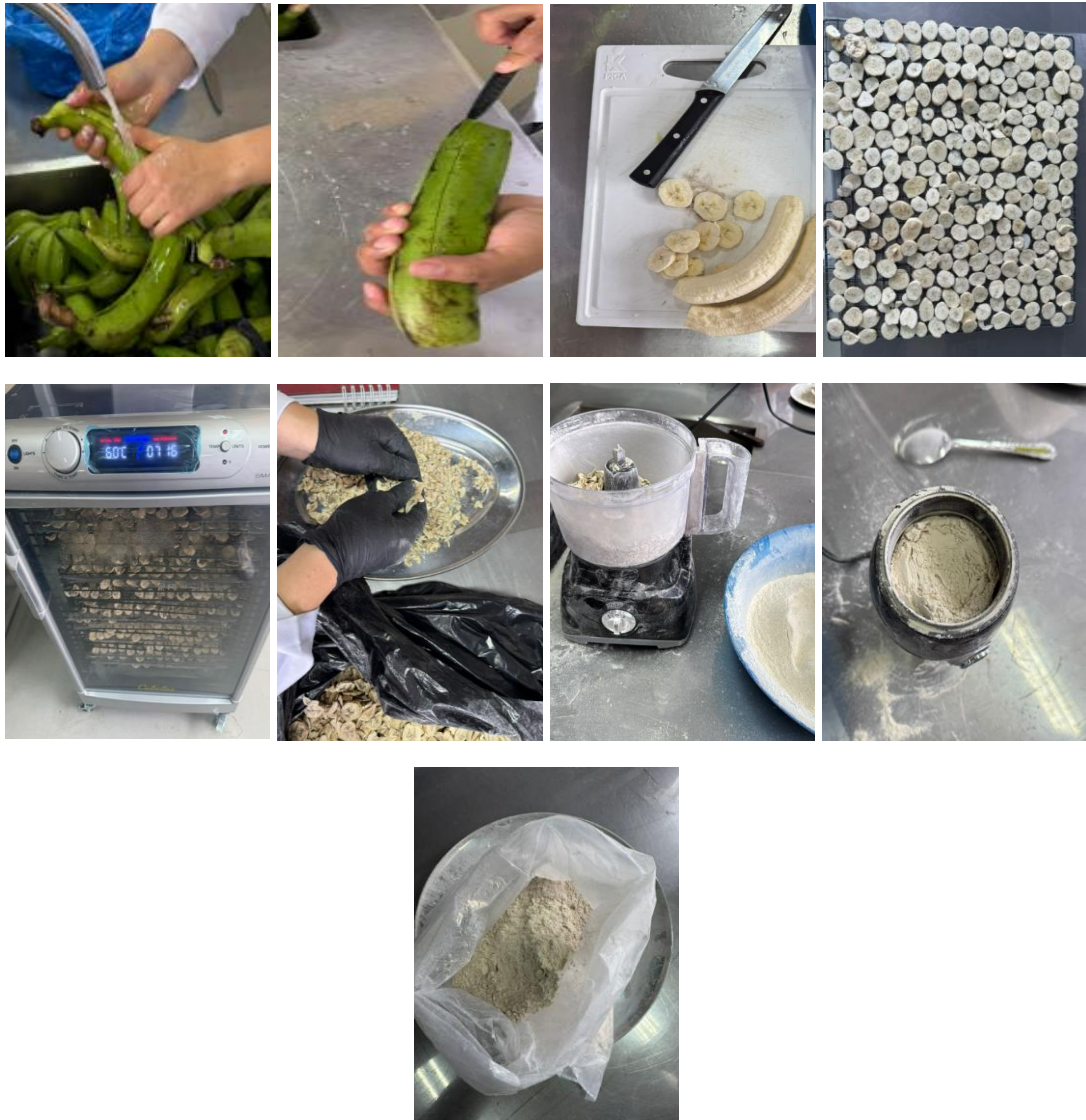
Anexos



Anexo 1. Adquisición de la materia prima utilizada en la elaboración de los helados a base de coliflor y plátano.



Anexo 2. Proceso de elaboración de harina de coliflor.



Anexo 3. Proceso de elaboración de la harina de plátano.



Anexo 4. Elaboración de helado batido.



Anexo 5. Análisis proximales realizados en las formulaciones de helado batido.



Anexo 6. Análisis fisicoquímicos de las formulaciones de helado batido.



Anexo 7. Análisis sensorial.

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
PROYECTO
APROVECHAMIENTO VEGETAL UTA-YACHAY TECH

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

- Se le entregara muestras, cada una identificada como muestra 1 (NG013) y muestra 2 (ER003).
- Pruebe la muestra e identifique su nivel de agrado y marque con una X la opción que usted considera. Considerando que 5 es el mayor puntaje y 1 el menor puntaje.
- Luego de consumir cada muestra, por favor mastique un trazo de salchicha y tome un sorbo de agua para poder limpiar su paladar, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	MUESTRAS		Control
		Muestra 1 (NG013)	Muestra 2 (ER003)	
APARIENCIA	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			
COLOR	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			
OLOR	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			
TEXTURA	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			
SABOR	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			
ACEPTABILIDAD	1. No me gusta			
	2. Ni me gusta ni me disgusta			
	3. Me gusta mucho			

OBSERVACIONES:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo 8. Hoja de cata.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01708

Certificado No: 25-094-A		R01-7.8 03				
Solicitud N°: 25-094		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción:	01 de octubre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 02 al 08 de octubre de 2025				
Información del cliente:						
Empresa:	N/A	C.I./RUC: 1724931603				
Representante:	Verónica Sánchez	Tlf: 0987047507				
Dirección:	Ambato	Email: csanchez1603@uta.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
Descripción de las muestras:						
Producto:	Helado	Peso: 200g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: Poliestileno expandido (6)				
Lote:	n/a	No de muestras: dos				
F. Elb.:	29/9/2025	F. Exp.: n/a				
Conservación:	Ambiente: Refrigeración: Congelación: X	Almac. en Lab: 15 días				
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 29 de Septiembre de 2025				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Helado	09425247	HCP5060	Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	3,63
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	4,00
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29, Ed. 22, 2023	%	2,83
Helado	09425248	HCP2530	Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	4,15
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	4,07
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29, Ed. 22, 2023	%	2,60
Conds. Ambientales: 20,5°C; 54,9%HR						
 Ing. Gabriela Flores Directora						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 13 de Octubre de 2025						

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".



Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los charquis y Río Páramo
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec

Anexo 9. Resultados del análisis de proteína, grasa y fibra realizados en el laboratorio LACONAL de las formulaciones HCP5060 y HCP2530.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

01709

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 25-094-B		R01-7.8.03				
Solicitud N°: 25-094		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción:	01 de octubre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 02 al 08 de octubre de 2025				
Información del cliente:						
Empresa:	N/A	C.I./RUC: 1724931603				
Representante:	Verónica Sánchez, Andrea Quelal	Tlf: 0987047507				
Dirección:	Ambato	Email: csanchez1603@uta.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
Descripción de las muestras:						
Producto:	Helado	Peso: 200g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: Poliestileno expandido (6)				
Lote:	n/a	No de muestras: dos				
F. Elab.:	29/9/2025	F. Exp.: n/a				
Conservación:	Ambiente: Refrigeración: Congelación: X	Almac. en Lab: 15 días				
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 29 de Septiembre de 2025				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Helado	09425249	Control	Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	4,2
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	4,73
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed. 22, 2023	%	0,892
Conds. Ambientales: 20,5°C; 54,9%HR						
 Ing. Gabriela Flores Directora						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 13 de Octubre de 2025						

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".



Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec

Anexo 10. Resultados del análisis de proteína, grasa y fibra realizados en el laboratorio LACONAL de la formulación CONTROL.